

Techo de Carbonatos: Es una superficie que limita dos zonas de mineralización: Una superior, caracterizada por la presencia dominante de sulfuros de cobre secundarios (calcosina y covelina), en menor proporción, limonitas y oxidados de cobre. Su límite inferior está representado exclusivamente por la ocurrencia de sulfuros primarios de cobre y fierro (Calcopirita – Pirita). Es decir, esta superficie marca, separa y define un bloque superior, expuesto a condiciones superficiales, denominado Terreno Secundario, de otro inferior, no expuesto a condiciones superficiales, llamado Terreno Primario. Este límite representa el piso del paleo-nivel freático.

C.4.4.4. Alteración hidrotermal

El yacimiento expone en superficie una notable anomalía de color pardo-rojizo, de forma elíptica con un eje mayor Este-Oeste. Sus ejes tienen 1.200m y 400m, respectivamente, y su relación con los distintos eventos de alteración-mineralización, se destacan a continuación:

Alteración Argílica Avanzada (Hidrotermal Tardío) Se dispone en los extremos Oriental y Occidental del yacimiento. Tiene una forma semi-anular a la anomalía de color expuesta en superficie donde se emplazan pequeños afloramientos silicificados coexistiendo con sericita y abundante ocurrencia de jarosita, hematita, alunita y arcillas supérgenas, en menor proporción, fosfatos de cobre del tipo turquesa. La intensidad de este evento de alteración genera una roca de aspecto brechoso a moderadamente oqueroso, en donde la textura original del protolito está totalmente obliterada, aunque, espacialmente, aflora muy relacionada con las exposiciones del Pórfido Cuarzófero.

Alteración Cuarzo-Sericita (Hidrotermal Principal) Esta alteración se relaciona en forma muy estrecha con la notable anomalía de color expuesta en superficie. Se caracteriza por presentar un reemplazo total de máficos (biotitas y anfíbolos) y un reemplazo parcial de feldespatos (plagioclasas y feldespato potásico) por sericitas y arcillas. La mineralización asociada a este tipo de alteración en superficie, corresponde a la ocurrencia dominante de hematita, jarosita y goethita, y en mucha menor proporción, crisocola, copper-wad y brochantita, que se disponen en fallas, fracturas, vetillas y vetas de cuarzo. Las vetas de cuarzo son predominantemente del tipo vetillas y/o vetas “D”. En profundidad, bajo el techo de sulfuros y hasta el techo de carbonato esta alteración constituye el control fundamental en la disposición del enriquecimiento secundario. Del mismo modo, la mineralización primaria asociada corresponde esencialmente a pirita, con menor calcopirita, diseminada en los halos y rellenando las suturas de las vetillas “D”.

Alteración Cuarzo-Sericita Gris-Verde (Hidrotermal Temprano) Junto al evento de alteración antes descrito, este estadio de alteración hidrotermal conforma una de las características más notables presentes en el yacimiento. Se caracteriza por alterar, de manera intensa y pervasiva, la textura y composición original de los distintos tipos de rocas que afecta (con excepción del Pórfido Máfico Tardío y de los filones dacíticos y aplíticos) y se dispone en el macizo rocoso, en forma de franjas irregulares a regulares, de color gris a gris-verdoso, con desarrollo incipiente de suturas centrales. Estas franjas de alteración están conformadas por cuarzo granular con abundante sericita verde intersticial y, en mucha menor proporción, clorita, biotita y feldespato potásico. A su vez, constituyen el principal aporte volumétrico de mineralización sulfurada de cobre-fierro, tanto de carácter

secundario como primario, que se dispone en forma diseminada en los halos y en rellenos suturas incipientes (calcosina, covelina, calcopirita >> pirita; molibdenita; Bornita??)

Alteración Potásica Silicatada (Tardimagnético Progrado) Se dispone rodeando a la alteración cuarzo-sericita. Aflora en superficie como una zona intermedia en que predomina un "background" de alteración potásica silicatada con sobre imposición moderada a débil de los estadios de alteración cuarzo-sericítico y argílico supérgeno. Esta zona se caracteriza por exhibir, en los distintos tipos litológicos que afecta, la presencia de biotitas frescas a parcialmente cloritizadas, biotitas con moderado reemplazo por sericita-smectita y feldespatos con parcial reemplazo por sericita y arcillas (plagioclasas y feldespato potásico). En superficie, presenta mineralización con intensidad de ocurrencia variable y rellenando fallas, fracturas, vetillas y vetas. Esta mineralización corresponde a jarosita-goethita, copper-wad, crisocola, copper-pitch, neotocita, atacamita y pseudomalaquita, en menor proporción ocurren brochantita y malaquita. En profundidad, entre el techo de sulfuros y el techo de carbonato, sólo se ha registrado la presencia moderada a débil de calcosina y covelina sobre un "protore" conformado mayoritariamente por pirita mucho mayor que calcopirita. La mineralización se dispone en forma diseminada y en vetillas de cuarzo. Espacialmente asociada ocurre molibdenita en vetillas de cuarzo tipo "B" y diseminada en el "background".

Alteración Potásica Silicatada- Clorítica (Tardimagnético Retrógrado) Rodea a los eventos antes descritos. Se observa como una franja con moderada a intensa sobre imposición argílica supérgena, menor cuarzo-sericita, sobre un "background" potásico silicatado que se caracteriza por exhibir, principalmente en la granodiorita Puquios, máficos intensamente cloritizados y/o argilizados, en menor proporción biotitizados, junto a feldespatos reemplazados, con intensidad variable, por limonitas y arcillas supérgenas, generando una roca poco cohesionada y muy deleznable. La mineralización observada en superficie corresponde esencialmente a jarosita, goethita, neotocita y copper-wad, la que ocurre con intensidad variable en fallas, fracturas y vetillas del tipo "D". Puntualmente, se emplazan vetas y/o fracturas con crisocola y copper-pitch.

Alteración Propilítica (Tardimagnético Marginal) Encerrando o rodeando todo el sistema de alteración-mineralización del yacimiento, se emplaza una zona con características de roca inalterada, textural y composicionalmente (granodiorita Chingoles), que sólo muestra una débil a moderada presencia de arcillas supérgenas alterando feldespatos y decolorando máficos. De manera asociada ocurre magnetita diseminada y abundante carbonato que se dispone en fallas, fracturas y en la masa fundamental de la unidad granodiorítica. Además, se observan trazas de epidota junto a la escasa presencia de limonitas y nula ocurrencia de mineralización oxidada y sulfuros de cobre.

C.4.4.5. Mineralización

Como resultante final de todos los procesos que participaron en la formación del Pórfido Cuprífero, tanto de origen hidrotermal como supérgeno, se diferencian tres grandes zonas de mineralización de cobre-ferro, cada una con características de disposición y distribución muy propias de las condiciones físico-químicas que gobernaron su formación. Estas zonas son:

Zona de Oxidación-Lixiviación: Zona mineral superior, localizada entre la superficie y sobre el techo de sulfuros. Se caracteriza por la ocurrencia exclusiva de oxidados de cobre y fierro, en menor proporción, ferrimolibdenita. Su distribución, disposición e intensidad de ocurrencia, está claramente controlada por los minerales de gangas que alteran, hidrotermal y supergénicamente, al complejo intrusivo del yacimiento. Esta zona de oxidación-lixiviación, que se extiende en forma de cuerpo tabular, elongado en dirección Este-Oeste, alcanza profundidades en los extremos y porción central del yacimiento, variable entre los 30m y 100m, respectivamente. Por otro lado, cabe destacar que parte de los oxidados de cobre y fierro, exhiben un intenso control estructural, en el que se combinan fallas de alto y bajo ángulo. En general, este ámbito de oxidación-lixiviación, está conformado por las siguientes sub-zonas:

Sub-zona de Limonitas: Esta zona lixiviada corresponde a cuerpos conformados exclusivamente por Jarosita-goethita y hematita, con trazas de oxidados de cobre. Las leyes de cobre que le caracterizan normalmente son menores a 0.1 % CuT.

Sub-zona de Óxidos Verdes: Cuerpos conformados por la presencia dominante de crisocola-pseudomalaquita-atacamita y arcillas cupríferas, con menor ocurrencia de brochantita y malaquita, sobre limonitas y copper-wad (óxidos negros), que se disponen en fracturas, vetillas y diseminados, principalmente en zonas con un mayor "background" del tipo potásico silicatado. Las leyes de cobre en estos cuerpos mineralizados, varían entre 0.2 a 2 % CuT, con una ley media aproximada de 0.4 % CuT.

Sub-zona de Óxidos Negros: Generalmente rodean a cuerpos con "óxidos verdes" y hacia las zonas en donde la alteración potásica silicatada exhibe una moderada a intensa sobre imposición argílica supérgena y cuarzo sericita, normalmente, se observa mayoritariamente copper-wad y neotocita coexistiendo con jarosita-goethita, en fracturas y diseminados. Del mismo modo, ocurre como un halo entorno a los cuerpos de "óxidos verdes" restringidos a vetas y cuerpos irregulares que evidencian un intenso control estructural de la mineralización. Las leyes de cobre de estos cuerpos mineralizados, fluctúan entre 0.1 a 0.4 % CuT, con una ley media aproximada, igual a 0.2 % CuT.

Zona de Enriquecimiento Secundario: Es la zona mineral localizada inmediatamente bajo el techo de sulfuros y por sobre el techo de carbonatos, que se extiende en forma de cuerpo tabular, elongado en dirección Este-Oeste, con espesores que varían desde la parte externa a la porción central del yacimiento, entre los 5m y 114m, respectivamente. Su potencia media fluctúa entre los 20 y 30m. Las especies y asociaciones de minerales de mena que la conforman corresponden exclusivamente a calcosina pulverulenta como una película sobre granos de pirita >> calcopirita. Las leyes de cobre que caracterizan a este

cuerpo con sulfuros de enriquecimiento secundario, varían entre 0.2 y hasta 4 % CuT, con una ley media aproximada, igual a 0.80 % CuT.

