

5.5 RECURSOS HÍDRICOS

5.5.1 Objetivos

El objetivo del presente capítulo es caracterizar en forma general la hidrografía, hidrología e hidrogeología del área donde se emplazará el proyecto, “Planta Desalinizadora Minera Candelaria”, en cuanto al tipo de cuencas, régimen hidrológico y características hidrogeológicas de acuerdo a una escala regional.

5.5.2 Metodología de Trabajo

La metodología de análisis consistió principalmente en la revisión bibliografía de la Dirección General de Aguas (DGA) y de proyectos ingresados anteriormente al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Por otro lado, se utilizaron cartas IGM (Escala 1: 50.000) e imágenes Google Earth, las cuales fueron complementadas con bibliografía y observaciones efectuadas en campañas de terreno. Gracias a ello, se delimitaron los sistemas hidrográficos a escala regional; estableciendo el contexto macro del Área de Influencia.

La delimitación espacial de las cuencas, así como su descripción, se basó en los siguientes antecedentes:

- *Cartografía escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM), Cartas Caldera, Puerto Viejo, Sierra Monardes y Copiapó.*

5.5.3 Resultados

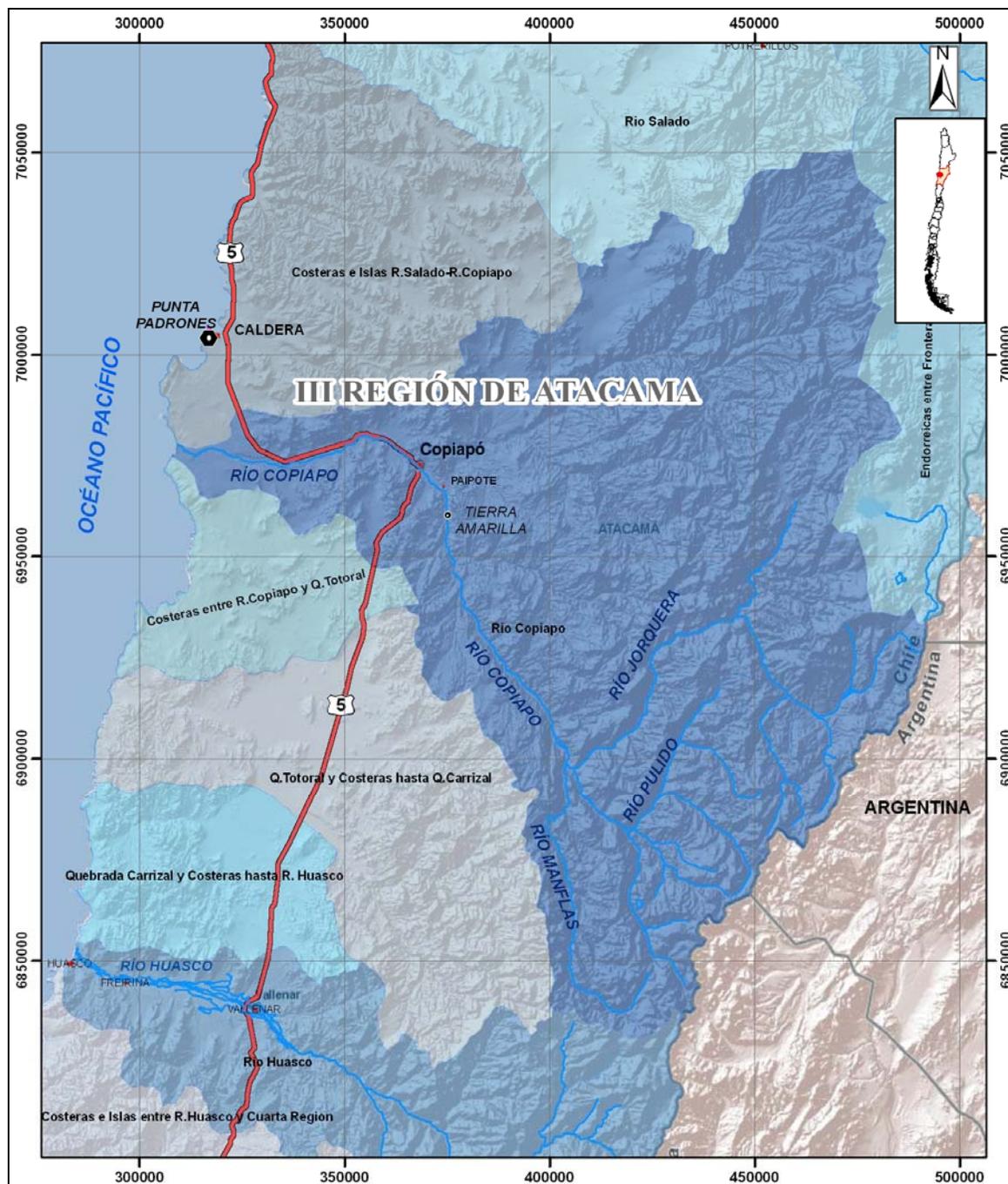
5.5.3.1 Hidrografía

El Proyecto Planta Desalinizadora se emplaza en la parte baja del valle Copiapó, III Región de Atacama, donde los recursos hídricos superficiales son influenciados principalmente por el río Copiapó.

El río Copiapó posee una hoya hidrográfica de 18.400 km² y una longitud de 162 km. Se forma en La Junta, a 1.230 m s.n.m, a partir de la confluencia de sus dos tributarios más importantes, Río Jorquera, que viene del norte, cuya superficie alcanza aproximadamente 4.185 km² y la cuenca del río Pulido, que viene del sureste, con alrededor de 2000 km². Aguas abajo de La Junta se agrega el río Manflas. Prácticamente estos ríos son los únicos que aportan caudales superficiales, lo que implica que sólo aproximadamente un tercio de la hoya hidrográfica es activa.

De acuerdo con la **Figura 5.5-1**, en la Región de Atacama se han definido 13 sistemas de cuencas, cuya condición de drenaje es exorreica a excepción de la cuenca correspondiente a Salar de la Isla –Salar de Maricunga donde es endorreica.

Figura 5.5-1
Cuencas Región de Atacama



Fuente: Arcadis 2010

En la **Tabla 5.5-1** se presentan las cuencas presentes en el Área de Influencia de este Proyecto.

