

## **PLAN DE GESTIÓN PARA LA CUENCA DEL RIO COPIAPO**



**ESTRATEGIA NACIONAL DE GESTIÓN INTEGRADA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**Secretaría Técnica CONAMA – DGA**

**Diciembre de 2009**

**PLAN DE GESTIÓN PARA LA CUENCA DEL RIO COPIAPO**  
**ESTRATEGIA NACIONAL DE GESTIÓN INTEGRADAS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**Equipo de Trabajo**

Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA

Dirección General de Aguas DGA

**Editores**

Ursula Partarrieu Rojas

Encargada Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas  
DGA Departamento de Estudios, Nivel Central

Álvaro Parra Valdivia

Encargado Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas  
CONAMA Región de Atacama

**Comité Editorial**

Carla Peña Gómez, Directora Regional CONAMA

Kattherine Ferrada F., Directora Regional DGA

Violeta Sepúlveda A., Coordinadora ENGICH  
Departamento de Estudios CONAMA

Pilar Valenzuela D., Departamento de Estudios CONAMA

Sofía Vergara, Departamento de Estudios CONAMA

**Comité Técnico Mesa del Agua Cuenca río Copiapó**

CORPROA, APECO, ARDP, DGA, CONAMA, MINAGRI, AGUAS CHAÑAR, GORE, MINERA  
CANDELARIA, JUNTA DE VIGILANCIA RÍO COPIAPÓ, COMUNIDAD DE AGUAS SUBTERRANEAS

## CONTENIDOS

ACRÓNIMOS .....	10
1. INTRODUCCIÓN .....	11
2. ANTECEDENTES .....	12
2.1 Descripción general de la cuenca .....	12
2.2 Reseña histórica de la cuenca .....	16
2.3 Socioeconomía .....	20
2.3.1 Características sociodemográficas .....	21
2.3.2 Distribución urbano – rural .....	22
2.3.3 Densidad .....	23
2.3.4 Tendencias de la población .....	24
2.3.5 Producto Interno Bruto .....	25
2.3.6 Ocupación de la población .....	27
2.3.7 Empresas .....	28
2.3.8 Agricultores .....	29
2.3.9 Cultivos .....	34
2.3.10 Riego .....	36
2.3.11 Eficiencia en el uso del agua .....	37
2.3.12 Conectividad .....	39
2.4 Actores con asociatividad vinculados al agua .....	41
2.5 Comunidades indígenas Colla .....	46
2.6 Delimitación de los cuerpos de agua .....	50
2.7 Recursos hídricos .....	53
2.7.1 Descripción hidrológica .....	53
2.7.2 Aguas superficiales .....	55
2.7.3 Aguas subterráneas .....	56
2.7.4 Balance hídrico .....	58
2.7.5 Calidad del agua .....	60
2.8 Usos y tenencia del agua .....	67
2.8.1 Aguas superficiales .....	67
2.8.2 Aguas subterráneas .....	69
2.9 Red de monitoreo .....	74
2.10 Áreas de relevancia ambiental .....	80
2.10.1 Áreas de relevancia ambiental vinculadas al agua en la cuenca del río Copiapó .....	88

2.10.2	Áreas silvestres con protección oficial .....	95
2.10.3	Estrategia regional para la conservación de la biodiversidad .....	96
2.10.4	Formaciones xerofíticas de alto valor ecológico .....	99
3.	DIAGNÓSTICO INTEGRADO.....	100
3.1	Unidad de gestión.....	100
3.1.1	Aguas superficiales.....	100
3.1.2	Aguas subterráneas.....	100
3.2	Identificación de presiones sobre el recurso hídrico.....	102
3.2.1	Extracción de agua superficial.....	102
3.2.2	Extracción de agua subterránea .....	102
3.2.3	Extracción ilegal de agua .....	103
3.2.4	Contaminación por fuentes puntuales .....	103
3.2.5	Contaminación por fuentes difusas .....	103
3.2.6	Canalización y conducción de las aguas.....	103
3.2.7	Regulación del flujo de agua.....	103
3.2.8	Extracción de áridos .....	104
3.2.9	Extracción de leña.....	104
3.3	Diagnóstico del estado del agua .....	105
3.3.1	Cantidad .....	106
3.3.2	Calidad .....	112
3.3.3	Morfología .....	117
3.3.4	Ecosistemas .....	119
3.3.5	Socioeconómicos.....	122
3.4	Diagnóstico integrado del estado del agua en la cuenca.....	124
3.5	Diagnóstico institucional .....	127
4.	PRONÓSTICO DEL ESTADO DE LA CUENCA .....	134
4.1	Proyección disponibilidad hídrica en el acuífero del río Copiapó.....	134
4.1.1	Escenario Base .....	134
4.1.2	Recuperación brusca .....	136
4.1.3	Mantención del acuífero .....	137
4.1.4	Recuperación del acuífero .....	138
4.2	Proyectos de inversión en la cuenca del río Copiapó.....	139
4.2.1	Proyecto Cerro Negro Norte.....	139
4.2.2	Proyecto Caserones .....	141
4.2.3	Proyecto Acueducto Chamonate – Candelaria .....	143

4.2.4	Proyecto Abastecimiento de Agua para la Minería del Valle de Copiapó .....	145
4.2.5	Proyecto Aldebarán - Cerro Casale .....	146
4.2.6	Proyecto Caspiche .....	147
4.2.7	Otros proyectos de inversión minera.....	147
5.	VISION DE LA CUENCA .....	151
6.	OBJETIVOS Y METAS .....	154
7.	PROGRAMA DE MEDIDAS .....	157
7.1	Conservación y restauración de ecosistemas asociados al agua .....	157
7.2	Prácticas productivas sustentables.....	158
7.3	Herramientas de gestión del recurso hídrico.....	159
7.4	Modificación del marco legal e institucional .....	160
7.5	Estrategias de eficiencia hídrica .....	162
7.6	Nuevas fuentes de recursos hídricos .....	162
7.7	Programas de desarrollo de infraestructura .....	163
7.8	Programa de educación .....	164
7.9	Estrategia de uso sustentable del agua para riego .....	166
7.10	Mesa del agua como ente administrativo y de consulta.....	167
7.11	Calidad del recurso hídrico .....	168
7.12	Uso patrimonial del recurso hídrico .....	168
7.13	Gestión eficiente del recurso hídrico.....	169
7.14	Monitoreo de Cuenca .....	170
8.	SEGUIMIENTO Y ACTUALIZACIÓN .....	171
9.	GLOSARIO .....	172
10.	ANEXOS .....	175

## TABLAS

Tabla 1. Población provincia de Copiapó .....	22
Tabla 2. Población Urbano - Rural Provincia de Copiapó.....	23
Tabla 3. Distribución de la Población por Comuna, Provincia de Copiapó .....	23
Tabla 4. Población total estimada 1990-2020, INE .....	24
Tabla 5. Promedio anual de crecimiento poblacional.....	25
Tabla 6. Fuerza de Trabajo y Tasa de Desocupación Promedio año 2008.....	28
Tabla 7. Caracterización de métodos de riego en la provincia de Copiapó.....	29
Tabla 8. Listado de Canal - Comunidad bajo la jurisdicción de la Junta de Vigilancia del río Copiapó y sus afluentes .....	30
Tabla 9. Superficie de cultivos en la provincia de Copiapó .....	34
Tabla 10. Superficie de las explotaciones agropecuarias por uso de suelo .....	35
Tabla 11. Eficiencia en el uso del recurso hídrico para regadío.....	37
Tabla 12. Población Colla en la región de Atacama.....	49
Tabla 13. Calidad del agua cuenca del río Copiapó (Niemeyer, 1980) .....	61
Tabla 14. Estaciones fluviométricas cuenca río Copiapó .....	74
Tabla 15. Estaciones sedimentométricas.....	75
Tabla 16. Estaciones de medición de niveles de aguas subterráneas .....	75
Tabla 17. Estaciones de calidad del agua .....	78
Tabla 18. Estaciones meteorológicas .....	78
Tabla 19. Extensión de las vegas en la cuenca del río Copiapó.....	86
Tabla 20. Sitios prioritarios para la conservación .....	97
Tabla 21. Clasificación de aguas en clases de calidad .....	113
Tabla 22. Calidad del agua del río Manflas, Pulido y Jorquera .....	115
Tabla 23. Calidad del agua del río Copiapó.....	115
Tabla 24. Diagnóstico del estado del agua en la cuenca del río Copiapó .....	126
Tabla 25. Proyectos de inversión minera.....	149