Zona de Sulfuros Primarios: Zona de mineralización que se ubica inmediatamente bajo el techo de carbonatos y que constituye a su vez, el límite inferior del enriquecimiento secundario dominante. Este ámbito, muestra un "protore" representado casi exclusivamente por la asociación mineralógica pirita >> calcopirita y molibdenita con trazas de Au. Las leyes de cobre que caracterizan la mineralización primaria, hasta ahora reconocidas, varían entre < 0.1 a 0.8 % CuT, con una ley media aproximada igual a 0.25 %CuT.

C.5. Geomorfología

Dentro de la Cuarta Región - Región de Coquimbo - conocida también como Zona de los Valles Transversales, se reconocen, de Este a Oeste, cuatro rasgos morfológicos principales: La Cordillera de Los Andes, la Depresión Central, la Cordillera de La Costa y las Planicies Litorales (Fig. 5.16)

C.5.1. Cordillera de Los Andes

También conocida como Cordillera Principal, es un sistema montañoso alto y continuo, de orientación general norte-sur, con relieves abruptos y sin evidencias de volcanismo activo, conformado por macizos graníticos del Paleozoico y volcanitas estratificadas de edad Cretácico a Terciario superior.

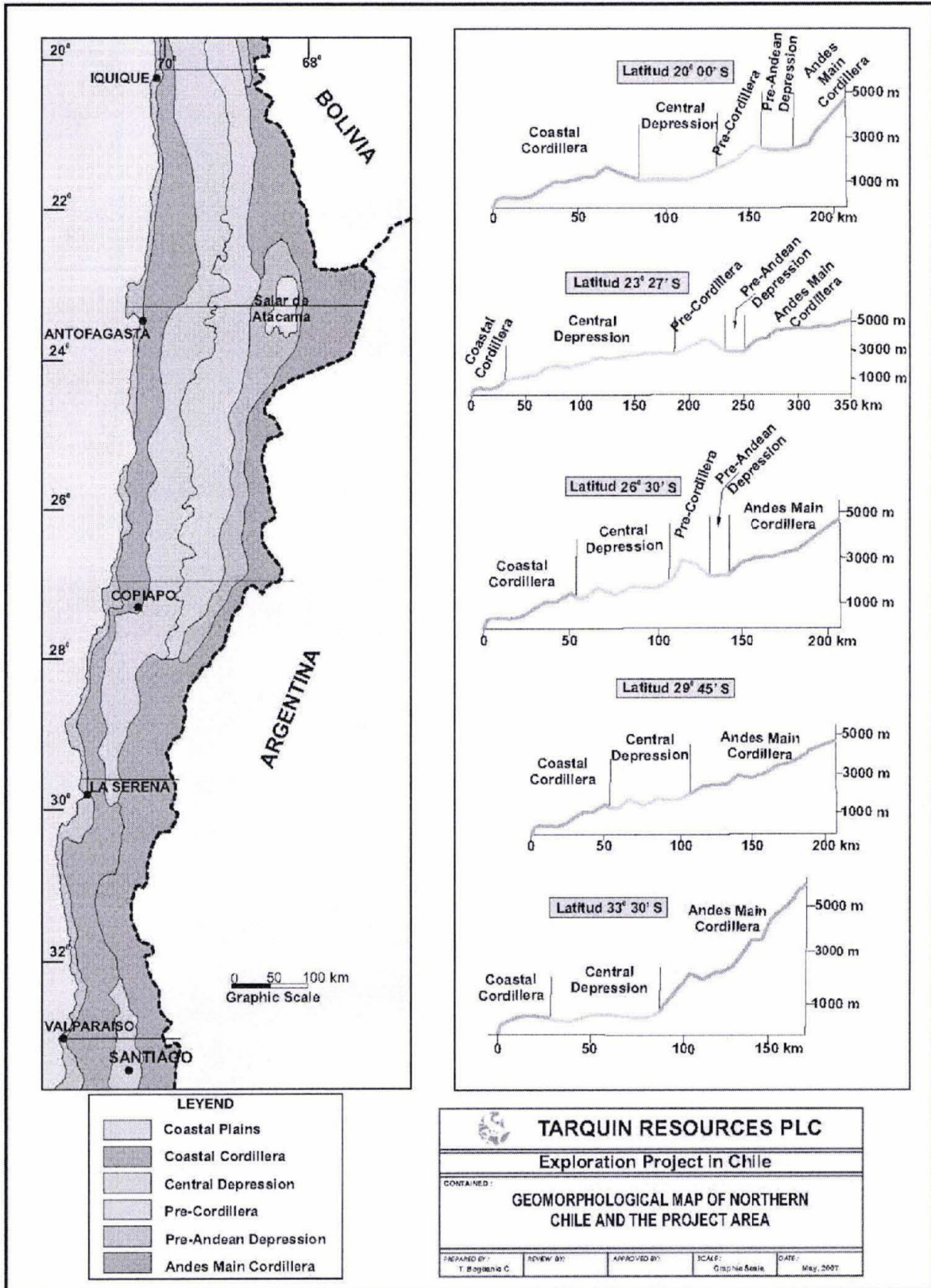
Sus mayores expresiones topográficas corresponden al Cerro de Las Tórtolas (6.320 m.s.n.m.) y al Cerro Olivares (6.250 m.s.n.m.) cuyas cumbres forman parte del límite entre Chile y Argentina. Desde este sistema montañoso se desprenden cordones de cerros de menor altura, y orientación general este-oeste, donde se han originado las depresiones hidrográficas de igual orientación, conocidas como Valles Transversales.

C.5.2. Depresión Central

Su existencia en la Región de Coquimbo está restringida al sector norte (a partir del paralelo 30°) y está constituida por cordones montañosos de orientación general este-oeste a NE y NW que descienden gradualmente desde la Cordillera Principal hacia el Oeste. Los cordones están conformados principalmente por volcanitas estratificadas, batolitos y stocks granodioríticos, de edades Cretácico inferior a Terciario inferior. Sus alturas van, por lo general, desde los 600 hasta los 3.000 m.s.n.m.

El relieve corresponde al tipo Llanuras y Mesetas aunque discontinuas por efecto de los Valles Transversales y por algunas significativas quebradas, con escurrimientos de agua superficial solo esporádicos, tales como: Quebrada Seca, Quebrada Honda y Quebrada Los Choros.

Figura 5-17. Mapa Geomorfológico del Norte de Chile (según IGM, 2005)



En el sector del Proyecto Minero Puquíos - ubicado a grandes rasgos en la Depresión Central - la mayor hoya hidrográfica corresponde a la Quebrada Los Choros, que nace a una altura aproximada de 2.900 m.s.n.m. y desemboca al Océano Pacífico en la planicie costera del sector Los Choros Bajos.

A nivel regional, y de norte a sur, los principales Valles Transversales corresponden a las hoyas hidrográficas de los Ríos Elqui, Limarí y Choapa. A la zona en que se ubican estos valles y donde la Depresión Central está ausente (30° a 32° 30' aproximadamente) también se le denomina Zona de Mediana Montaña (Paskoff, R., 1970).

C.5.3. Cordillera de La Costa

Corresponde a un cordón de cerros orientados en dirección norte-sur, con alturas que generalmente no superan los 600 metros. Están conformados principalmente por volcanitas estratificadas y batolitos granodioríticos del Cretácico. Su llegada a la zona litoral es generalmente de pendiente suave aunque localmente se encuentran acantilados de algunas decenas de metros de altura.

C.5.4. Planicies Litorales Fluviomarinas

Las planicies fluviales, producidas por los efectos erosivos de flujos de agua de escurrimiento superficial, se asocian principalmente a las desembocaduras de los Ríos Elqui, Choapa y Limarí en el Océano Pacífico. Secundariamente, a algunas quebradas que hoy están superficialmente secas.

Las planicies marinas, formadas esencialmente por areniscas y coquinas del Mioceno-Plioceno, deben su origen a fluctuaciones del nivel del mar. Suelen constituir terrazas con varios escalones cuyas alturas individuales son, en general, menores de diez metros. Sin embargo, las sucesiones de ellos, como ocurre típicamente en la ciudad de La Serena y sus alrededores, suman desniveles de varias decenas de metros.

C.6. Morfología Local

La quebrada de los Choros tiene un eje longitudinal de aproximadamente 100 Km. de longitud, con orientación general NW/SE, desde el cordón Altos de Peralta (cota 3.500 mts.) hasta la desembocadura en playa los Choros, entre los paralelos 29° 20' y 29° 30'.

En su trayectoria se distinguen tres dominios geomorfológicos:

- a) Desde el Océano Pacífico hasta Punta Colorada: 30 Km., Planicies Fluvio-marinas (terrazas marinas Pliocénicas) y Cordillera de la Costa.
- b) Desde la localidad de Punta Colorada hasta Junta de Chingoles, otros 30 Km., donde ha labrado su cauce como un valle profundo sobre el antiguo sector de Meseta o Llanura, de edad terciaria miocénica)
- c) Desde Junta de Chingoles hasta sus nacientes, en el cordón precordillerano de Altos de Peralta y Cordillera de La Punilla, ha desarrollado su curso en el sector de Mediana Montaña.

En este último tramo se ha desarrollado un conjunto de tres quebradas afluentes: Puquíos, Las Breas de la Junta y Quebrada Oeste del Cerro Molle, donde está localizada el área de estudio minero Puquíos, en una cota promedio del orden de 1.500 mts.

La zona de emplazamiento del proyecto se encuentra ubicada en el área denominada Mediana Montaña descrita anteriormente, siendo su altura promedio entre 1.300 y 1.400 m. Está flanqueada por las quebradas Coloraditos y Puquíos que son tributarias de la quebrada Los Choros. Entre ambas se genera un pequeño cordón montañoso de orientación NE que constituye el área del yacimiento.

C.6.1. Descripción Geológica y Geomorfológica a lo largo de las Quebradas Puquíos y Coloradito

En este apartado se describen aspectos específicos de las Quebradas Puquíos y Coloradito. La descripción se basa en puntos de observación que se indican en planos adjuntos y tablas explicativas de cada uno de ellos.

C.6.1.1. Quebrada Puquíos

En la Figura 5.18 se indican los puntos catastrados y en las Tablas 5.10 a 5.37 su descripción.