Tabla 5.5-1
Listado de Cuencas o Sistemas de Cuencas Hidrográficas Presentes en el Área de Influencia

Cuencas o Sistema de Cuencas	Condición de Drenaje	Origen del Drenaje	Régimen de Alimentación
Río Salado – Río Copiapó	Exorreica	Cordillera de la Costa	Pluvial
Río Copiapó	Exorreica	Andino	Pluvio Nival

Fuente: CONAF 2007

La tabla anterior muestra que en la cuenca Río Salado-Río Copiapó la condición de drenaje es exorreica siendo su origen en la cordillera de la Costa con un régimen de alimentación pluvial, en cambio para la cuenca del Río Copiapó también es exorreica pero el origen es la cordillera de los Andes, con un régimen mixto.

Por otro lado, de acuerdo a la descripción hidrográfica del Área de Influencia, se puede señalar que el sector del Acueducto y de la Línea Eléctrica se emplazan desde la cuenca Costera-Salado-Copiapó hacia la cuenca del río Copiapó, en particular en la subcuenca baja del Copiapó.

La hidrografía del Acueducto y de la Línea Eléctrica se caracteriza por presentar una valle desértico con nula vegetación, donde sólo se identifican huellas de escurrimientos superficiales intermitentes y el cauce del río Copiapó, el cual se encuentra sobre formaciones geológicas constituidas por depósitos no consolidados y rellenos de depósitos fluviales; gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación. Los alrededores de los cauces presentan una amplia variedad de formaciones geológicas.

5.5.3.2 Hidrología

La Región de Atacama se caracteriza por un clima semiárido y por la presencia de desiertos. Ambos trazados se emplazarán en un clima desértico litoral donde la principal característica es la abundante nubosidad matinal. En la cuenca, dicho clima se localiza a lo largo de toda la franja costera, penetrando al interior del valle de Copiapó. Las precipitaciones aumentan hacia el Sur, alcanzando 18 mm anuales, mientras las temperaturas anuales promedian 16,1°C, con humedad relativa de 74%.

De acuerdo a la información del “Diagnostico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad”, para la cuenca del río Copiapó de la DGA (2004), se puede establecer que para el área de influencia, la estación fluviométrica mas cercana corresponde la estación DGA Río Copiapó, la cual se encuentra en el Río Copiapó, en la ciudad homónima, aguas abajo de la junta con la quebrada de Paipote.