## FIGURAS

Figura 1. Mapa de la ciudad de Copiapó año 1744.....	17
Figura 2. Crecidas históricas del río Copiapó .....	19
Figura 7. PIB Región de Atacama.....	26
Figura 8. PIB Región de Atacama 1960 – 2005 .....	27
Figura 9. Porcentaje de desempleo ciudad de Copiapó y Vallenar 2007 – 2009 .....	28
Figura 10. Evolución de la superficie cultivada según grupos de cultivos. ....	36
Figura 11. Derechos consuntivos en litros por segundo.....	39
Figura 12. Extracción de agua fresca en litros por segundo .....	39
Figura 13. Actores identificados en el PTI hídrico. ....	45
Figura 15. Delimitación cuerpos de agua superficial .....	51
Figura 16. Delimitación cuerpos de agua subterráneos .....	52
Figura 17 . Precipitaciones medias mensuales estación Embalse Lautaro .....	53
Figura 18. Precipitación media anual, probabilidad excedencia 10%-85%. ....	54
Figura 19 . Clasificación estado de las precipitaciones .....	55
Figura 20. Caudales históricos río Copiapó .....	56
Figura 21. Caudales medios anuales probabilidad de excedencia 10%-85% .....	56
Figura 22. Efecto del caudal superficial en los niveles del acuífero aguas abajo estación Copiapó en La Puerta.....	57
Figura 23. Variación del volumen almacenado en el acuífero de Copiapó.....	58
Figura 24. Balance hídrico del acuífero de Copiapó.....	59
Figura 25. Derechos de agua otorgados por año y la suma total otorgada.....	67
Figura 26. Derechos de aprovechamiento superficiales .....	68
Figura 27. Caudal en derechos de aprovechamiento superficiales.....	68
Figura 28. Uso de los derechos de aprovechamiento superficiales .....	68
Figura 29. Acciones en los 9 distritos de riego del río Copiapó. ....	69
Figura 30. Acciones en ríos tributarios del río Copiapó.....	69
Figura 31. Caudal otorgado en derechos subterráneos.....	70
Figura 32. Derechos de aprovechamiento subterráneo otorgados.....	70
Figura 33. Usos de los derechos de aprovechamiento subterráneo .....	70
Figura 34. Usos de los derechos de aprovechamiento subterráneo .....	71
Figura 35. Usos de los derechos de aprovechamiento subterráneo .....	71
Figura 36. Hectáreas de riego por sector acuífero .....	71
Figura 37. Hectáreas regadas por fuente y por sector acuífero .....	72
Figura 38. Demanda de riego por sector acuífero.....	72

Figura 39. Demanda bruta de agua por sector acuífero y uso .....	72
Figura 40. Demanda máxima de agua por sector acuífero .....	73
Figura 41. Extracción de agua v/s beneficios económicos y degradación ambiental ...	73
Figura 42. Estaciones fluviométricas en la cuenca del río Copiapó .....	79
Figura 43. Estaciones sedimentométricas en la cuenca del río Copiapó .....	79
Figura 44. Estaciones de calidad del agua en la cuenca del río Copiapó.....	79
Figura 45. Estaciones meteorológicas en la cuenca del río Copiapó .....	79
Figura 46. Formaciones vegetacionales de la cuenca del río Copiapó .....	81
Figura 47. Pisos vegetacionales en la cuenca del río Copiapó.....	85
Figura 48. Vegetación azonal cuenca del río Copiapó.....	87
Figura 49. Áreas de relevancia ambiental vinculadas al agua.....	88
Figura 50. Caracterización vegetación humedal desembocadura río Copiapó .....	94
Figura 51. Sitios prioritarios para la conservación .....	98
Figura 52. Formaciones xerofíticas de alto valor ecológico .....	99
Figura 53. Oferta estimada de agua .....	106
Figura 54. Consumo estimado de agua .....	107
Figura 55. Variación de volumen almacenado acuífero del río Copiapó.....	107
Figura 56. Variación acumulada del volumen anual en el acuífero .....	107
Figura 57. Estado variable cantidad de agua subterránea en la cuenca del río Copiapó .....	108
Figura 58. Estado de la variable cantidad de agua superficial en la cuenca del río Copiapó.....	111
Figura 59. Estado de la calidad del agua.....	116
Figura 60. Estado variable morfológica en la cuenca del río Copiapó.....	118
Figura 61. Estado variable ecosistemas en la cuenca del río Copiapó.....	121
Figura 62. Estado de la variable socioeconomía en la cuenca del río Copiapó.....	123
Figura 63. Estado del agua en la cuenca del río Copiapó.....	126
Figura 64. Recarga y consumo actual .....	135
Figura 65. Variación del volumen del acuífero.....	135
Figura 66. Recarga actual y consumo del 50% .....	136
Figura 67. Variación del volumen del acuífero.....	136
Figura 68. Recarga actual con consumo diferenciado.....	137
Figura 69: Variación del volumen del acuífero .....	137
Figura 70. Recarga actual y consumos diferenciados .....	138
Figura 71. Variación del volumen del acuífero.....	138
Figura 72. Proyectos de inversión minera .....	148

Figura 73. Calendario de puesta en marcha proyectos mineros.....	150
Figura 74. Producción Regional de Cobre Mina en Chile al año 2020.....	150
Figura 75. Taller Visión para la cuenca del río Copiapó .....	153

## ACRÓNIMOS

<b>CONAMA</b>	Comisión Nacional de Medio Ambiente
<b>DGA</b>	Dirección General de Aguas
<b>DMA</b>	Directiva Marco del Agua
<b>ENGICH</b>	Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas
<b>IPT</b>	Instrumentos de Planificación Territorial
<b>OC</b>	Organismo de Cuenca
<b>PGC</b>	Plan de Gestión de Cuenca
<b>ST</b>	Secretaría Técnica: CONAMA y DGA (regional y nacional) ENGICH
<b>PTI</b>	Plan Territorial Integral
<b>JVRC</b>	Junta de Vigilancia río Copiapó
<b>CTA</b>	Centro tecnológico Ambiental (Fundación Chile)
<b>CORE</b>	Consejo Regional
<b>GORE</b>	Gobierno Regional
<b>ERDA</b>	Estrategia Regional de Desarrollo de Atacama
<b>ERBA</b>	Estrategia Regional de Biodiversidad de Atacama
<b>ARDP</b>	Agencia Regional de Desarrollo de Atacama
<b>CORFO</b>	Corporación de Fomento de la Producción

## **1. INTRODUCCIÓN**

En su programa de gobierno, la Presidenta Michelle Bachelet planteó la necesidad y el compromiso de establecer un modelo de gestión integrado de cuencas para un mejor manejo de los recursos hídricos del país. En el discurso del 21 de mayo de 2006, anunció el compromiso de impulsar una nueva política ambiental, más exigente y moderna, basada en el desarrollo sustentable y la participación social, incorporando el manejo integrado de cuencas como eje esencial.

La ENGICH, es una política pública, en la cual se plantea la necesidad y el compromiso de establecer un modelo de gestión integrado de cuencas, para proteger el recurso hídrico, tanto en calidad como en cantidad, resguardar el consumo humano y armonizar objetivos de conservación de los ecosistemas con el aprovechamiento sustentable por parte de las actividades productivas. Todo lo anterior, a partir de la coordinación de las diversas acciones que realizan el sector público, el privado y la sociedad civil en el territorio de la cuenca hidrográfica, motivados por un objetivo común de desarrollo sustentable.

La cuenca corresponde a un sistema interconectado por el agua, en donde cualquier uso del agua afecta necesariamente a otros usuarios o al medio ambiente. Es por ello, que la gestión integrada considera los diferentes usos del agua como un conjunto, en donde las decisiones de gestión deben tomar en cuenta los efectos de cada uso pueda tener sobre los otros y el medio ambiente, estableciendo metas sociales y económicas en el marco de un desarrollo sustentable.

El presente Plan de gestión para los recursos hídricos de la cuenca del río Copiapó permitirá orientar el trabajo para ser abordado en la gestión del agua a mediano y largo plazo. Sin embargo, este es un proceso que deberá ser revisado y perfeccionado periódicamente, para lograr en forma efectiva y eficiente las metas que se proponga. Este documento se desarrollará durante el año 2010 en consulta con la ciudadanía a través del Organismo de Cuenca del río Copiapó.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Descripción general de la cuenca**

El río Copiapó se forma en La Junta, a 1.230 metros sobre el nivel del mar, a partir de la confluencia de sus dos tributarios más importantes, el río Jorquera que viene del norte y el río Pulido que viene del sureste. Dos y medio kilómetros aguas abajo de La Junta se agrega el río Manflas, que proviene del sur con un reducido caudal. Prácticamente estos ríos son los únicos que aportan caudales superficiales, lo que implica que, aproximadamente, sólo un tercio de la hoya hidrográfica es activa.

El valle del río Copiapó tiene una longitud de 160 kilómetros desde el embalse Lautaro hasta la desembocadura en el mar en la localidad de Puerto Viejo. Constituye la primera cuenca de norte a sur de la zona exorreica andina y su régimen es catalogado como mixto. Una vez formado el río Copiapó en La Junta, su cauce toma un franco rumbo hacia el noroeste hasta la confluencia de la quebrada de Paipote, con una longitud de 90 km. A partir de este punto, describe un arco suave hacia el noroeste para tomar, a la altura de la ciudad de Copiapó, un franco rumbo al oeste.