Figura 5-18. Localización de Puntos de Observación en Quebrada Puquíos

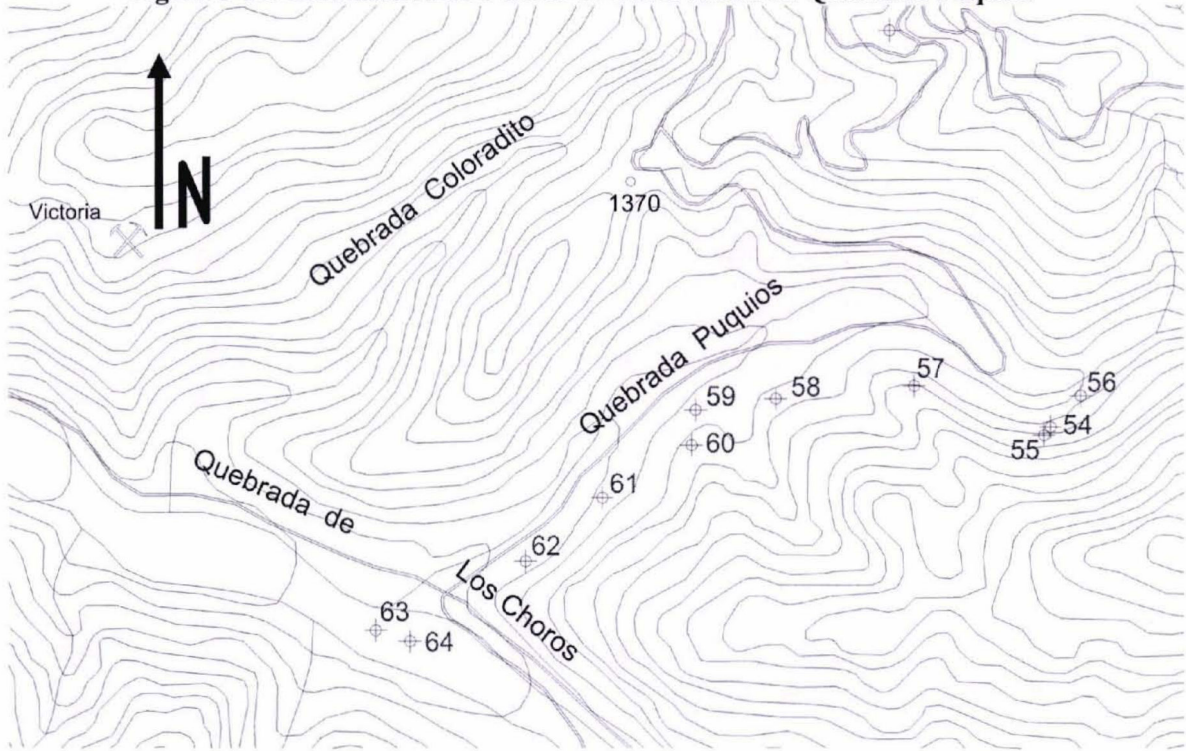


Tabla 5- 10. Descripción punto N°1


Punto de Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
N°1	6.740.976	334.421	
Descripción			
Ladera oriental Quebrada Puquíos, se observa intrusito granodiorítico basal			
Dirección Fotografía		E	

Tabla 5- 11. Descripción Punto N°2


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
N°2	6.740.955	334.404	
Descripción			
Rocas graníticas con una fuerte meteorización.			
Dirección Fotografía		S	

Tabla 5- 12. Descripción Punto N°3


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
N°3	6.741.057	334.499	
Descripción			
Zona quebrada se observan clastos subangulares de intrusivo basal.			
Dirección Fotografía	E		

Tabla 5- 13. Descripción Punto N°4


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
N°4	6.741.082	334.064	
Descripción			
Zona de planicie aluvial.			
Dirección Fotografía	N		

Tabla 5- 14. Descripción Punto N°5


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
N°5	6.741.049	333.704	
Descripción			
Camino de penetración a Quebrada Puquíos.			
Dirección Fotografía	E		

Tabla 5- 15. Descripción Punto N°6-A

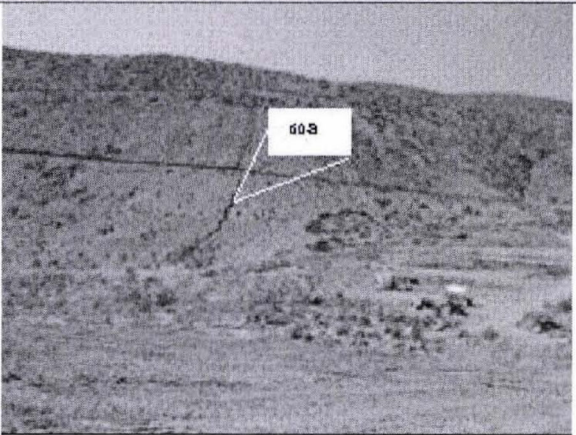
Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
N°6	6.740.929	333.484	
Descripción			
Vista desde plataforma excavada en ladera sur de la quebrada. En el centro de la fotografía se observa zanja (descrita en la siguiente tabla).			
Dirección Fotografía	NO		

Tabla 5- 16. Descripción Punto N°6-B


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
Frente- 6			
Descripción			
Zanja producida por la erosión superficial de escorrentías superficiales de aguas.			
Dirección Fotografía	NO		

Tabla 5- 17. Descripción Punto N°7-A


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
7	6.740.628	333.051	
Descripción			
En dirección al escurrimiento fluvial se observan gran cantos rodados, que dan cuenta de la energía que lleva el cauce en época de crecidas. La altura del escurrimiento se estima en 1 a 1,5 metros de altura. Existiendo sectores en que se angosta la quebrada y alcanza alturas de 2,0 metros.			
Dirección Fotografía	NE		

Tabla 5- 18. Descripción Punto N°7-B


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
7	6.740.628	333.051	
Descripción			
Sector en que se angosta el cauce del escurrimiento alcanza alturas de 2,0 metros.			
Dirección Fotografía		S	

Tabla 5- 19. Descripción Punto N°8-A



Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
8	6.740.421	332.752	
Descripción			
En la salida de la quebrada se observa la obra de la fotografía, cuyo objetivo es canalizar futuras crecidas.			
Dirección Fotografía		E	

Tabla 5- 20. Descripción Punto N°8-B

Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
8	6.740.421	332.752	
Descripción			
Este sector corresponde al punto de descarga de la quebrada, presentando un borde de erosión cercano a los 2 metros.			
Dirección Fotografía	N-O		

C.6.1.2. Quebrada Coloraditos

En la Figura 5.15 se indican los puntos catastrados y en las Tablas 5.21 a 5.37 su descripción.

Tabla 5- 21. Descripción Punto N°9


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
9	6.741.527	333.250	
Descripción			
Ladera poniente quebrada, se observan zonas limoníticas generadas por una estructura de rumbo Norte 290 con 75° SW.			
Dirección Fotografía	NN (15°)		

Tabla 5- 22. Descripción Punto N°11


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
11	6.741.281	382.901	
Descripción			
Desde ladera occidental, mirando al poniente se muestra zona de afloramiento y de posible deslizamiento.			
Dirección Fotografía		NW (320°)	

Tabla 5- 23. Descripción Punto N°12

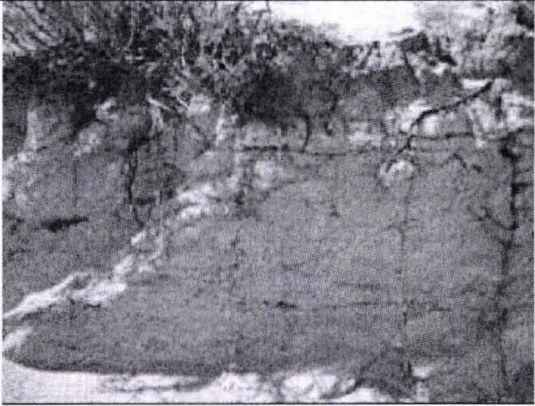
Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
12	6.741.331	332.950	
Descripción			
Intrusivo granodiorítico de grano grueso, en flanco oriental de la quebrada, cruzada por vetillas polidireccionales de cuarzo y limonitas.			
Dirección Fotografía		SE (120°)	

Tabla 5- 24. Descripción Punto N°13


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
13	6.741.430	333.084	
Descripción			
<p>Se muestra vegetación existente en la base de la quebrada, lo que indica que eventualmente debe aflorar agua.</p>			
Dirección Fotografía		N	

Tabla 5- 25. Descripción Punto N°14


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
14	6.742.171	333.770	
Descripción			
<p>Mirando al flanco noroccidental de la quebrada mostrando ladera con roca intrusiva, y además se observa vegetación en la base de la quebrada, indicando posibilidad de agua.</p>			
Dirección Fotografía		NE (45°)	

Tabla 5- 26. Descripción Punto N°15


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
15	6.742.171	333.770	
Descripción			
Se muestra zonas de afloramientos mineralizados con óxido de hierro y cobre, y entrada antiguo socavón.			
Dirección Fotografía		NW (325°)	

Tabla 5- 27. Descripción Punto N°16


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
16	6.742.357	334.016	
Descripción			
Se aprecia en la ladera alteraciones hematítica y afloramiento de aguas superficiales en la base de la quebrada, fuerte vegetación.			
Dirección Fotografía		NE (70°)	

Tabla 5- 28. Descripción Punto N°17



Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
17	6.742.349	334.167	
Descripción			
<p>Avanzando al Norte de la quebrada se observa resto de una terraza incipiente con basamento de roca intrusiva granodiorítica.</p>			
Dirección Fotografía		SW	

Tabla 5- 29. Descripción Punto N°18

Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
18	6.742.352	334.250	
Descripción			
<p>Vista flanco occidental, zona de alteración y mostrando sector de desmontes de antiguas explotaciones.</p>			
Dirección Fotografía		N 10° E	

0033
ATV

Tabla 5- 30. Descripción Punto N°19


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
19	6.742.420	334.353	
Descripción			
Quebrada coloradita al norte, línea limite zona mineralizada. Muestra continuidad de morfología y afloramientos de roca basal granítica.			
Dirección Fotografía		W	

Tabla 5- 31. Descripción Punto N°20


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
20	6.742.463	334.338	
Descripción			
Desde el centro de la quebrada, mirando al depósito, muestra amplitud de la cuenca; zona apta para el emplazamiento de diques o instalaciones del proyecto.			
Dirección Fotografía		SW (230°)	