En general, el régimen del río Copiapó es mixto, ya que se puede apreciar una superposición de distintos regímenes.

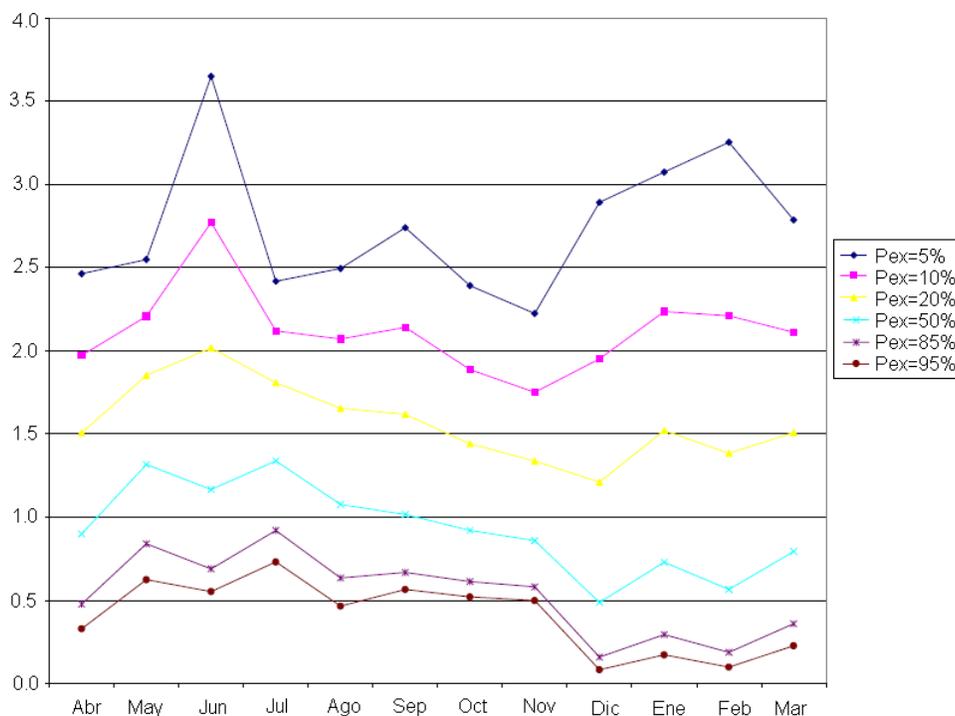
En la cuenca del río Copiapó, en un año normal puede distinguirse una estación seca, con casi ausencia total de precipitaciones, que dura desde octubre a marzo; y una estación húmeda con precipitaciones que ocurren desde abril a septiembre. Durante el invierno, el desplazamiento del Anticiclón del Pacífico Sur hacia el norte, permite la llegada esporádica de centros migratorios de bajas presiones que son capaces de aportar precipitaciones. Éstas resultan bastante escasas alcanzando promedios de 19,6 mm/año en Copiapó (380 m.s.n.m.). Sin embargo gracias al efecto orográfico de la cordillera de los Andes las precipitaciones pueden aumentar al doble o más (Garreteaud et al., 2007) por ejemplo alcanzando 46 mm/año en la estación Jorquera (a 1.800 m.s.n.m).

Más hacia el este, en el sector cordillerano, la altura permite la precipitación en forma de nieve. Esta precipitación ocurre tanto por los frentes migratorios que proviene del sur oeste como en verano por la influencia aunque en menor escala de lluvias convectivas asociadas al "invierno Altiplánico". Las estadísticas muestran precipitaciones superiores a lo normal cuando las condiciones de temperatura del mar en el Pacífico se asocian a la presencia del Niño, como ocurrió en los años 1982, 1987, 1992 y 1997. Las precipitaciones en la cuenca del Río Copiapó son registradas por 8 estaciones meteorológicas que miden precipitación pluvial y una que registra precipitación nival las que son administradas por la DGA y de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC).

a) Estación Fluviométrica Copiapó

En años muy húmedos los caudales permanecen bastante uniformes a lo largo del año, sin embargo los mayores caudales se presentan en junio y entre diciembre y febrero, producto de aportes pluviales y nivales, respectivamente. La curva de variación estacional se indica en la **Gráfico 5.5-1**.