Los 3 afluentes principales, aportan caudales superficiales continuos, aunque normalmente desaparecen parcial o totalmente en algunas zonas. Los afluentes que interceptan en el curso medio e inferior, normalmente se encuentran secos y aportan agua al río Copiapó sólo al producirse precipitaciones importantes en el altiplano, siendo la principal de ellas la quebrada Paipote ubicada en el sector norte de la cuenca.

Esta cuenca cuenta con regulación artificial dada por la presencia del embalse Lautaro, cuya capacidad de almacenamiento es de 40 millones de m<sup>3</sup>. Por otra parte, el agua subterránea almacenada en el acuífero es de enorme importancia debido a que soporta en gran medida el desarrollo de la agricultura, minería y el abastecimiento de agua para el consumo humano.

La región de Atacama presenta climas desérticos que con el incremento de las precipitaciones hace que la condición de desierto no sea tan rigurosa, destacándose tres condiciones climáticas: una en el sector costero, con influencias marítimas (clima desértico con nublados abundantes); otra en la pampa intermedia (clima desértico

marginal bajo) y por último el sector cordillerano con incremento de las precipitaciones y régimen térmico frío (clima desértico marginal de altura)<sup>1</sup>.

La geología<sup>2</sup> del la cuenca del río Copiapó se puede describir como una zona de importantes yacimientos de cobre, hierro, plata y oro, en donde afloran en superficie rocas metamórficas, rocas sedimentarias marinas y continentales, rocas volcánicas de lava y piroclásticas, rocas riolíticas e intrusivas y también metamórficas de contacto. El valle del río Copiapó está formado por acumulaciones de materiales aluviales cuaternarios, resultado de la erosión de las zonas altas. El tipo de depósito varía según la pendiente de los valles y de la erosividad de los cursos de agua. Todos los cauces se encuentran 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.

En relación a la hidrogeología, el sector alto de la cuenca se destaca la existencia de permeabilidad muy baja. Destacan además, dos tipos de escurrimientos de agua subterránea. Uno en dirección suroeste que corre paralelo a la quebrada de Paipote por un lecho de rocas de muy baja permeabilidad hasta su confluencia con el río Copiapó. El otro acuífero se encuentra entre los ríos Manflas y Jonquera, en que el lecho por el cual escurren las aguas subterráneas es de baja permeabilidad. A partir del sector Embalse Lautaro, escurre paralelo al río Copiapó en dirección noroeste hasta la altura de Copiapó con profundidades freáticas que varían de los 53 a 11 metros. Esta zona se destaca por tener un intenso uso para riego. A partir de Copiapó hasta Caldera, el curso cambia de dirección noroeste a oeste con profundidades de 16 a 0,7 metros en la desembocadura, las aguas subterráneas escurren por depósitos no consolidados, relleno del período cuaternario de alta permeabilidad (DGA, 2004).

En relación a la geomorfología, la cuenca presenta un relieve muy irregular y accidentado, predominando la alternancia de los valles en sentido transversal con interfluvios montañosos denominados serranías. Desde el punto de vista geomorfológico, existe una serie de elementos fisiográficos se pueden identificar claramente; los grupos principales son la Cordillera de los Andes, Valles Transversales, Cordillera de la Costa y Planicies Litorales.

---

<sup>1</sup> [http://www.meteochile.cl/climas/climas\\_tercera\\_region.html](http://www.meteochile.cl/climas/climas_tercera_region.html)

<sup>2</sup> Según Golder Associates (2006) y Sernageomin (1999),

Los suelos del valle de la cuenca corresponden a sedimentos fluviales actuales que pueden ser materiales antiguos retrabajados; este tipo de depositación ha sido influenciado por los aportes de sedimentos de quebradas que desembocan en el valle, el que presenta dos fases diferentes de evolución. En el curso superior y medio se observan formas juveniles, de paredes abruptas y sin meandros y en el curso inferior se presenta una etapa de mayor avance en el desarrollo, las pendientes de las paredes son menos escarpadas y el fondo del valle es plano – penillanura. En el curso superior y medio predominan los materiales gruesos y sólo localmente hay depositación de elementos finos producto de condiciones lacustrinas o pantanosas originadas por sedimentos de las quebradas que obstruyeron parcialmente el río. En el curso inferior del valle predominan los elementos más finos; arenas finas, limos y arcillas. En el sector María Isabel hay pequeñas dunas, salinas, que podrían ser de origen marino retransportado por acción eólica y que están en avance hacia el interior.

En Atacama se han identificado áreas donde se han desencadenado flujos de barro, eventos asociados a la ocurrencia de precipitaciones de gran intensidad en zonas de relieve abrupto, generalmente desprovisto de vegetación y conformados por rocas volcánicas, sedimentarias e intrusivas, normalmente afectadas por procesos de meteorización y/o fracturamiento superficial. Éstos fueron observados en las quebradas Cerrillos y Paipote; también en el extremo sur de la Laguna del Negro Francisco y la ladera norte del Cerro Bramador. Flujos laminares se han detectado en sectores de la quebrada Paipote y en torno al tranque Lautaro, en valle del río Copiapó (Hauser, 1993). Antecedentes señalan que el día 14 de mayo de 1985, un violento flujo aluvional producido por el abrupto colapso de un lago glacial, con un volumen total estimado de  $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ , se precipitó por el valle del río Manflas, afluente del río Copiapó. El material movilizado, incluyendo gran cantidad de piedras y restos vegetales, en una matriz de arena y lodo con elevado contenido de humedad, tras recorrer aproximadamente 15 kilómetros, se descargó a la cubeta del embalse Lautaro, donde se depositó. El origen estaría relacionado con el colapso del frente o muro de material morrénico y hielo que formaba una laguna proglacial hacia las cabeceras de la hoya del río Seco de los Tronquitos (5.200 m.s.n.m.). Temperaturas inusualmente elevadas habrían favorecido intensos deshielos, modificando el equilibrio preexistente en la barrera. En su punto de origen, el flujo habría alcanzado un caudal de  $11.000 \text{ m}^3$ .

En la región de Atacama se han registrado dos eventos de subsidencia, descenso lento y paulatino del suelo, el día 6 de marzo de 1993 se produjo un voluminoso cráter de

hundimiento, 14.000 m<sup>3</sup>, en torno al caso urbano de la ciudad de Tierra Amarilla. Su origen estaría vinculado a laboreos subterráneos en la mina Santos, su desarrollo se relacionó con un abrupto incremento local en los niveles freáticos, en terrenos de cobertura fluvioaluvional. Otro proceso de subsidencia se registró en el sector de Monte Amargo, en el valle del río Copiapó. Se relaciona con descensos en los niveles freáticos en terrenos previamente ocupados por antiguas zonas pantanosas o vegas.

Las áreas de potencial inundación del río Copiapó están localizadas en el curso medio y bajo donde la pendiente disminuyen su influencia y comienza a descender, lo que permite el desarrollo de llanuras de inundación en el lecho del río. Ahí existe un claro desarrollo de terrazas fluviales asociadas a suelos de tipo misceláneo que señalan la presencia la depositación de sedimentos fluviales, estos elementos en conjunto indicarían de forma preliminar el alcance de un desborde.

A continuación se presenta un resumen de las principales características de la cuenca del río Copiapó.

Ubicación	Paralelos 26° 38' y 28° 38' de latitud sur
Superficie	18.400 km <sup>2</sup>
Población	254.336 habitantes
Precipitación media mensual	28 mm
Industrias relevantes	Agricultura, Minería, Agua Potable.
Largo de la red de drenaje	172 km
Caudal promedio en La Puerta	2,4 m <sup>3</sup> /s
Capacidad de embalse Lautaro	40 hm <sup>3</sup>
Recarga subterránea entre La Puerta y Angostura	2 m <sup>3</sup> /s
Superficie de humedales	7.600 ha
Superficie agrícola	12.753 ha
Superficie de plantaciones forestales	1.329 ha
Principales ríos tributarios	Manflas, Jonquera y Pulido