Tabla 5- 32. Descripción Punto N°23


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
23	6.741.847	333.721	
Descripción			
Mirando a zona de alteración limonítica en contacto con intrusivo inalterado.			
Dirección Fotografía		SW (240°)	

Tabla 5- 33. Descripción Punto N°24

Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
24	6.741.990	333.845	
Descripción			
Zona de falla, característica del área, se observa alteraciones de argilización y hematitización . Rumbo N 10° con 65° E.			
Dirección Fotografía			

Tabla 5- 34. Descripción Punto N°27


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
27	6.740.870	332.117	
Descripción			
Descarga Quebrada Coloradito.			
Dirección Fotografía		NE (80°)	

Tabla 5- 35. Descripción Punto N°28


Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
28	6.742.892	332.322	
Descripción			
Quebrada coloradito, sector de mayor amplitud y con laderas estables.			
Dirección Fotografía		N	

Tabla 5- 36. Descripción Punto N°29



Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
29	6.740.942	332.466	
Descripción			
Otro sector de amplitud de la quebrada y con laderas estables, apto para instalaciones del proyecto.			
Dirección Fotografía		NE (35°)	

Tabla 5- 37. Descripción Punto N°30

Punto Localización	Coordenadas UTM		Fotografía
	Norte	Este	
30	6.741.275	332.594	
Descripción			
Muestra perfil característico de la quebrada, angosta, profunda y bajo contenidos de sedimentos.			
Dirección Fotografía		NE (35°)	

C.7. Hidrogeología

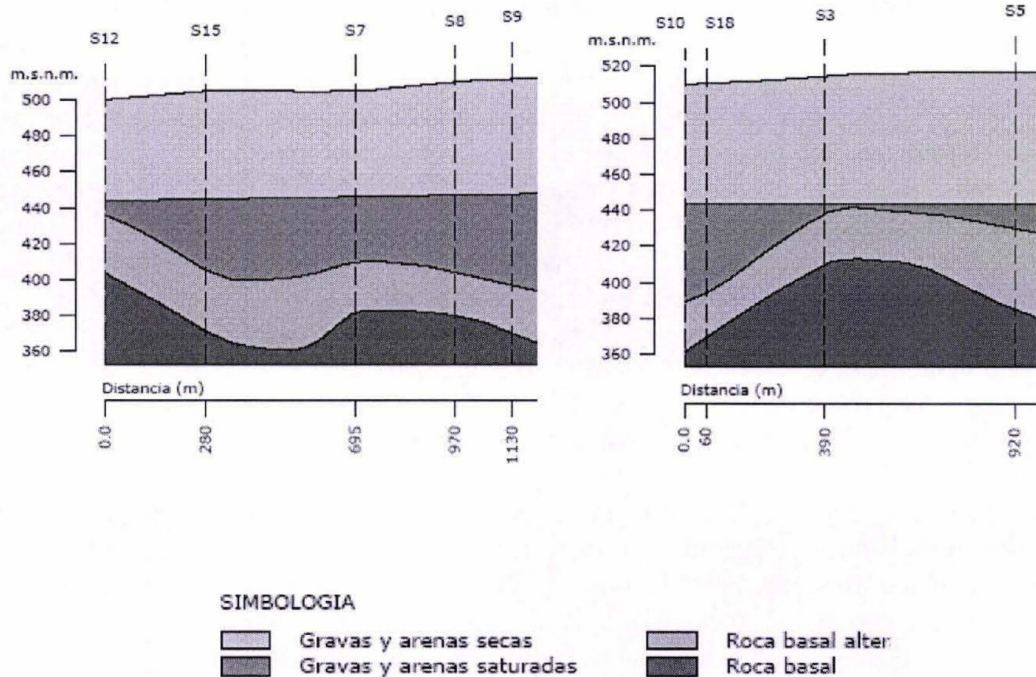
Los rellenos cuaternarios que conforman los sedimentos de la cuenca de Quebrada Los Choros, van adquiriendo mayor volumen desde aguas arriba hacia aguas abajo. Este mayor volumen se manifiesta tanto en una potencia creciente como en un mayor ancho de los sedimentos a medida que se avanza hacia el oeste. Sin embargo, asociado a este mayor volumen de rellenos está un empeoramiento de los parámetros elásticos del acuífero. En los sectores más altos de la cuenca (Tres Cruces), los rellenos presentan escaso porcentaje de finos y se muestran como un solo acuífero libre, formado por material relativamente grueso. Hacia aguas abajo aumenta paulatinamente el porcentaje de finos, de modo que en el sector de Punta Colorada aparecen estratos impermeables.

Particularmente, para el sector de Choros Alto hay varios acuíferos de escasa potencia (2 - 6 m) separados por estratos arcillosos. (Fuente "Estudio Hidrogeológico de la Quebrada Los Choros", 2004. GCF Ingenieros Consultores Limitada)

El Sector de Tres Cruces, se conforma por la zona de descarga de las Quebradas Pelicano y el Carrizo por el norte y Quebrada Grande por el sur. De acuerdo con los resultados del estudio geofísico realizado por Geodatos (2003 y 2004)⁴ en este sector, el relleno cuaternario presenta una potencia media de 60 m. La interpretación de los sondeos mediante métodos electromagnéticos indicaría un modelo de tres capas o estratos. El superior con espesor variable entre 53 y 138 m con una media de 60 m, fue correlacionado con gravas, ripios y arenas que corresponden a un acuífero que en su extremo superior se encuentra drenado. El segundo estrato presenta un espesor que varía entre 23 m y 48 m, identificado como roca basal alterada, que también podría corresponder a un acuífero. El estrato más profundo se identifica como el basamento rocoso sano. La estratigrafía aportada por los informes de construcción de 9 pozos profundos y 4 norias de Tres Cruces analizadas para el Estudio de GCF 2004 confirmarían este modelo, ver Figura 5-19.

⁴ Este estudio realizó campañas de sondajes del tipo transiente electromagnético (TEM) los años 2003 y 2004.

Figura 5-19. Perfiles tipos localizados en sector Tres Cruces. Fuente: GEODATOS 2003



El sector de Punta Colorada, situado aguas abajo del Sector de Tres Cruces, presenta rellenos de mayor volumen que el anterior. En este sector el valle se amplía hasta tener un ancho medio de 1500 m. De acuerdo con el estudio geofísico realizado para la DOH en 1998, el basamento rocoso se encontraría a una profundidad máxima de 280 m hacia el eje del cauce, sin embargo, desde el punto de vista estratigráfico, se verifica la presencia de capas con diversos contenidos de arcilla. De acuerdo con el estudio geofísico realizado por el Sernageomin en marzo del 2004, el basamento rocoso estaría ubicado a los 70 m de profundidad, en la parte más oriental del sector.

El sector de Quebrada Choros Altos, abarca tanto la parte principal del valle, como un sector transversal formado principalmente por las Gravas de Atacama. Para el sector del valle principal, entre El Trapiche y Angostura, presenta características similares a las existentes entre Tres Cruces y Punta Colorada, rellenos constituidos por sedimentos cuaternarios gruesos. Para el sector de la Quebrada de Choros Altos, existen varios estratos acuíferos de escaso espesor separados por estratos de arcilla mucho más potentes.

Finalmente, el Sector de Choros Bajos, presenta espesores del relleno acuífero que fluctúan entre los 10 y los 200 m de profundidad, separados internamente por estratos.

El análisis en terreno de la geomorfología del sector de la quebrada los coloraditos, corresponde a una zona de quebrada profunda muy nueva, prácticamente sin cantidades apreciables de sedimentos fluviales, reconociéndose sedimentos aluviales y coluviales de poca importancia.

El basamento rocoso corresponde a un intrusivo granodiorítico que aflora visiblemente en varios lugares de la quebrada, en general la roca se presenta inalterada cruzada por algunas fallas y algunos filones ácidos.

Se observan algunas zonas con débil alteración hematítica y argílica en el flanco occidental de la quebrada, son locales y sin gran desarrollo, posiblemente relacionadas con la zona de borde del yacimiento.

La quebrada Puquíos se ubica a unos 700 m en forma paralela al SE de la quebrada coloraditos; morfológicamente es más suave con mayor erosión y más madura que la quebrada anterior, lo que implica una mayor cubierta de sedimentos aluviales, la roca basal corresponde al mismo intrusivo, pero con un mayor grado de alteración. Esta área flanquea por el sector oriental la zona de alteración del yacimiento.

C.7.1. Niveles Piezométricos

Un antecedente importante sobre la hidrogeología de la zona de emplazamiento del proyecto lo aporta el área del yacimiento en que se han perforado un total de 27 sondajes verticales, de los cuales el 92 % detectaron agua en profundidad entre 49 y 135 m.