Gráfico 5.5-1
Curva de Variación Estacional Estación Río Copiapó en Ciudad de Copiapó



Fuente: Arcadis 2010

En años normales y secos los caudales se mantienen prácticamente constantes entre abril y noviembre. Luego se advierten severos estiajes en los meses de verano, entre diciembre y marzo, con valores que no superan los 400 l/s, producto del uso del agua para la agricultura.

Para la subcuenca baja del Copiapó, se muestra un régimen mixto, con importantes caudales en invierno y verano en años muy húmedos. Sin embargo, en años normales y secos la influencia nival disminuye notablemente producto del uso de agua para el riego de zonas agrícolas emplazadas en las laderas del río, de manera que se presentan los menores caudales en ese período, entre diciembre y febrero.

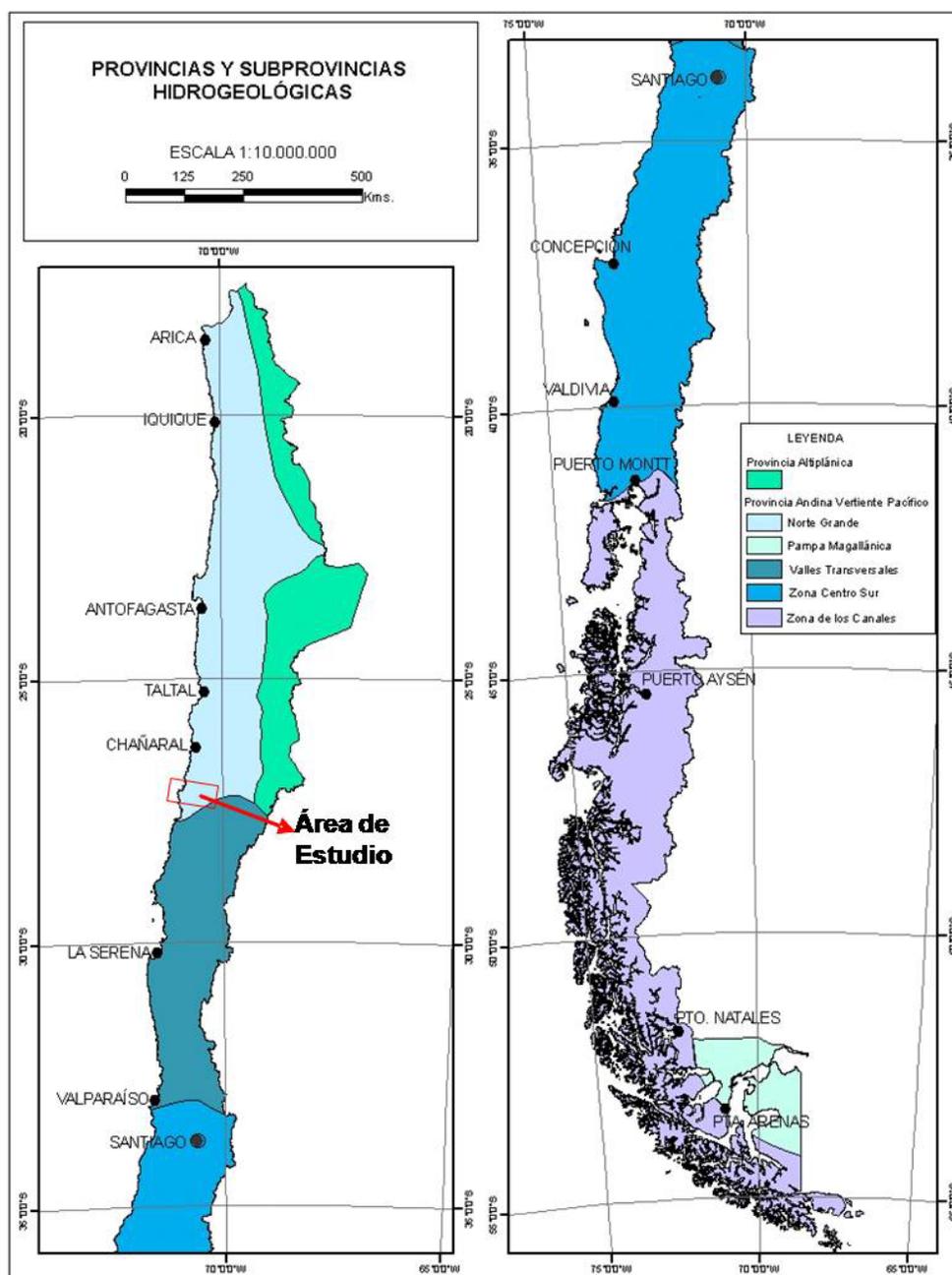
En el caso del Acueducto, el trazado se extiende por el valle desde el sector de bodegas, Ruta C-424 único punto donde atraviesa el Río Copiapó, hasta la Planta Desalinizadora en Caldera.