## 2.2 Reseña histórica de la cuenca

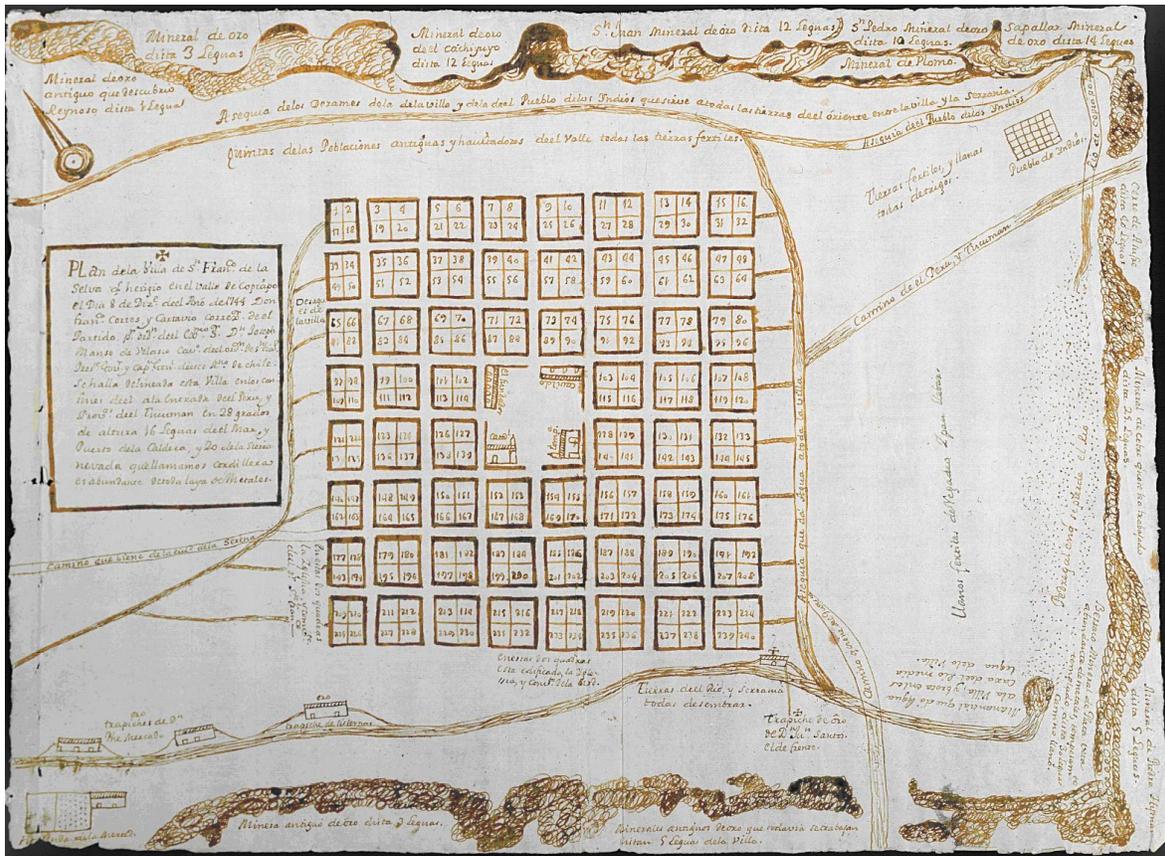
El verde valle de Copiapó, también llamado Copayapu, fue lugar de asentamientos humanos 10.000 años antes de la llegada de los españoles a Chile. Entorno al río Copiapó y sus afluentes se sucedieron culturas prehispánicas tales como la Huentelauquén, Molle y Copiapó, las que fueron dominadas por los incas hacia el año 1.400 después de cristo. En la cuenca se registran más de 30 asentamientos incas, destacándose el establecimiento de Viña del Cerro como único centro metalúrgico incaico conocido en Chile.

Por la quebrada de Paipote pasó en 1536 la expedición de Diego de Almagro, quien describe su llegada al valle de Copiapó como un lugar enmarañado por la abundante vegetación.

Desde entonces Copiapó marcaba el dominio español en el norte de Chile y era paradero obligado en la ruta hacia el Perú. La actividad minera y agrícola del valle y su ubicación como lugar de descanso y aprovisionamiento, permitió que el poblado fuera erigido como una villa con el nombre de San Francisco de la Selva en 1742.

Carlos Sayazo en su *Historia de Copiapó* plantea que al fundar la ciudad en 1744, el corregidor, acompañado de los vecinos más notables, se internó por entre los árboles y matorrales que por tanto tiempo había sido la espada del pueblo viejo y, teniendo cordeladas de 150 varas, trazó la plaza, las manzanas y las calles de la villa, que fue bautizada con el nombre de San Francisco de la Selva, en honor al santo patrono corregidor y en recuerdo de la selva que desde ese día debía desaparecer para dar paso a la nueva población. Después se inició el desmonte y la adjudicación de los solares. Este autor señala que había allí una *vegetación lujuriente y salvaje ... había entonces bosques impenetrables de chañares, algarrobos de espinos y olivillos, cercados de grandes campos de dadín, chilca, amancay y brea ... nos consta por los nombres de los diversos puntos de nuestro territorio: chañaral y chañarcillo, carrizal y carrizalillo, cachiyuyal, totora y totoralillo, algarrobal, breadal y tantos otros que acusan la pasada existencia de bosques, de abundante follaje y copiosa verdura.*

**Figura 1. Mapa de la ciudad de Copiapó año 1744**



Con el descubrimiento en 1832 de los minerales de plata Chañarcillo y Tres Puntas fue que la ciudad alcanza un desarrollo urbano, convirtiéndose en la capital minera de Chile y en la primera ciudad del país con ferrocarril.

La decadencia del ciclo minero de Copiapó y la atracción ejercida por la capital y las regiones salitreras, inició un período de menor desarrollo urbano, reflejado en el descenso demográfico de la ciudad. No obstante, con la construcción en 1938 del Embalse Lautaro y en 1953 el establecimiento de la fundición Paipote, la agricultura y la pequeña minería reactivó la economía y Copiapó entró en un proceso de desarrollo urbano sostenido.

En el mapa de la ciudad de Copiapó en 1744 ya se puede observar que el río no mantiene un caudal constante a lo largo del año en todo su recorrido, por lo que se debe entender que la dinámica hídrica no ha tenido un caudal constante mínimo permanente en determinados sectores, aún en condiciones de baja explotación.

No obstante lo anterior, datos actuales indican que en la ciudad de Copiapó y aguas abajo el río dejó de correr en superficie en forma intermitente hace aproximadamente ocho años.

En relación a los humedales, Niemeyer señala que las vegas del curso medio del río Copiapó, entre La Puerta y la capital, especialmente las vegas de Nantoco, desaparecieron a raíz del revestimiento de canales y, sobre todo, por el descenso del nivel freático producido por la intensificación del bombeo desde el embalse subterráneo. Las vegas de San Antonio y Los Loros han sido considerablemente reducidas con una canalización central del cauce a manera de dren.

Históricamente han existido lluvias esporádicas e intensas en el invierno, que aumentan el caudal del río Copiapó fuertemente. Semanas o años después de una lluvia intensa como 1997 el río Copiapó sigue con un fuerte caudal. También por años la vegetación se ve mucho más verde. Este tipo de precipitaciones históricas además tiene efecto en la recarga de los sectores acuíferos. Lamentablemente las precipitaciones esporádicas han provocado grandes daños en la agricultura y en la infraestructura tanto de la ciudad como de sectores rurales.

En 1835, Charles Darwin hace referencia al régimen hídrico en la cuenca: *"...después de dos o tres años de sequía, durante los cuales no llueve ni una sola vez sucede de ordinario un año lluvioso. Los ríos se desbordan y cubren de gravilla y arena las únicas fajas de terreno que pueden ser cultivadas; y, además, esas inundaciones destruyen los trabajos de irrigación. Hace tres años, lluvias abundantes causaron grandes estragos. Este año ha habido mucha agua y todo el mundo ha podido regar sus tierras tanto como ha querido; pero, a menudo, ha sido preciso apostar soldados en las esclusas, para que cada cual tomara tan sólo la que le correspondía durante determinadas horas de la semana. ... pero a medida que se descende por el valle el volumen de agua se hace cada vez más menor y el río acaba por quedar en seco... Los habitantes miran una tormenta en la cordillera con gran interés, porque una buena caída de nieve asegura el agua para el año siguiente. Eso tiene para ellos infinitamente más importancia que la lluvia en la parte baja del territorio. Cuando llueve, cosa que sucede una vez cada dos o tres años, es una gran ventaja, sin duda, porque los rebaños y las mulas encuentran en seguida algunos pastos en las montañas. Pero si no nieva en los Andes, la desolación se extiende por todo el valle".*

## Figura 2. Crecidas históricas del río Copiapó



Crecida 1919 - Tierra Amarilla  
Puntilla Batea



Crecida 1987- en Estación Río  
Copiapó en la Ciudad



Crecida 1997- en Estación Río  
Copiapó en la Ciudad



Crecida 1997- Vista Agua Abajo  
Estación Río Copiapó en la Ciudad

El desarrollo de las actividades mineras y agrícolas en la cuenca se ha sustentado históricamente en la disponibilidad de agua en el río Copiapó y sus afluentes, como bien describe, en 1946, Vicente Pérez – Rosales en sus "Recuerdos del Pasado": *"... en cuanto a agricultura, y sobre todo en cuanto al sistema de regadío, los hombres del sur debemos quitarnos el sombrero ante los hombres de campo del valle de Copiapó. Desde Las Juntas en Potrero Grande, que es lo mejor y más ameno del departamento, hasta donde termina su curso visible el río al occidente de Copiapó, no recorre, por las sinuosidades de la quebrada, una longitud menor de doscientos kilómetros, y esta agua, que apenas alcanzaría en el sur por razón de su malbaratado empleo a una sola hacienda, bastaba por una distribución para mantener como un vergel esta prolongada*

*faja de tierra que ostenta en todas partes alfalfaes, siembras y arbolados. Crece de punto la admiración cuando se consideran los importantísimos servicios que esta escasa corriente presta además, como ya he dicho, al beneficio de los metales, impulsando las máquinas amalgamadoras colocadas en su margen”.*

En las últimas décadas, producto del gran crecimiento alcanzado por las plantaciones de uvas de exportación, la ciudad ha consolidado su desarrollo y el paisaje del valle se ha transformado, de un arenal desértico a un hermoso y continuo parronal, cuyo verde contrasta con la aridez circundante.