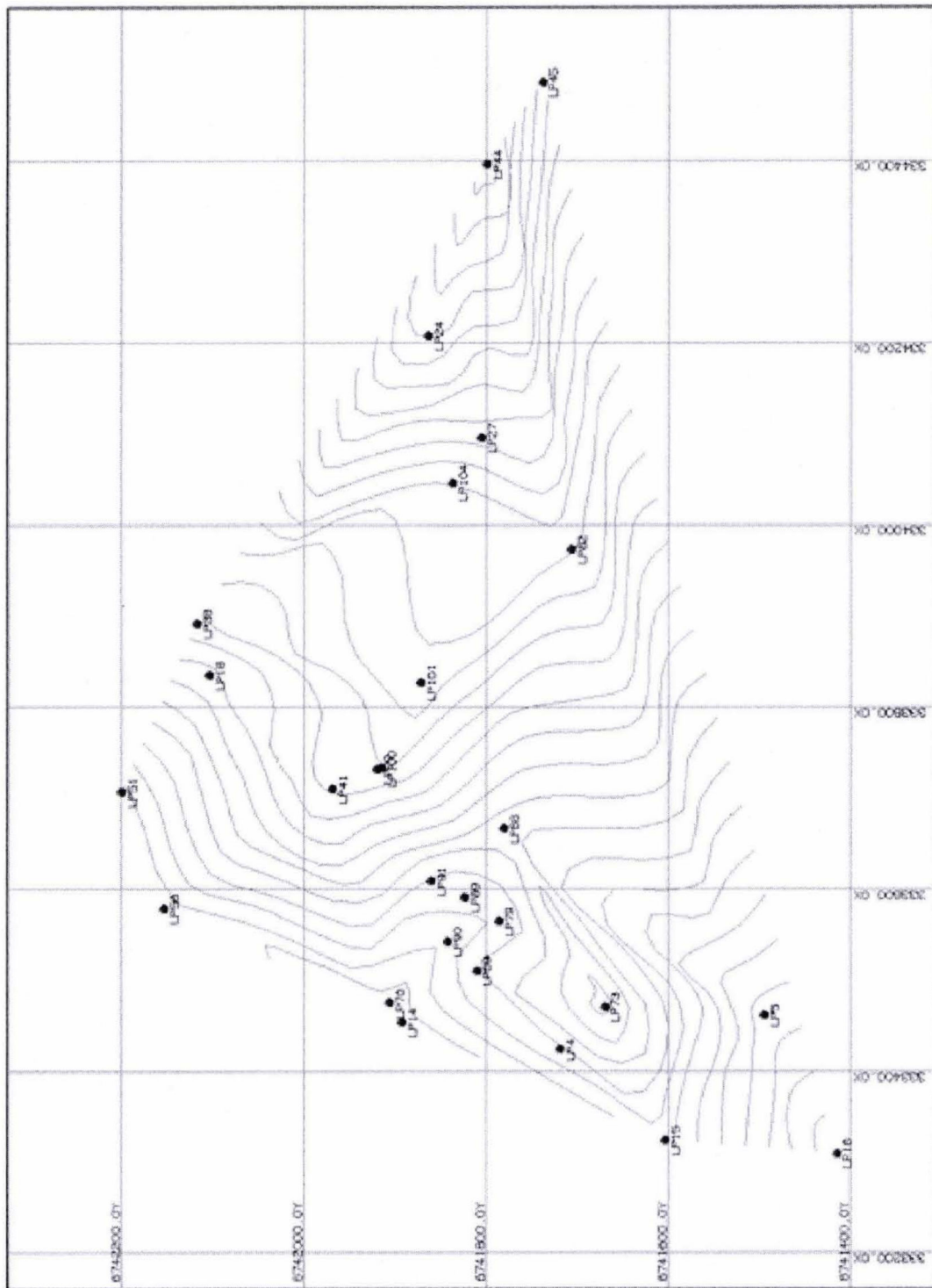
En el tabla adjunta de sondajes, podemos apreciar que entre la mañana y la tarde no existe una marcada diferencia de nivel; variando la carga y descarga entre los sondajes en forma variables, es decir, existen puntos donde hay una descarga de agua y otros donde se recargan.

Tabla 5- 38. Cuadro de Sondajes

N° SONDAJE	Coord. Este	Coord. Norte	Cota	NIVEL AM	NIVEL PM	Diferencia
LP16	333.309,564	6.741.415,085	1.311,280	64	65	-1
LP14	333.454,376	6.741.893,214	1.364,240	49	49,5	-0,5
LP70	333.475,211	6.741.906,161	1.363,969	54,5	57	-2,5
LP56	333.579,420	6.742.153,378	1.374,558	33,6	33	0,6
LP51	333.707,400	6.742.200,079	1.377,040	26,6	27	-0,4
LP18	333.834,818	6.742.103,873	1.436,410	65	66,5	-1,5
LP5	333.462,065	6.741.495,289	1.346,970	77,5	76,9	0,6
LP15	333.324,186	6.741.603,895	1.383,870	77,6	76,8	0,8
LP4	333.424,145	6.741.719,275	1.398,530	83,7	81,8	1,9
LP69	333.510,800	6.741.810,900	1.400,000	60	59	1
LP73	333.471,163	6.741.670,226	1.433,793	135,7	139,4	-3,7
LP45	334.486,348	6.741.739,373	1.554,320	72,4	71,25	1,15
LP38	333.892,285	6.742.117,775	1.457,312	90	90	0
LP41	333.710,588	6.741.968,698	1.465,593	113	114	-1
LP27	334.095,968	6.741.805,929	1.522,889	82,9	83	-0,1
LP44	334.396,753	6.741.800,285	1.606,250	121	120	1
LP24	334.208,709	6.741.864,633	1.572,945	115,4	115	0,4
LP91	333.609,410	6.741.861,493	1.398,182	57,5	57	0,5
LP89	333.591,509	6.741.823,770	1.391,537	50	49	1
LP79	333.565,036	6.741.786,691	1.391,725	SECO	SECO	
LP90	333.543,168	6.741.843,626	1.382,882	62	60	2
LP88	333.666,957	6.741.780,856	1.413,680	94	93	1
LP82	333.973,667	6.741.706,974	1.493,503	93	93	0
LP104	334.046,654	6.741.837,253	1.499,480	65	65	0
LP101	333.827,682	6.741.872,192	1.487,785	122	120	2
LP100	333.732,893	6.741.916,083	1.471,836	122	121	1
LP99	333.731,906	6.741.920,280	1.471,688	SECO	SECO	

Notas: AM: Medición antes de medio día; PM: Medición después de medio día.

Figura 5-20. Planta Sondajes

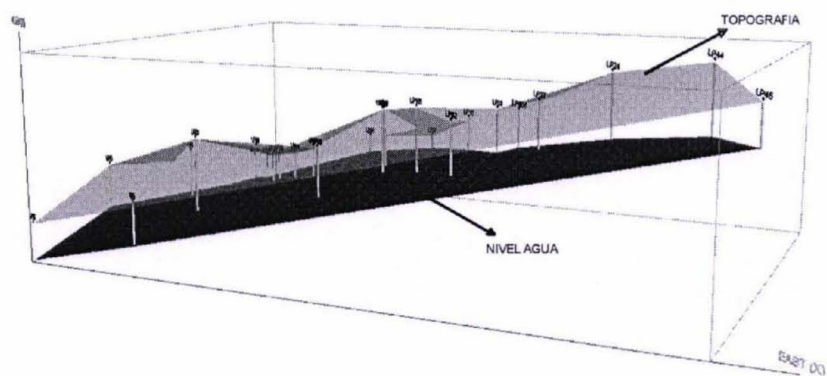


2300
ATV

Se efectuó un modelamiento espacial de los puntos de corte de los niveles de agua, generando un sólido con la topografía y el techo de los niveles de agua detectados.

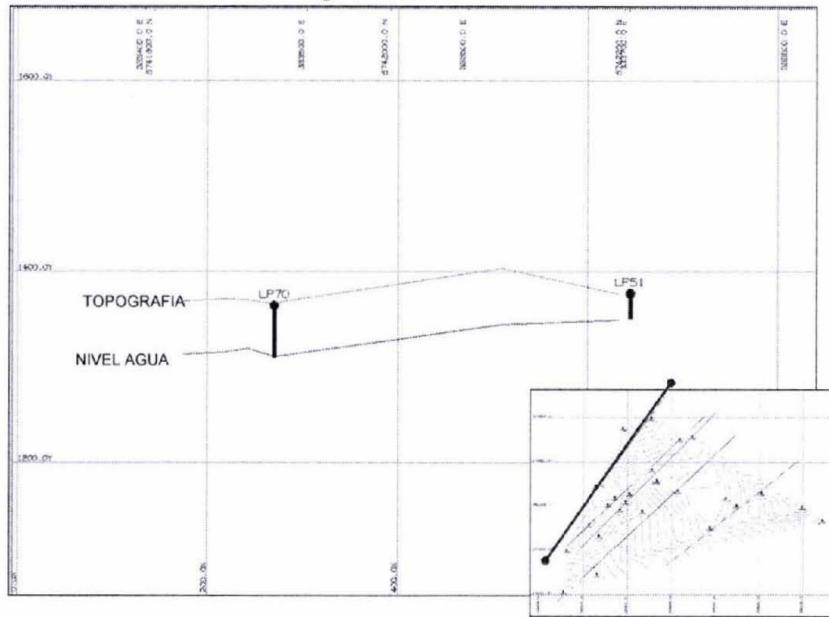
El análisis de la información indica una continuidad del techo en los niveles de agua, dando la impresión de un posible nivel freático concordante con la topografía de superficie, por lo tanto; es importante tomar las consideraciones del caso en los diseños mineros.