Finalmente, el trazado de la Línea Eléctrica sólo atraviesa el Río Copiapó en el sector de Barranquillas, cruce de la Ruta 5 y Ruta C-370, donde se interna en el valle por aproximadamente 10 km desde donde vira en dirección noreste y posteriormente norte, en dirección hacia Caldera.

5.5.3.3 Hidrogeología

Siguiendo la división hidrogeológica, en el territorio nacional se puede distinguir 3 provincias hidrogeológicas: altiplánica, andina vertiente pacífico y cuencas costeras, las que se indican en la **Figura 5.5-2**.

Figura 5.5-2
Provincias y Sub-Provincias Hidrogeológicas



Fuente: Universidad de Chile, 2005.

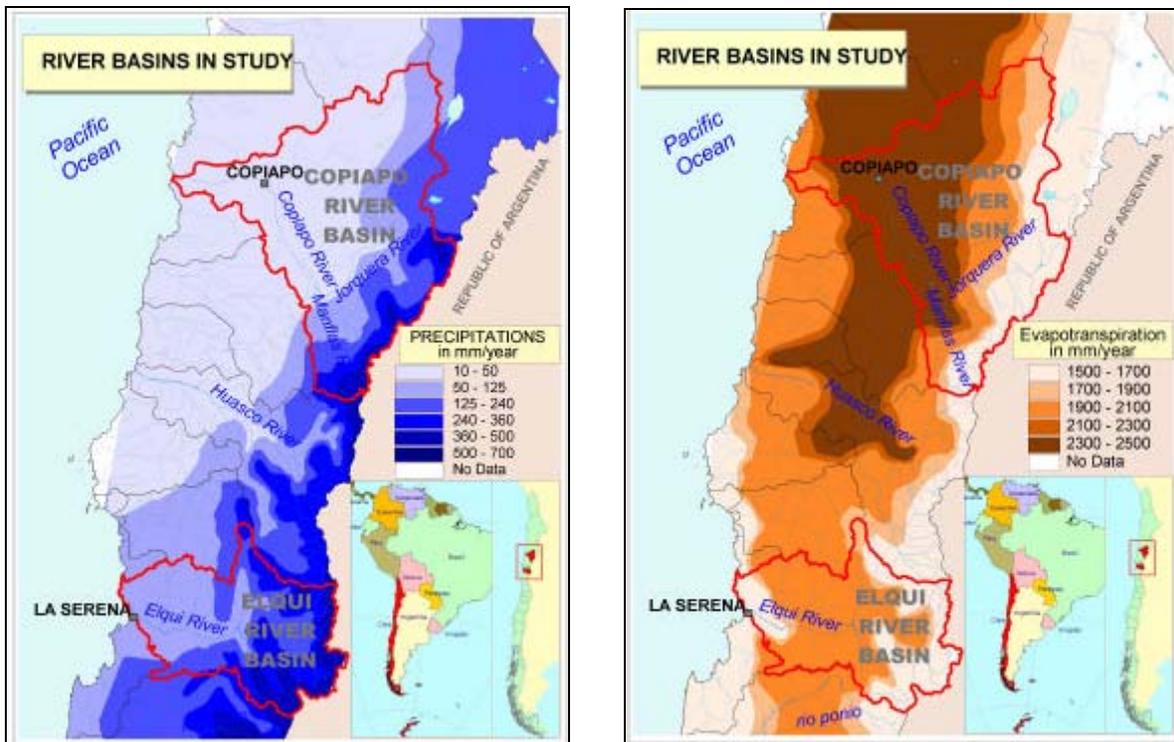
El Acueducto como el Tendido Eléctrico se emplazarán desde el sector de Caldera a Copiapó corresponde a la categoría de la Provincia Andina Vertiente Pacífico del Norte Grande, que incluye acuíferos formados por rellenos cuaternarios adyacentes a los escasos cauces superficiales de la zona.