### **2.3 Socioeconomía**

Los habitantes de la región de Atacama han tenido históricamente una vida llena de esfuerzos, tanto para asentarse, como para permanecer en un ambiente árido que presenta dificultades.

Desde el siglo pasado se han sucedido acontecimientos que han permitido un desarrollo de la economía y la producción en la cuenca del río Copiapó. La puesta en marcha del Embalse Lautaro (1930) permitió regar gran parte del valle; en 1953 se crea la Fundición Paipote, dedicada a potenciar las actividades de la pequeña y mediana minería local; en 1976 ocurre un cambio en la administración geopolítica del territorio en el proceso de regionalización que crea la región de Atacama y se pone a la cabeza de ella a la ciudad de Copiapó. Esta nueva condición le entrega además una importante dotación de servicios y equipamiento asociado a las nuevas funciones. En 1980 toma lugar la agroindustria de exportación, específicamente el cultivo de la uva de mesa, que genera la llamada vía de la fruta, tramo que nace de la ruta Norte Sur y se conecta directamente con el puerto de Caldera, facilitando un embarque rápido y directo<sup>4</sup>.

Esto ha permitido que la ciudad de Copiapó presente sostenidamente las tasas de crecimiento más altas de su historia, concentrando actualmente más de la mitad de la población y vivienda de la región. Esto se explica, en gran parte, por su inmejorable localización respecto de los focos productivos y urbanos de la región, de la infraestructura vial, comercial, de equipamiento y servicios que esta ciudad posee en la actualidad.

---

<sup>4</sup> Exportaciones frutícolas. Cárdenas Jirón, Luz; Carrasco Milla, Pablo, 2008

La población atraída por la actividad productiva está compuesta por población flotante o estacional (temporeros) y por la población residente: (transportistas, técnicos, profesionales, entre otros). Esta última emigra de otras regiones para asentarse, fijando su residencia en núcleos urbanos y principalmente en Copiapó, teniendo como fuente principal de empleo los servicios.

La localidad de Caldera constituye el puerto de salida de la provincia y el puerto de entrada para los insumos de la actividad económica de la zona. Por otra parte, Caldera junto a Bahía Inglesa constituyen el centro balneario de mayor importancia en la región, adquiriendo importancia a nivel nacional. La relación de Caldera con Copiapó es de una relativa dependencia en cuanto a los servicios administrativos y los servicios a la población de nivel superior.

En la cuenca del río Copiapó la principal actividad económica es la minería de cobre y oro. Esta se concentra en la comuna de Copiapó, donde se han identificado 54 faenas mineras activas y en la comuna de Tierra Amarilla, donde existe un total de 32 faenas activas. Sólo esta actividad productiva genera al año más de 5.000 empleos. La actividad agrícola, segunda en importancia económica, es favorecida por las características climáticas de la zona, haciendo posible condiciones aptas para la agricultura intensiva y producciones tempranas en los valles de riego.

### **2.3.1 Características sociodemográficas**

De acuerdo al XVII Censo Nacional de Población y VI de Vivienda realizado en abril del año 2002, la población regional es de 254.336 habitantes, representando el 1,6% de la población (Tabla 1). La densidad regional de 3,3 habitantes por km<sup>2</sup>. La distribución espacial de la población se localiza a lo largo de los valles, siendo los de los ríos Copiapó y Huayco los que concentran gran parte de la población urbana y el mayor contingente rural, el que se densifica en las tierras que disponen de regadío.

En la provincia de Copiapó habitan 155.713 personas, lo cual representa el 61,2% del total de la población regional. Para efectos provinciales, en Copiapó los hombres representan 51% de la población con 79.436 habitantes y las mujeres representan un 48,9% de la población provincial con un número de 76.277 habitantes.

La comuna de Copiapó representa cerca del 83% de la población provincial con 129.091 habitantes. Las comunas de Caldera y Tierra Amarilla son prácticamente 10

veces menores en volumen de población, con 13.734 y 12.888 habitantes respectivamente.

**Tabla 1. Población provincia de Copiapó<sup>5</sup>**

	POBLACIÓN POR SEXO		
	AMBOS SEXOS	HOMBRES	MUJERES
Región de Atacama	254.336	129.147	125.189
urbana	232.619	115.977	116.642
rural	21.717	13.170	8.547
Provincia de Copiapó	155.713	79.436	76.277
urbana	148.101	74.281	73.820
rural	7.612	5.155	2.457
Comuna de Copiapó	129.091	64.922	64.169
urbana	125.983	62.762	63.221
rural	3.108	2.160	948
Comuna de Caldera	13.734	7.237	6.497
urbana	13.540	7.107	6.433
rural	194	130	64
Comuna de Tierra Amarilla	12.888	7.277	5.611
urbana	8.578	4.412	4.166
rural	4.310	2.865	1.445

### 2.3.2 Distribución urbano – rural

El 95,1% de la población regional vive en áreas urbanas y el 4,8% lo hace en zonas rurales. La comuna con mayor población urbana en la cuenca es Copiapó, con 125.983 habitantes. El mayor número de habitantes de áreas rurales en la cuenca se encuentran en la comuna de Tierra Amarilla. De acuerdo al censo de 2002, las comunas presentan fuertes diferencias respecto de sus tasas de urbanización; Caldera y Copiapó aparecen

<sup>5</sup> Censo 2002. Instituto Nacional de Estadísticas

como las más fuertemente urbanizadas con 98,6% y 97,6% de población urbana, en tanto que en Tierra Amarilla representa el 66,6% (Tabla 2).

Las ciudades de Copiapó y Tierra Amarilla conforman un conjunto urbano con una marcada y creciente interrelación funcional y un alto desarrollo de la función residencial y de servicios. Por otro lado, la localidad de Paipote, ubicada entre ambas, aparece como un centro especializado en funciones productivas de carácter regional, fruto de la existencia de la Fundición Hernán Videla Lira y la Planta Manuel Antonio Matta de ENAMI, que procesa el cobre de la pequeña y mediana minería.

**Tabla 2. Población Urbano - Rural Provincia de Copiapó<sup>6</sup>**

	POBLACIÓN POR ÁREA URBANO - RURAL					
	URBANO - RURAL		URBANA		RURAL	
	HABITANTES	%	HABITANTES	%	HABITANTES	%
Comuna de Copiapó	129.091	50,8	125.983	97,6	3.108	2,4
Comuna de Cadera	13.734	5,4	13.540	98,6	194	1,4
Comuna de Tierra Amarilla	12.888	5,1	8.578	66,6	4.310	33,4
Provincia de Copiapó	155.713	61,2	148.101	95,1	7.612	4,9
Región de Atacama	254.336	100,0	232.619	91,5	21.717	8,5

### 2.3.3 Densidad

La densidad regional de la población es de 3 habitantes por kilómetro cuadrado, la cual no ha variado entre 1992 y 2002. La comuna de Copiapó, donde se sitúa el principal centros urbano de la región, presenta las mayores densidades La densidad poblacional de la Provincia de Copiapó es de 6,3 habitantes por kilómetro cuadrado (Tabla 3).

**Tabla 3. Distribución de la Población por Comuna, Provincia de Copiapó**

	AÑO 1992 HABITANTES/KM <sup>2</sup>	AÑO 2002 HABITANTES/KM <sup>2</sup>
Copiapó	6	8
Tierra Amarilla	1	1
Caldera	2,6	3

<sup>6</sup> Instituto Nacional de Estadísticas.

Región de Atacama	3,1	3
Nacional	26,1	30

### 2.3.4 Tendencias de la población

La curva demográfica de Copiapó, muestra cómo la ciudad ha vivido a lo largo de su historia marcado ciclos de auge y caída, ligados a los distintos procesos mineros del norte de Chile, a saber, el oro colonial y fundacional; la plata republicana en 1938 en Chañarillo; las salitreras y desarrollo de la I y II regiones; y hierro y cobre a partir del 50, atrae nueva población.