Figura 5-21. Modelo 3D de nivel de aguas detectados, vista este



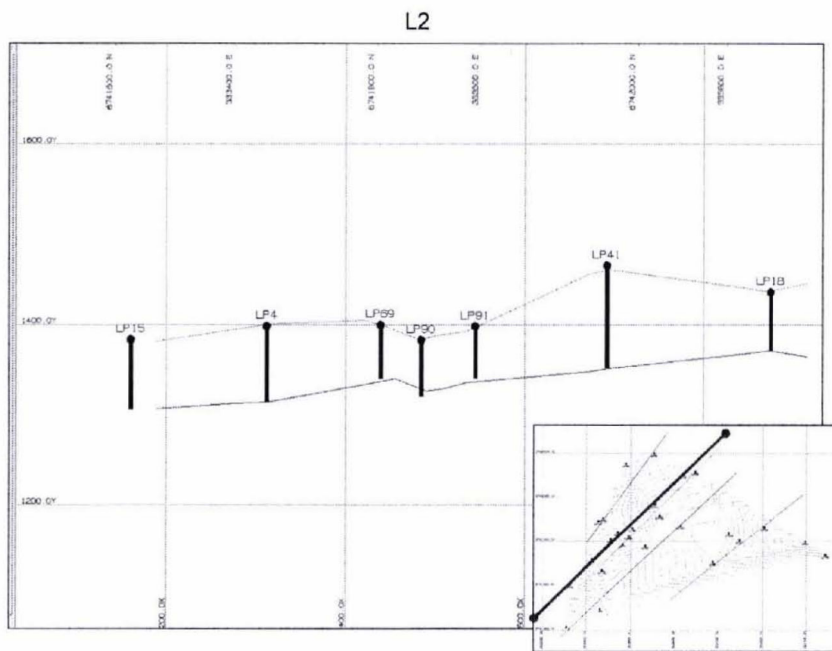
0038
ATV

Figura 5-21. Perfil L1



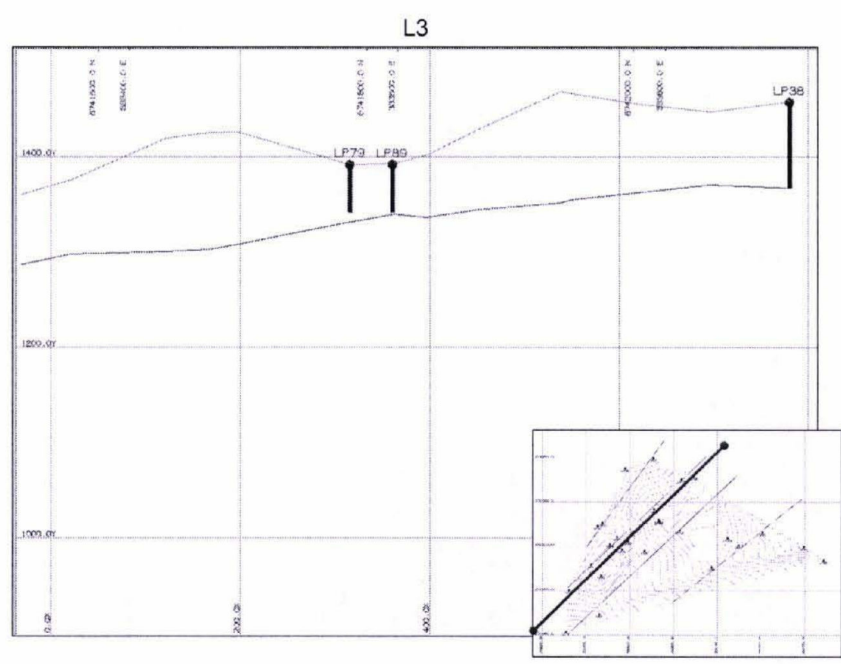
Nota: Localización de corte señalado en cuadro esquema de la Figura 5.20.

Figura 5-22. Perfil L2



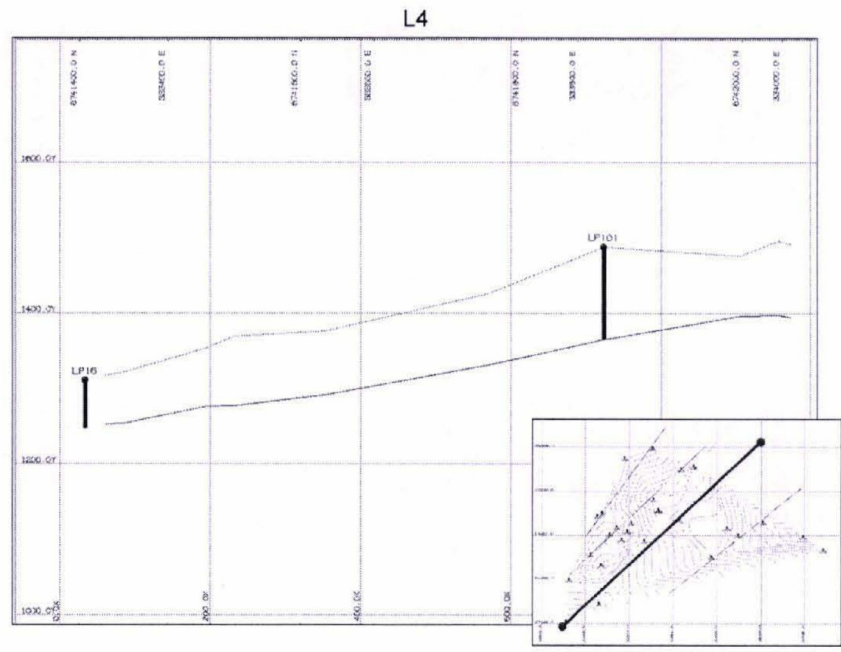
Nota: Localización de corte señalado en cuadro esquema de la Figura 5.20.

Figura 5-23. Perfil L3



Nota: Localización de corte señalado en cuadro esquema de la Figura 5.20.

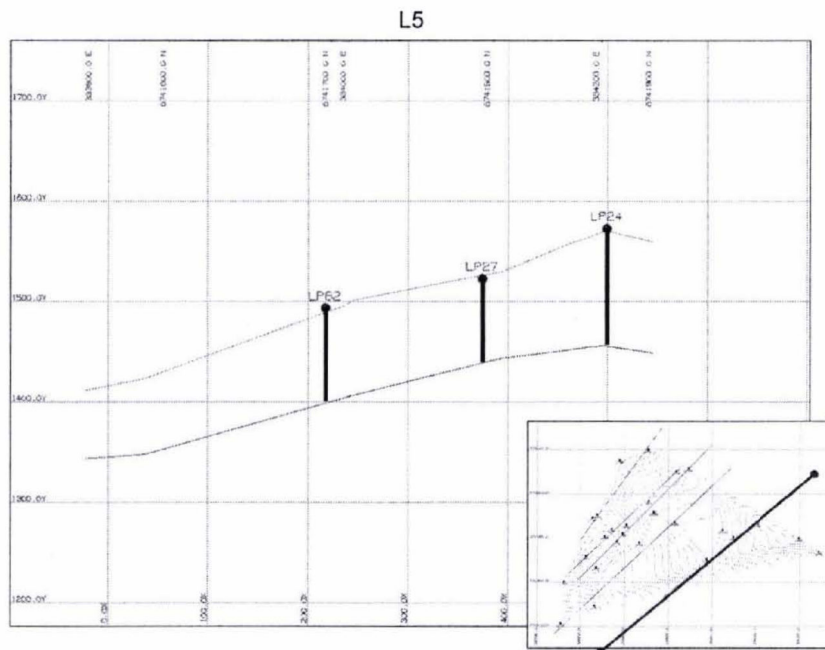
Figura 5-24. Perfil L4



Nota: Localización de corte señalado en cuadro esquema de la Figura 5.20.

0039

Figura 5-25. Perfil L5



Nota: Localización de corte señalado en cuadro esquema de la Figura 5.20.

parte oriental a conos aluviales, escombros de pie de laderas y conos de deyección inactivos y de reducido tamaño.

Se desarrolla en dirección aproximada E-O, en una longitud cercana a los 90 km desde su extremo oriental al occidental. El ancho de la quebrada es variable en su recorrido, correspondiendo al variando entre 200 y 1.200 m.

La fuente de alimentación principal proviene de las neblinas costeras que ingresan hacia el oriente por el interior de valles y quebradas, así como de la ocurrencia ocasional de lluvias de escaso monto y de derretimientos menores de nieve en primavera.

Varias formaciones geológicas de muy diferentes edades concurren en la constitución de la cuenca de la Quebrada Los Choros. Aquellas formaciones que pueden ser definidas como impermeables corresponden a rocas fundamentales del Jurásico Inferior al Cretácico, formadas por intrusiones graníticas, rocas volcánicas andesíticas, sedimentitas marinas intercaladas con lavas y sedimentos continentales antiguos. El relleno sedimentario, capaz de constituir acuíferos, está formado por sedimentos pliocénicos (grava, arena y limos consolidados y areniscas marinas) y sedimentos cuaternarios (constituidos por materiales aluviales depositados directamente por el río y por coluvios provenientes de quebradas laterales).

Los depósitos aluviales están compuestos por grava y arena no consolidada de permeabilidad media a elevada, donde el agua de la zona de saturación se mueve quebrada abajo, acercándose a la superficie en Trapiche, Choros Altos, Angostura y Choros Bajos. El área cubierta por el acuífero corresponde a una pequeña fracción del área total de la cuenca.

En su recorrido, la quebrada recibe múltiples aportes laterales, los cuales nacen en las Sierras del Cóndor, Altos de Peralta y Cordillera de La Punilla, y contribuyen a la acumulación de sedimentos en forma de grandes conos que engranan en los sedimentos propios de la quebrada principal. En Tres Cruces se reúnen la Quebrada Pelicano, que viene directamente del norte y a la cual se le ha juntado previamente la del Carrizo, la Quebrada Grande desde el sur y la Quebrada Junta de Chingoles (también llamada Quebrada Los Choros) que drena la porción suroriente de la hoya. Poco más abajo de la estación Punta Colorada se junta al cauce principal el valle seco de Quebrada Pajonales, que desarrolla su curso en dirección N-S. Cerca de Trapiche desemboca el valle de La Higuera o quebrada Choros Altos cuyo curso se desarrolla aproximadamente en dirección S-N.

El agua que conduce la Quebrada Los Choros se infiltra generalmente en su curso superior y medio, y sólo ocasionalmente, en las grandes crecidas, alcanza superficialmente al mar. En el curso inferior de la quebrada, en Trapiche, Choros Altos, Angostura y Choros Bajos existen pequeños tramos alimentados por vertientes con escurrimientos del orden de decenas de litros por segundo. La llamada Angostura es una estricción rocosa, labrada en un afloramiento superficial de la roca fundamental mesozoica que permite, durante algunos periodos, el alumbramiento de aguas subterráneas en este sector.

Desde el punto de vista fitogeográfico, la cuenca queda comprendida en la zona xeromórfica, en la que predomina una flora arbustiva xerófila.

Aparte de pequeños aprovechamientos de vertientes en las quebradas formativas de la Quebrada Los Choros, son los recursos subterráneos los más explotados. En efecto, estos se alumbran para las industrias extractivas mineras, como son los pozos de Choros Altos para el mineral El Tofo (actualmente agotado) y sus vecinos; para agua potable de las poblaciones de Incahuasi, Punta Colorada, Trapiche, La Higuera, Choros Bajos y Punta Choros; con fines agrícolas para riego de cítricos, alfalfa, maíz, olivos e higueras en distintos lugares de la cuenca como Choros Bajos y Trapiche.

C.8.2. Escorrentía superficial

En el área de influencia del proyecto no existen escurrimientos superficiales sostenidos en el tiempo a lo largo del cauce de ninguna de las quebradas. Sólo en algunos tramos de la quebrada Puquíos, fuera del área de influencia, ocurren afloramientos del escurrimiento subterráneo. Estos afloramientos también tienen lugar especialmente en la parte alta de la cuenca, sector denominado Junta Chincoles y en la parte media-baja de la confluencia de Choros Altos con la Quebrada principal de Los Choros.