Ambos trazados se emplazan en el acuífero del valle del río Copiapó, el cual está constituido casi en su totalidad de zonas áridas y montañas de desierto. La orografía es una meseta discontinua con una inclinación suave a partir de la Cordillera de los Andes hasta el Océano Pacífico.

A nivel regional, la cuenca hidrográfica del Río Copiapó, se extiende desde la latitud 26°43' por el norte, hasta la latitud 28°34' por el sur. En el sector alto, destaca la existencia de permeabilidad muy baja debido a la existencia de rocas volcánicas, sedimentario – volcánicas y plutónicas e hipabisales.

Esta cuenca presenta escasas lluvias y un alto nivel de evaporación (**Ver Figura 5.5-3**). Los espesores del acuífero varían de 40 a más de 500 metros, y su comportamiento está determinado principalmente por los recursos superficiales disponibles, especialmente para los flujos superficiales del río Copiapó y sus afluentes, y además el nivel extracción (pozos) actual de la cuenca.

Figura 5.5-3
Precipitación y Evaporación Promedio Anual Cuenca Río Copiapó



Fuente: Gangas A., 2007.

Las modelaciones realizadas en la Cuenca hidrogeológica del Valle del Copiapó indican que las permeabilidades varían entre 1 a 70 m/día y el coeficiente de almacenamiento en acuíferos libres tiene un rango de 0.008 a 0.15 (Gangas, 2007).

Según DGA (2004) el valle del Río Copiapó está relleno de depósitos aluviales detríticos, permeables que se acumularon sobre una roca basal impermeable. Los sedimentos acumulados en el valle se disponen según distintas formas que tienen relación con su origen: Sedimentos aluviales. Corresponden a aquellos depositados en el fondo de los valles por la propia acción del río. Están compuestos por diferentes elementos, desde bolones grandes y pequeños, en las partes más altas, hasta limos y arcillas depositados en el sector de la desembocadura. Llanuras aluviales. Estas están formadas por sedimentos depositados en valles tributarios, con baja pendiente y gran extensión. A diferencia del caso anterior los elementos que la constituyen son más regulares en forma y tamaño, presentando bolones y arcillas.

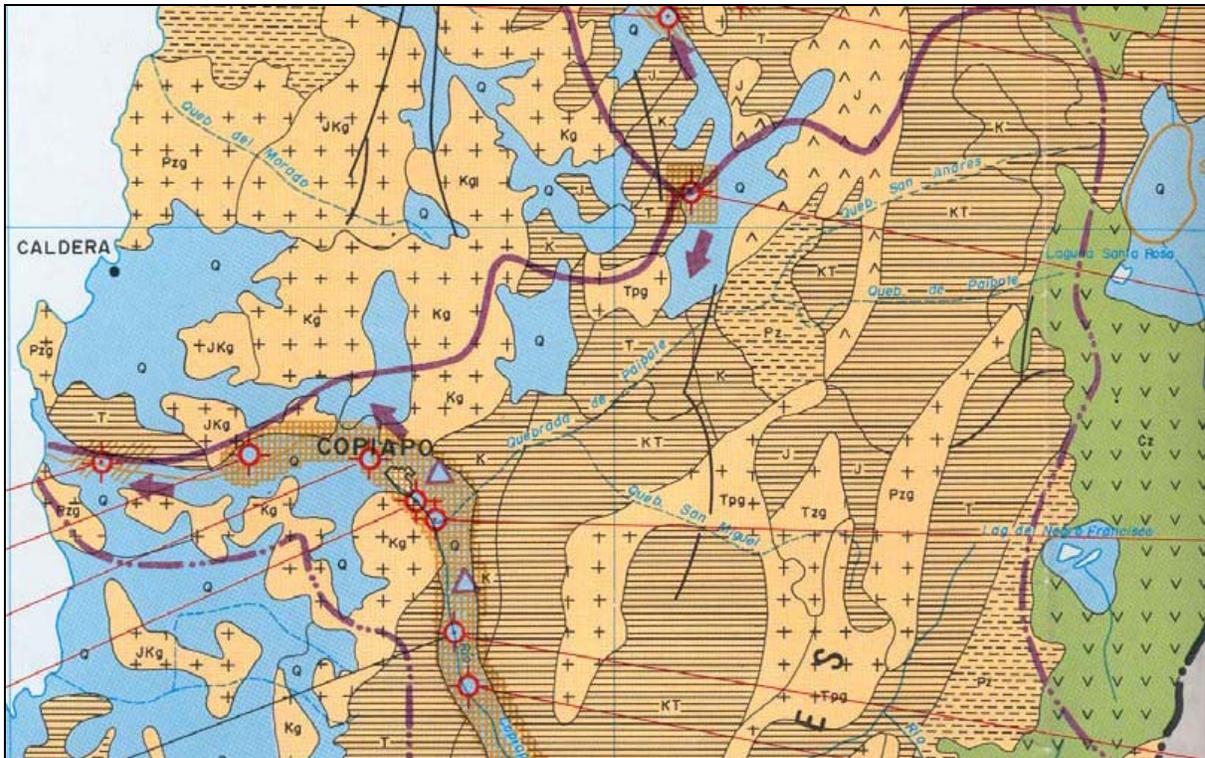
Destacan claramente dos tipos de escurrimientos: uno en dirección SSW que corre paralelo a la quebrada de Paipote por un lecho de rocas del período terciario sedimentario volcánico y cretácico mixto sedimentario y volcánico de muy baja permeabilidad hasta su confluencia con el río Copiapó.