Sin embargo, a fines de los setenta e inicios de los ochenta se observa un crecimiento casi exponencial. De las comunas de la región de Atacama la que tiene el mayor promedio anual de crecimiento poblacional es Copiapó, con una tasa de 2,5% (Tabla 4, Tabla 5).

**Tabla 4. Población total estimada 1990-2020, INE**

POBLACIÓN TOTAL ESTIMADA POR SEXO, PROVINCIA DE COPIAPO							
AÑO	POBLACIÓN			AÑO	POBLACIÓN		
	TOTAL	HOMBRES	MUJERES		TOTAL	HOMBRES	MUJERES
1990	123.462	63.770	59.692	2005	174.737	89.436	85.301
1991	127.155	65.630	61.525	2006	177.785	91.003	86.782
1992	130.864	67.481	63.383	2007	180.846	92.582	88.264
1993	134.572	69.330	65.242	2008	183.900	94.156	89.744
1994	138.245	71.183	67.062	2009	186.937	95.705	91.232
1995	141.962	73.041	68.921	2010	190.006	97.275	92.731
1996	145.457	74.755	70.702	2011	192.988	98.814	94.174
1997	148.958	76.467	72.491	2012	196.006	100.355	95.651
1998	152.459	78.174	74.285	2013	199.019	101.893	97.126
1999	155.965	79.891	76.074	2014	202.020	103.431	98.589
2000	159.455	81.608	77.847	2015	205.045	104.976	100.069
2001	162.525	83.175	79.350	2016	207.854	106.405	101.449

<b>POBLACIÓN TOTAL ESTIMADA POR SEXO, PROVINCIA DE COPIAPO</b>							
<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>			<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>		
	<b>TOTAL</b>	<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>		<b>TOTAL</b>	<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>
<b>2002</b>	165.577	84.749	80.828	<b>2017</b>	210.687	107.845	102.842
<b>2003</b>	168.637	86.320	82.317	<b>2018</b>	213.511	109.288	104.223
<b>2004</b>	171.687	87.878	83.809	<b>2019</b>	216.343	110.721	105.622
<b>2005</b>	174.737	89.436	85.301	<b>2020</b>	219.166	112.155	107.011

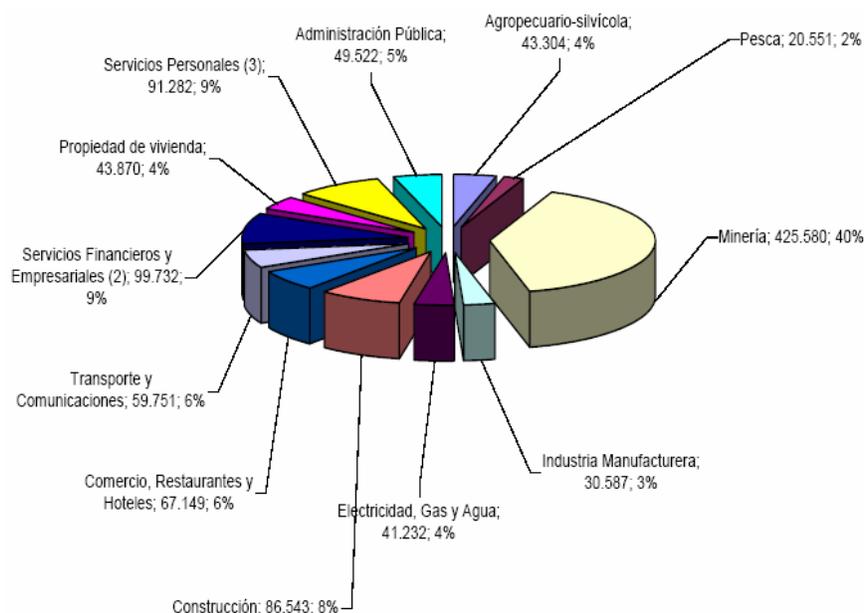
**Tabla 5. Promedio anual de crecimiento poblacional**

<b>TASA MEDIA DE CRECIMIENTO ANUAL PERIODO 1992 – 2002</b>	
Comuna de Copiapó	2,5
Comuna de Caldera	1,3
Comuna de Tierra Amarilla	1,0
Provincia de Copiapó	2,2
Región de Atacama	1,0

### **2.3.5 Producto Interno Bruto**

Al analizar el PIB regional por sectores de actividad económica, se puede observar que las que presentan la mayor participación en la actividad regional son la minería (45%), la actividad silvoagropecuaria (11%) y el comercio (11%). Con una menor participación, se encuentran los sectores de pesca (4%), electricidad, gas y agua (2%) y la industria manufacturera (3%). Otro sector importante en la región es la construcción con un 7,2 % de participación (Figura 3).

**Figura 3. PIB Región de Atacama<sup>7</sup>**

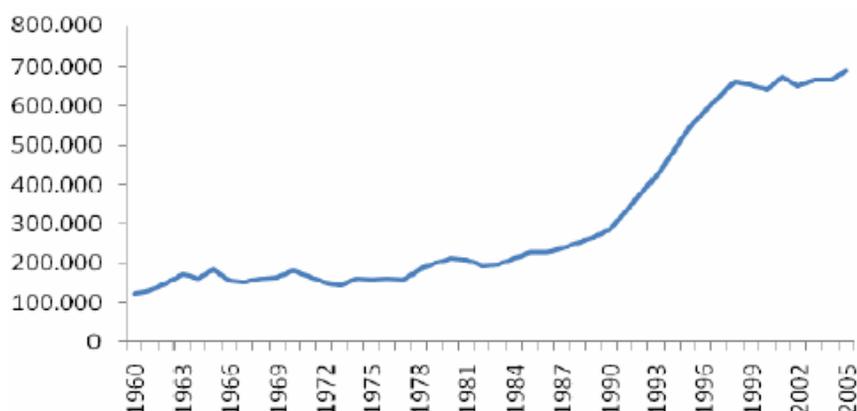


Por otro lado, se puede observar que la región contribuye con sólo el 1,6% al PIB nacional (2005), participación que ha disminuido de manera sistemática durante el período analizado, ya que al año 1996 representaba entorno al 2% del total nacional.

Es importante destacar que durante el período 1960 – 2005, la minería ha sido el sector más representativo a nivel regional, promediando un 33%. Cabe destacar que esta participación ha ido en aumento a lo largo del periodo, desde un 30% en el sub período 1960 – 1986, hasta un 41% promedio entre los años 1999 – 2005. El sector construcción por otra parte, que presentó una participación promedio de un 11%, ha ido disminuyendo dicha participación hasta un 9% en el sub período 1999 – 2005 (Figura 4).

<sup>7</sup> Banco Central 2008

**Figura 4. PIB Región de Atacama 1960 – 2005**



### **2.3.6 Ocupación de la población**

La fuerza de trabajo promedio a nivel regional para el año 2008 alcanzó a 121.810 personas de los cuales 79.980 son hombres (65,7%) y 41.830 mujeres (34,3%), experimentando un aumento de 2,0% (2.420 personas) respecto del promedio alcanzado el año anterior.

El promedio de ocupados se ubicó en 114.370 personas, de los cuales 75.890 son hombres (66,4%) y 38.480 son mujeres (33,6%). Al comparar el total de ocupados respecto del promedio del año anterior, se observa un aumento de 3,0%, es decir, en un año se han creado en promedio 3.390 puestos de trabajo. Como resultado, la tasa promedio de desocupación regional fue 6,1 %, experimentando una disminución de 1,0 punto porcentual respecto a la tasa promedio del año anterior. Las tasas promedio de cesantía y de personas que buscan trabajo por primera vez fueron 5,7% y 0,4%, respectivamente (Tabla 6).

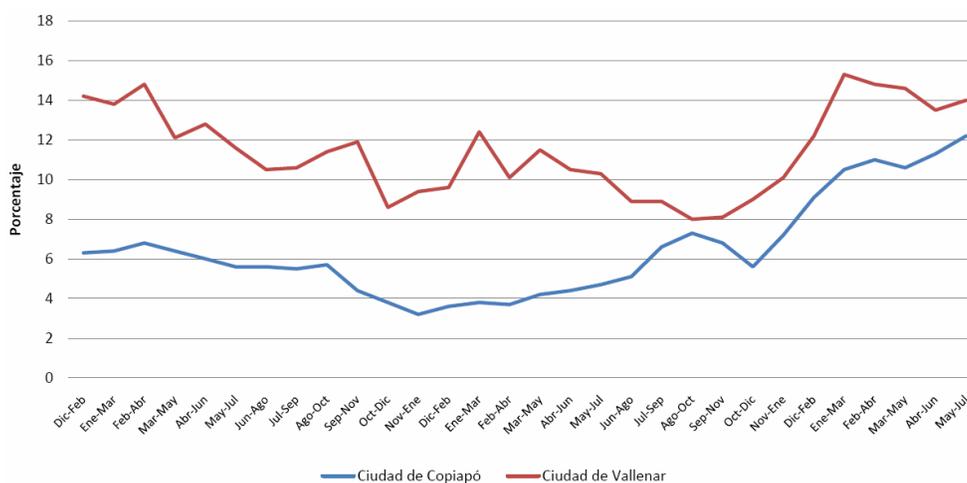
En lo que respecta a los grupos ocupacionales para la región de Atacama, se observa un crecimiento promedio de la ocupación respecto del promedio alcanzado el año anterior (2008) en: Otros Trabajadores NEOC: 14,6% (60); Vendedores y Afines: 13,6% (1.660); Conductores y Afines: 11,4% (800); Otros Artesanos y Operarios: 8,4% (970); Trabajadores en Servicios Personales: 7,6% (1.220); Profesionales,

Técnicos y Afines: 5,6% (720); Artesanos y Operarios: 2,9% (480) y Agricultores, Ganaderos y Pescadores: 0,3% (Figura 5).