La DGA no posee control fluviométrico en la Quebrada, los únicos registros que existen corresponden a aforos aislados en los sectores mencionados anteriormente realizados en marzo del 2004 con caudales que varían entre los 15 y los 30 l/s (ver Figura 5.27). Se cuenta con información de aforos para los períodos entre octubre 1999 y noviembre 2000, con caudales que varían entre los 13 y los 28 l/s en el sector de Junta Chincoles, presentados en la Tabla 5-39.

Tabla 5- 39. Caudales aforados en afloramiento Junta de Chincoles

Fecha	Caudal (L/s)
29 oct 1999	28
07 ene 2000	17
23 mar 2000	26
05 may 2000	16
07 jul 2000	27
11 nov 2000	13

Fuente: Solicitud de aprovechamiento subterráneo expediente ND-0401-390

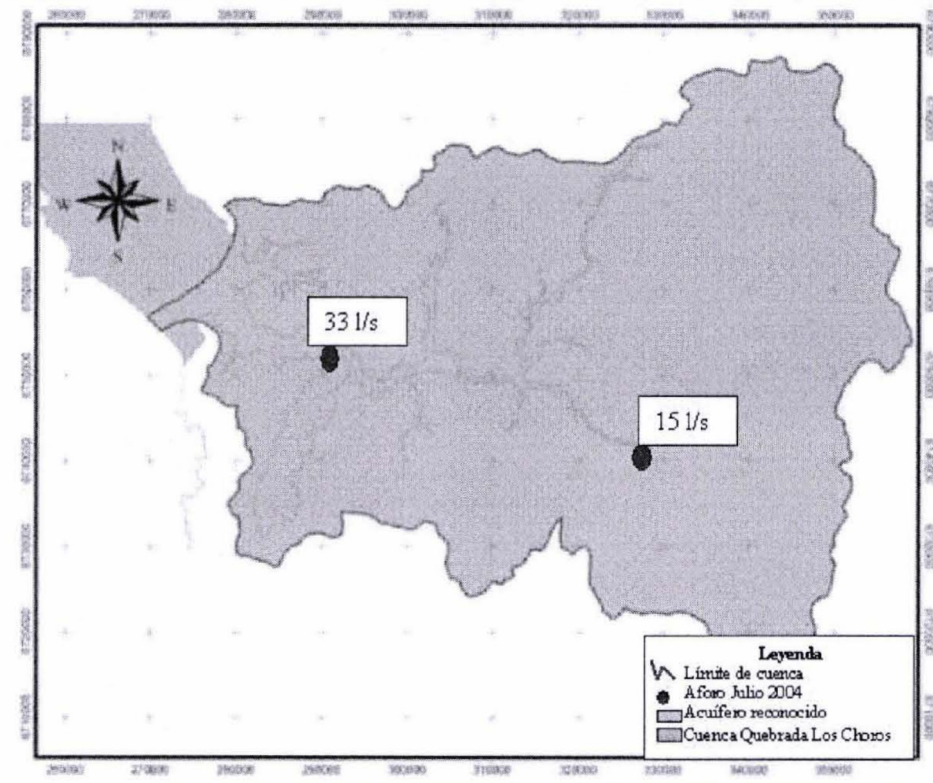
Estos valores si bien permitirán tener un rango de validación para los caudales en el modelo de flujo, resultan ser insuficientes para poder caracterizar la cuenca en términos de valores medios mensuales.

En general en las quebradas que flanquean el yacimiento Los Coloraditos y Puquíos no se observan signos de escurrimiento importantes, solo en la quebrada Los Coloraditos existen evidencias de pequeñas corrientes de barro y marcas de antiguos niveles de agua.

0091
ATV

Además en la base de la quebrada Coloraditos, específicamente en el sector norte se reconocen aguas aflorantes, posiblemente corresponden a pequeñas zonas de aguas surgentes.

Figura 5- 27 Aforos en afloramientos de Quebrada Los Choros. (Julio, 2004)



La campaña de terreno de Marzo de 2004 constató la existencia de afloramientos en Junta de Chingoles y en el sector de confluencia entre las Quebradas La Higuera y Los Choros. En Julio de 2004 se aforaron estos afloramientos, obteniéndose flujos de 15 L/s en Junta de Chingoles (coord. UTM: 6.752.734 N; 290.768 E) y de 33 L/s un poco más abajo de la confluencia de las quebradas La Higuera y Los Choros (coord. UTM: 6.741.322 N; 327.822 E). Los puntos aforados se indican en la Figura 5.27.

C.8.3. Recarga por percolación desde el escurrimiento superficial

La recarga que alimenta el nivel freático en la Quebrada de Los Choros proviene de varias fuentes, por ejemplo, la infiltración de las precipitaciones que caen directamente sobre el relleno sedimentario, las percolaciones producto del riego y las filtraciones desde el sistema de agua potable. Sin embargo, ninguna de ellas es tan importante como la recarga debida a la infiltración y percolación del escurrimiento superficial producido durante los eventos de lluvia.

Debido al predominio de formaciones impermeables en gran parte de la cuenca, en especial en su sector alto, donde se producen las mayores precipitaciones y las pendientes son más

fuertes, el agua precipitada escurre superficialmente hasta alcanzar el relleno sedimentario donde, una vez saturada la superficie, se produce escurrimiento superficial que más tarde puede infiltrar en su trayecto hacia aguas abajo e incluso, en las grandes tormentas, puede alcanzar superficialmente el mar.

C.8.3. Extracciones de agua superficial y subterránea en el área de estudio

La información oficial más completa y reciente disponible acerca de los usos y extracciones de aguas en la cuenca corresponde al estudio denominado “Modelación hidrogeológica en Quebrada Los Choros Comuna La Higuera IV Región” (Informe Final SIT N° 106, Febrero 2005). Este estudio, desarrollado por la Universidad de Concepción por encargo de la Dirección Regional de Aguas, incorpora esta información en su Capítulo 2: “Antecedentes Generales de la cuenca de la Quebrada de Los Choros”.

Según el citado estudio, “las extracciones del recurso hídrico en la cuenca de la Quebrada Los Choros, con fines de satisfacer las necesidades de alguna actividad económica en particular, ocurren únicamente como explotación de aguas subterráneas mediante pozos o norias. No existe infraestructura alguna para el riego superficial (canales ni embalses). Como ya se ha dicho, no se tienen escurrimientos superficiales sostenidos en el tiempo a lo largo del cauce de la quebrada, sólo algunos tramos en los que ocurren alumbramientos del escurrimiento subterráneo, los rápidamente infiltran” (Ver punto 2.5: “Explotación de los recursos hídricos”, página 118).

En su Anexo 2.8: “Solicitudes de derechos de aguas subterráneas cuenca Quebrada Los Choros”, el estudio proporciona las solicitudes de aprovechamiento de aguas subterráneas y los caudales otorgados.

Del análisis de esta información es posible apreciar que, hasta el año 2003 se habían otorgado derechos de aprovechamiento por un total de 1.601,87 l/s. De acuerdo al conocimiento del Titular, esta situación actualmente se mantiene, estando pendientes las solicitudes efectuadas con posterioridad al año 2003.

En base a esta información, los tipos de usos del agua en la cuenca son los siguientes: agua potable, industrial, minería y riego. Las extracciones autorizadas y sus porcentajes relativos respecto del total de extracciones autorizadas se detallan a continuación en la Tabla 1 y en la Figura 1 respectivamente.

Tabla 5.40. Quebrada Los Choros, derechos de aprovechamiento subterráneo constituidos

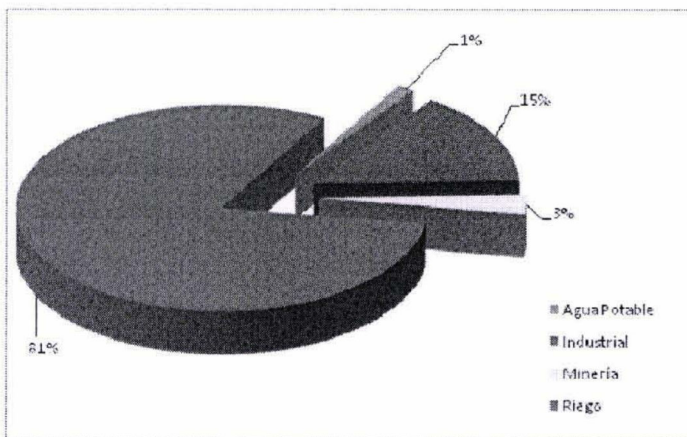
Uso	Caudal otorgado
Agua Potable	21,53
Industrial	235,93
Minería	47,41
Riego	1.297

0092
AV

Total general	1.601,87
---------------	----------

Fuente: DGA, "Modelación hidrogeológica en Quebrada Los Choros Comuna La Higuera IV Región", Informe Final SIT N° 106, Febrero 2005.

Figura 5.27. Quebrada Los Choros, derechos de aprovechamiento subterráneo constituidos.



El detalle de extracciones autorizadas se incluye en el Anexo 6, en base a la información incluida en el Anexo 2.8 del informe "Modelación hidrogeológica en Quebrada Los Choros Comuna La Higuera IV Región" (Informe Final SIT N° 106, Febrero 2005).

C.9 Calidad de agua

Para el estudio se consideraron las aguas subterráneas y de afloramiento, dada la ausencia de escorrentías superficiales en el periodo de muestreo. Los puntos muestreados se ubican en las principales cuencas relacionadas, en zonas sobre y bajo la ubicación del proyecto.

C.9.1. Antecedentes

Para fines del presente informe, en el muestreo de aguas se consideraron las Quebradas Breas, Coloradito, Puquíos, Los Chacras (Sector Los Pajaritos) y Los Choros.