El otro acuífero se origina de la confluencia de las aguas subterráneas desde los ríos Manflas a Jorquera que se unen en el sector de Embalse Lautaro. El lecho por el cual escurre las aguas subterráneas son principalmente de rocas plutónicas del paleozoico plutónico y jurásicas sedimentario – volcánicas. A partir del sector Embalse Lautaro, escurre paralelo al río Copiapó en dirección NNW hasta la altura de Copiapó con profundidades freáticas que varían de los 53 a 11 m (Copiapó). Esta zona se destaca por tener un intenso uso para riego.

A partir de Copiapó hasta Caldera, el curso cambia de dirección NNW a W con profundidades de 16 a 0,7 m en la desembocadura, las aguas subterráneas escurren por depósitos no consolidados, relleno del período cuaternario de alta permeabilidad y volcano - sedimentarias del período terciario.

En la **Figura 5.5-4**, obtenida desde el Mapa Hidrogeológico de Chile de la DGA se representa las características hidrogeológicas generales de la cuenca hidrográfica del río Copiapó.

Figura 5.5-4
Características Hidrogeológicas de la Cuenca del Río Copiapó



Fuente: Dirección General de Aguas DGA.

5.5.4 Conclusiones

De acuerdo a los antecedentes descritos anteriormente, podemos decir que:

Los trazados del Acueducto y Línea Eléctrica recorren desde la Ciudad de Copiapó y Sub estación Cardones respectivamente a través de las cuencas del Río Copiapó y Salado Copiapo.

Ambos trazados se emplazan desde el sector de Caldera a Copiapó en lo que corresponde según la división hidrogeológica de Chile a la categoría de la Provincia Andina Vertiente Pacífico del Norte Grande, que incluye acuíferos formados por rellenos cuaternarios adyacentes a los escasos cauces superficiales de la zona.

Finalmente, los trazados, en especial el Acueducto, se emplazan en el acuífero del valle del río Copiapó, el cual está constituido casi en su totalidad de zonas áridas y montañas de desierto, cuya orografía corresponde a una meseta discontinua con una inclinación suave a partir de la Cordillera de los Andes hasta el Océano Pacífico.

5.5.5 Referencias Bibliográficas

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), CADE-IDEPE. 2004., "Diagnostico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad, Cuenca del río Copiapó".

CONAF. 2007. Antecedentes Preliminares para Diagnóstico Regional sobre Desertificación y Sequía.

GANGAS A., 2007. *"Groundwater modeling and comprehensive modeling of the water resources in Chile, Cases of application in arid and semiarid regions"*

PÉREZ ET AL. 2008. Informe de Avance del Estudio Áreas de Relevancia Ambiental Vinculadas al Agua en La Cuenca del Río Copiapó. Universidad de Chile.