**Tabla 6. Fuerza de Trabajo y Tasa de Desocupación Promedio año 2008**

NIVEL GEOGRÁFICO DE ESTIMACIÓN	FUERZA DE TRABAJO			
	PROMEDIO AÑO 2008			TASA DESOCUPACIÓN %
	TOTAL	OCUPADOS	DESOCUPADOS	
Ciudad de Copiapó	64.850	61.420	3.430	5,3
Total Región	121.810	114.360	7.450	6,1

**Figura 5. Porcentaje de desempleo ciudad de Copiapó y Vallenar 2007 – 2009<sup>8</sup>**



### 2.3.7 Empresas

Entre el 2002 y el 2006 el número de empresas en Atacama se incrementó en términos netos en 2.745. En esos mismos años, las ventas en precios corrientes aumentaron en promedio anual de 16,6%.

Respecto a la composición comunal de la cuenca, Copiapó concentra el mayor número de empresas. En promedio, entre los años 2002 y 2006, registra el 50,1% del número

<sup>8</sup> Economía Regional ARDP 2009 Basado en datos INE Atacama

total de las empresas en Atacama. Caldera en promedio aporta el 5,9% y Tierra Amarilla con 3,6% del total de empresas en la región.

En Copiapó, en el año 2006, las ventas fueron de \$ 1.564.987 millones, mayor en un 36,7% al registrado en el año 2005. Las ventas de las grandes empresas en un año se incrementaron en 43,6%. Las ventas de las medianas empresas, aumentaron en 14,1%. En Tierra Amarilla, en el año 2006, se vendió \$102.049 millones, mayor en un 31,6% al registrado en el año 2005. Las grandes empresas aumentaron sus ventas en 38% en un año. Las ventas de las medianas se incrementaron en 35,2%.

### 2.3.8 Agricultores

Actualmente la provincia de Copiapó cuenta con el embalse Lautaro que se construyó con una capacidad de 42 millones de m<sup>3</sup>. Según CIREN, la distribución del recurso a través del sistema de canales, presenta baja eficiencia, producto de: vegetación de borde y fondo, emboscamiento y alta presencia de algas, estimándose pérdidas de agua hasta un 70%. Por otro lado, es importante destacar que el 88% de la superficie explotada agrícolamente es regada por métodos de alta eficiencia como el micro riego, lo que se señala en la Tabla 7.

**Tabla 7. Caracterización de métodos de riego en la provincia de Copiapó<sup>9</sup>**

PROVINCIA	TOTAL SUPERFICIE REGADA (HA)	RIEGO GRAVITACIONAL SUPERFICIE (HA)	MECÁNICO MAYOR SUPERFICIE (HA)	MICRORIEGO SUPERFICIE (HA)
Copiapó	10.969,69	1.264,94	4,5	9.700,25
% Copiapó	100%	12%	0,1%	88%

<sup>9</sup> VII Censo Agropecuario 2007

**Tabla 8. Listado de Canal - Comunidad bajo la jurisdicción de la Junta de Vigilancia del río Copiapó y sus afluentes<sup>10</sup>**

Nº	Distrito	Comuna	Canal/Comunidad	Nº acciones comunidad	Nº usuarios comunidad	Estado actual	Situación Legal Comunidades de Aguas
1	Jorquera	Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas El Quemado	65	2	Operativo	Constituida
2		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Tres Chañares	128	2	Operativo	Constituida
3		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Canal El Rodeo	815	2	Operativo No uso	Constituida
4	Pulido	Tierra Amarilla	Canal Carrizal Grande	24	1	Operativo	
5		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Iglesia Colorada	27	2	Operativo	Constituida
6		Tierra Amarilla	Canal Junta de Montosa	12	1	Operativo	
7		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Quebrada Seca	12	2	Operativo	Constituida
8		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas El Sauce	6	2	No Operativo	Constituida
9		Tierra Amarilla	Canal Carrizalillo	15	1	No Operativo	
10		Tierra Amarilla	Canal Los Hornos	24	1	Operativo	
11		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Peña Negra	18	2	Operativo	Constituida
12	Manflas	Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Huerto y Molino	18	2	No Operativo	Constituida
13	1º	Tierra Amarilla	Canal Manflas	144	1	Operativo	
14		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Tarola	27	2	Operativo	Constituida
15		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Pastillo	57	2	No Operativo	Constituida

<sup>10</sup> Programa de transferencia de capacidades para mejorar la gestión del riego Copiapó – III Región de Atacama. 2009

<b>Nº</b>	<b>Distrito</b>	<b>Comuna</b>	<b>Canal/Comunidad</b>	<b>Nº acciones comunidad</b>	<b>Nº usuarios comunidad</b>	<b>Estado actual</b>	<b>Situación Legal Comunidades de Aguas</b>
16		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Punta Negra	34,5	2	Operativo	Constituida
17		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Amolanas	154,5	7	Operativo	Constituida
18		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Amolanitas	7	2	No Operativo	Constituida
19		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Goyo Díaz	106	3	No Operativo	Constituida
20		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Hijuela Abello Norte	260,8	7	Operativo	Constituida
21		2º	Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Hijuela Abello Sur	61,2	5	Operativo
22	Tierra Amarilla		Comunidad de Aguas La Capilla	432	5	Operativo	Constituida
23	Tierra Amarilla		Canal El Carmen	144	1	Operativo	
24	3º	Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Palo Blanco	144	5	No Operativo	Constituida
25		Tierra Amarilla	Canal Santa Rosa	108	1	No Operativo	
26		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Apachetas	108	4	No Operativo	Constituida
27		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Los Loros	144	19	No Operativo	Constituida
28		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Bolsico	57,6	2	No Operativo	Constituida
29		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas El Fuerte	86,4	3	No Operativo	Constituida
30		Tierra Amarilla	Canal Pirca Nº 1	23,2	1	No Operativo	
31		Tierra Amarilla	Canal Pirca Nº 2	91,2	1	No Operativo	
32		Tierra Amarilla	Canal Casa Blanca Nº 1	38,1	1	Operativo	

<b>Nº</b>	<b>Distrito</b>	<b>Comuna</b>	<b>Canal/Comunidad</b>	<b>Nº acciones comunidad</b>	<b>Nº usuarios comunidad</b>	<b>Estado actual</b>	<b>Situación Legal Comunidades de Aguas</b>
33		Tierra Amarilla	Canal Casa Blanca Nº 2	9,5	1	No Operativo	
34		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Canal Puerta Nº 1	32,4	2	No Operativo	Constituida
35	4º	Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Canal Puerta Nº 2	21,6	2	No Operativo	Constituida
36		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas El Sauce	30	2	No Operativo	Constituida
37		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas El Naranjo	42	2	Operativo	Constituida
38		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas El Jardín	180	2	Operativo	Constituida
39		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas La Cantera	187	5	Operativo	Constituida
40		5º	Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Carrizo	281	10	Operativo
41	Tierra Amarilla		Comunidad de Aguas Niágara	144	2	No Operativo	Constituida
42	6º	Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Compuertas Negras	1296	6	Operativo	Constituida
43		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Cerrillos	288	5	Operativo	Constituida
44		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Urbina	324	3	Operativo	Constituida
45		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Nantoco	429,8	19	Operativo	Constituida
46		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Mal Paso	132,2	3	Operativo	Constituida
47		Tierra Amarilla	Canal Compañía	50	1	Borrado	
48		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Las Arayas	131,2	9	Operativo	Constituida
49	7º	Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas San Román	108	15	Operativo	Constituida