Los antecedentes oficiales existentes para el sector, no consideran caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua, sino más bien cuantificación de los recursos hídricos:

- Modelo de Simulación Quebrada Los Choros. Departamento de Estudios y Planificación de los Recursos Hídricos. Informe Técnico S.I.T. N°96. Septiembre 2004. [Ref.2]. En dicho estudio se realiza una evaluación de los recursos hídricos en la Quebrada Los Choros, en términos del efecto de explotación del acuífero y del caudal sustentable máximo admisible. Contiene antecedentes hidrológicos, hidrogeológicos y geológicos de la cuenca.
- Determinación de la disponibilidad de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en la Quebrada Los Choros. IV Región. Informe Técnico departamento de Administración de Recursos Hídricos. S.D.T N°184. Noviembre 2004. [Ref.3]. El objeto es evaluar los recursos hídricos subterráneos del acuífero de la Quebrada Los Choros y determinar la factibilidad de constituir derechos de aprovechamiento de agua subterránea. Esto para establecer cual es el comportamiento frente distintos niveles de extracción, en el marco de una explotación sustentable. Utiliza como base la referencia 2.
- Área de restricción acuífero Quebrada Los Choros. Sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común de Choros Altos, Punta Colorada y Tres Cruces. Ministerio de Obras Públicas. Informe Técnico N° 170. 2005. [Ref.4]. Este documento contiene un análisis de la situación de los sectores del acuífero de la Quebrada Los Choros, para demostrar si procede declarar Área de Restricción dichos sectores por parte de la DGA. Y de esta manera cautelar una grave disminución del acuífero frente a su explotación. Utiliza como base las Referencias 2 y 3.

0098

C.9.2. Metodología

C.9.2.1. Muestreo

Debido a las características de la zona, el aporte superficial se encuentra comprometido en los usos actuales. Es decir, están agotados para la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento consuntivos de aguas superficiales [3]. Por esta razón, el interés actual se ha dirigido al recurso subterráneo.

Sumado a esto, no se observan escorrentías superficiales en el período de estudio. Por lo tanto, se procede a establecer estaciones de muestreo de aguas subterráneas tanto en pozos como en puntos de afloramiento natural.

De acuerdo a los criterios definidos en Ref. [4], y su delimitación de los sectores hidrogeológicos el sector acuífero involucrado corresponde al identificado como Tres Cruces (SO5) el cual posee un área de 2688 km². En las zonas de Tres cruces las características hidrogeológicas indican que la formación se presenta como un solo acuífero libre [2,3].

Considerando las áreas de influencia directa e indirecta definidas para el presente proyecto [5], y dado que no existe información histórica relativa a la caracterización ni de las aguas subterráneas, ni de las superficiales, el criterio de determinación de estaciones es cubrir lo mejor posible el sistema de cuencas tanto en las zonas arriba como en las zonas abajo cercanas del proyecto. Esto, por cuanto la casi exclusiva recarga de los acuíferos proviene de las percolaciones producto de las precipitaciones [2].

La identificación geo-referenciada de las estaciones de muestreo se entrega en la Tabla 5-40. La secuencia de estaciones se establece de mayor a menor altitud.

Tabla 5- 40. Estaciones de muestreo de agua (Datum 56. Coordenadas UTM)

Estación	Tipo	Quebrada	Latitud	Longitud	Altitud [m]
Choros 1	Afloramiento	Breas	N 6739422	E 340565	1857
Coloradito	Afloramiento	Coloradito	N 6742555	E 334398	1420
Pajaritos	Pozo	Los Chacras	N 6739926	E 328661	1109
Martina	Pozo	Los Choros	N 6741015	E 331078	1127
Choros 2	Afloramiento	Los Choros	N 6741359	E 327846	981

C.9.2.2. Parámetros

Los parámetros fisicoquímicos medidos corresponden al análisis completo que establece la Norma Chilena de agua con calidad para riego NCh 1.333/78.

Como parámetros microbiológicos se determinan coliformes fecales. Los resultados obtenidos y su interpretación se entregan en la sección resultados del presente informe.

C.9.3. Resultados

Las muestras fueron tomadas en Marzo de 2007, siendo enviadas para su análisis al Laboratorio Aguas del Valle, el cual se encuentra bajo acreditación del INN Norma Chilena ISO 17.025

En la Tabla 5.41 se entrega el resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados. La columna final contiene el requerimiento que establece la NCh 1.333, calidad de agua para riego.

C.9.3.1. Quebrada Breas

La calidad de agua subterránea de esta quebrada es representada por la estación Choros 1.

El pH corresponde a un agua levemente basificada, pero dentro de los rangos. La conductividad medida la clasifica como agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles, encontrándose en el límite superior. Esto es coherente con el parámetro sólidos disueltos totales. Dicho valor medido clasifica esta agua con potencial efectos adversos en muchos cultivos y necesita de manejo cuidadoso, pero en el límite inferior. Por lo tanto esta agua se encuentra en una zona de interfase entre estas dos clasificaciones.

Los parámetros sulfatos, molibdeno y % sodio se encuentran sobre la norma. Los parámetros fluoruro, cloruro y boro están bajo de la norma, pero tienden a ser de los mas altos entre las cinco estaciones. Los coliformes fecales cumplen con la norma.

C.9.3.2. Quebrada Coloradito

Esta quebrada está representada por la calidad de agua de la estación Coloradito.

El pH es ligeramente básico y dentro de la norma. La conductividad eléctrica y los sólidos disueltos del agua indican que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles. Manganeso, molibdeno y % sodio se encuentran sobre la norma. Los parámetros cloruros, fluoruros, aluminio, boro y plata están bajo norma, pero se ubican entre los mas altos de las cinco estaciones. De todas las estaciones es la que presenta mayor valor en los coliformes fecales, pero bajo la norma.

0094
AV

C.9.3.3. Quebrada Los Chacras

En esta quebrada, la calidad del agua subterránea está referenciada por la estación Pajaritos.

El pH está dentro de la norma, siendo neutro. La conductividad eléctrica y los sólidos disueltos clasifican al agua con eventuales efectos perjudiciales en cultivos sensibles. El molibdeno y porcentaje de sodio se encuentran sobre la norma. El parámetro sulfato se presenta cercano a la norma, sin sobrepasarla. El parámetro coliformes fecales cumple claramente con la norma.

Tabla 5- 41. Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Parametros	Unidad	Choros 1	Coloradito	Pajaritos	Martina	Choros 2	Nch 1333
Arsenico	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.1
Cadmio	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Cianuro	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.2
Cloruros	mg/L	102	117	37	66	56	200
Cobre	mg/L	<0.02	0.06	<0.02	<0.02	<0.02	0.2
Cond. Elec.	uS/cm	1438	1306	921	994	997	clasificación
Cromo Total	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.1
Floruro	mg/L	0.75	0.8	0.29	0.42	0.45	1
Hierro	mg/L	<0.1	2.9	<0.1	<0.1	<0.1	5
Manganeso	mg/L	<0.05	0.51	<0.05	<0.05	<0.05	0.2
Niquel	mg/L	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2
pH		8	8	7.1	7.5	7.5	5.5-9
Plomo	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	5
Solidos disueltos totales	mg/L	1040	812	688	736	756	clasificación
Sulfatos	mg/L	318	131	232	242	231	250
Zinc	mg/L	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	2
Aluminio	mg/L	<0.01	0.27	<0.01	0.09	0.04	5
Bario	mg/L	0.01	0.05	0.02	0.03	0.02	4
Berilio	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.1
Boro	mg/L	0.349	0.445	0.172	0.227	0.222	0.75
cobalto	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.05
Litio	mg/L	0.044	0.025	0.008	0.014	0.014	2.5
Mercurio Total	mg/L	<0.0005	0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.001
Molibdeno	mg/L	0.048	0.025	0.024	0.016	0.023	0.01
Plata	mg/L	<0.002	0.02	<0.002	<0.002	<0.002	0.2
% Sodio	%Na	42.6	59.8	40.9	48.7	43.6	35
Calcio	mg/L	20.1	34.7	15.1	15.8	15.9	
Magnesio	mg/L	42.6	59.8	40.9	48.7	43.6	
Sodio	mg/L	100	148	44.4	63.5	59.1	
Potasio	mg/L	4.26	5.83	3.54	3.95	4.35	
Selenio Total	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.02
Vanadio	mg/L	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	0.1
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<2.0 E 00	3.0 E+02	<2.0 E 00	<2.0 E 00	3.0 E + 01	1000

C.9.3.4. Quebrada Los Choros

Las estaciones involucradas son las denominadas Martina y Choros 2. Las características del agua en estas estaciones son similares en todos los parámetros medidos.

Se observa un pH prácticamente neutro, con baja basificación.

La conductividad y los sólidos suspendidos clasifican a la muestra como agua que puede tener efectos superficiales en cultivos sensibles.

Los parámetros Molibdeno y porcentaje de sodio presentan valores sobre la norma de riego.

El valor medido en sulfato se encuentra cercano a la norma, sin sobrepasarla.

Los coliformes fecales de la muestra están bastante por debajo del límite establecido.

C.9.4. Consolidado

Todas las estaciones presentan valores de Molibdeno y sodio fuera de norma, lo que podría considerarse característica representativa del acuífero. El valor de sodio es entre 5 y 10 veces mayor a lo esperado en ríos (9 mg/lit). El origen de esto podría estar en procesos geoquímicos e hidrológicos, existentes en el área de estudio.

El alto valor de conductividad medido (900 a 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$), generalmente está asociado a un agua muy dura. El valor de calcio en aguas dulces duras está en el rango de 25 mg/lit, con porcentaje de sodio normal en el orden de 16%. Dado el alto porcentaje de sodio medido en todas las estaciones (40 a 60%) indicaría que si bien por el contenido de calcio, el agua presentaría características de dureza no necesariamente sería tan alta, por cuanto la alta conductividad medida no se debe solo al calcio y magnesio sino también al sodio.

Adicionalmente, en un agua de montaña, en general se espera obtener conductividades del orden solo de 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esto también podría explicarse por la alta cantidad de sodio. El pH medido en las estaciones fluctúa entre 7.1 y 8, sin que se observe acidificación por drenaje ácido.

La estación Coloradito es la que presenta mayores valores en los parámetros Manganeseo, hierro y cobre, coincidiendo con ser la más cercana a la zona del proyecto. De estos parámetros el manganeseo se encuentra sobre la norma.

Las estaciones Pajaritos, Martina y Choros 2 son similares en todos los parámetros medidos, representando la calidad de las aguas en la zona cercana bajo el proyecto.

Las características del acuífero sobre la zona del proyecto son representadas por la estación Choros1 caracterizándose por una alta cantidad de sulfato, sobre norma.