<b>Nº</b>	<b>Distrito</b>	<b>Comuna</b>	<b>Canal/Comunidad</b>	<b>Nº acciones comunidad</b>	<b>Nº usuarios comunidad</b>	<b>Estado actual</b>	<b>Situación Legal Comunidades de Aguas</b>
50		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Cancha de Carrera	9	29	Operativo	Constituida
51		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Escorial	92	6	Operativo	Constituida
52		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Palermo	238,8	8	Operativo	Constituida
53		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Pedregal	130,7	12	Operativo	Constituida
54		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Los Patos	25,6	34	Operativo	Constituida
55		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Las Rojas	243,1	73	Operativo	Constituida
56		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Bellavista	268,5	2	Operativo	Constituida
57		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Terawaki -Ronseco	108	3	Operativo	Constituida
58		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Zavala	108,4	6	Operativo	Constituida
59		Tierra Amarilla	Canal Alcaparrosa	111,5	1	Operativo	
60		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas Alto Meléndez	38	2	No Operativo	Constituida
61		Tierra Amarilla	Canal Buitrón	120	1	Operativo	
62		Tierra Amarilla	Comunidad de Aguas La Florida	240	16	Operativo	Constituida
63		Copiapó	Comunidad de Aguas Viñitas	596,5	18	Operativo	Constituida
64	8º	Copiapó	Comunidad de Aguas Punta Negra	468,03	62	Operativo	Constituida
65		Copiapó	Comunidad de Aguas San Fernando	1397,6	492	Operativo	Constituida
66	9º	Copiapó	Comunidad de Aguas Ciudad de Copiapó	771,5	13	Operativo	Constituida

### 2.3.9 Cultivos

La superficie cultivada en la región de Atacama alcanza las 19.661 hectáreas, las cuales se concentran en los valles transversales de los ríos Copiapó y Huasco (Tabla 9).

**Tabla 9. Superficie de cultivos en la provincia de Copiapó<sup>11</sup>**

CULTIVO	PROVINCIA DE COPIAPÓ					
	COPIAPÓ		CALDERA		TIERRA AMARILLA	
	Informantes	Superficie	Informantes	Superficie	Informantes	Superficie
		(ha)		(ha)		(ha)
Cereales	2	0,4	-	-	3	3,5
Cultivos industriales	8	28,6	-	-	-	-
Flores	7	1	-	-	4	0,3
Frutales	200	2.623,50	2	398	122	6.632,80
Hortalizas	165	585,1	1	12	39	72,2
Leguminosas y tubérculos	8	19,7	-	-	2	3,2
Plantaciones forestales	5	131,9	2	1,5	3	34,5
Plantas forrajeras	39	38,5	1	0,5	55	206,7
Semilleros	2	0,6	-	-	2	0,2
Viñas y parronales	27	245,5	-	-	13	29,8
Viveros	-	-	-	-	2	0,8
<b>TOTALES</b>	<b>463</b>	<b>3.674,80</b>	<b>6</b>	<b>412</b>	<b>245</b>	<b>6.984,00</b>

Actualmente la cuenca del río Copiapó posee una superficie aproximada de 16.000 hectáreas aprovechables para el desarrollo de la agricultura y un 98% de superficie estéril. El 87% de los suelos plantados o sembrados corresponden a frutales, 6% a

<sup>11</sup> VII Censo agropecuario 2007

hortalizas, 2% forrajeras. El 79% de los frutales corresponde a uva de mesa y 17% a olivos. La superficie de las explotaciones agropecuarias con tierra por uso de suelo, para suelos de cultivo son mayores en la comuna de Tierra Amarilla (8.919 hectáreas).

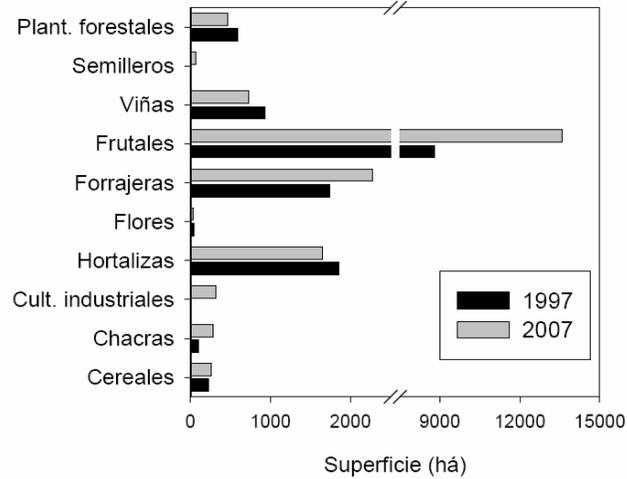
A nivel regional los frutales han tenido un aumento significativo en el periodo intercensal (1997 – 2007) a nivel de frutales tales como olivos y vid de mesa (Figura 6).

**Tabla 10. Superficie de las explotaciones agropecuarias por uso de suelo<sup>12</sup>**

USO DE SUELO	COMUNA		
	COPIAPÓ	CALDERA	TIERRA AMARILLA
<b>SUELOS DE CULTIVO</b>			
Cultivos anuales y permanentes	3.459	404	6.733
Forrajeras permanentes y de rotación	20	1	206
Barbecho /Descanso	2.972	125	1.980
<b>Total</b>	<b>6.460</b>	<b>530</b>	<b>8.919</b>
<b>USO FORESTAL, PRADERAS Y VEGETACIÓN NATIVA</b>			
Praderas Mejoradas	8	0	2
Praderas Naturales	1.509	240	7.231
Plantaciones Forestales	1.329	2	35
Bosque nativo	116	175	106
Matorrales	385	230	453
<b>Total</b>	<b>2.149</b>	<b>647</b>	<b>7.826</b>
Otros suelos	1.061.253	1.686	680.594
<b>TOTAL</b>	<b>1.069.863</b>	<b>2.862</b>	<b>697.334</b>

<sup>12</sup> VII Censo Agropecuario y Forestal, INE 2007.

**Figura 6. Evolución de la superficie cultivada según grupos de cultivos<sup>13</sup>.**



### 2.3.10 Riego

La región tiene 7.414,3 hectáreas regadas por riego gravitacional, 637,4 hectáreas (9,4%) más que en el año 1997. La provincia de Copiapó tiene una superficie de riego de 10.969,7 hectáreas, aumentando en 2.664,5 hectáreas (32,1%) en el período intercensal (1997 – 2007).

El riego gravitacional, incluye riego por surcos, tendido u otro tradicional. La provincia de Copiapó concentra 1.264,9 hectáreas regadas por estos sistemas, con una baja de 321,8 hectáreas (20,3%) respecto al año 1997. Además, esta provincia tiene el 17,1 % de la superficie regada por estos métodos en la región.

El riego mecanizado incluye riego por goteo y cinta, micro aspersion, aspersion tradicional y carrete o pivote. La región tiene 12.119,6 hectáreas regadas con riego mecanizado, lo que representa un aumento de 4.711 hectáreas (63,6%) respecto al año 1997. La provincia de Copiapó concentra 9.704,8 hectáreas regadas por estos sistemas, con un aumento de 2.986,3 hectáreas (44,4%) respecto al año 1997. La provincia tiene el 80% de la superficie regada por estos métodos en la región.

<sup>13</sup> Basado en datos INE (1997 - 2007) Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama.

### 2.3.11 Eficiencia en el uso del agua

Dentro de las múltiples actividades que presenta la región, destacan con gran importancia dos rubros en particular, la minería y la agricultura. La minería se transforma en la base de la economía regional, asociada principalmente al mineral de hierro y cobre, el cual permite la existencia de abundantes explotaciones de pequeño tamaño, cuya producción es posteriormente vendida a ENAMI. Además, existen otros tipos de explotaciones que tienen una participación menor, principalmente oro y plata. Respecto de la agricultura, a partir de fines de la década de los ochenta aumentó la producción agrícola, principalmente enfocada hacia el rubro de la agro exportación.

La Junta de Vigilancia del Río Copiapó (JVRC) tiene un total de 1.217 accionistas, que poseen un total de 12.088 acciones en total. La acción tiene un costo anual de 4.400 pesos, por lo tanto en total generan un ingreso para la Junta de 53,1 millones de pesos. Entre 1997 y 2007, se incorporaron a riego tecnificado 4.711 hectáreas.

**Tabla 11. Eficiencia en el uso del recurso hídrico para regadío**

<b>Cuenca</b>	Río Copiapó
<b>Superficie Cultivos Agrícolas</b>	10.969
<b>Eficiencia</b>	El 88% de la superficie total regada en la Provincia de Copiapó es realizada por microriego, y sólo el 12% por riego gravitacional, lo que muestra una alta eficiencia del riego.
<b>Capacidad de Almacenamiento</b>	25,7 Millones de m <sup>3</sup> y 5 tranques de regulación.
<b>Capacidad de distribución</b>	Conformado por la red de ríos, tres canales matrices y 66 canales, además del subsistema de riego con agua subterráneas.

En el Proyecto Innova Chile – CIREN “Optimización de Sistemas de Riego en las Cuencas Copiapó y Huasco” (junio 2007) se seleccionaron 20 sistemas de canales, 82 kilómetros de un total de 260 kilómetros de red de canales que tiene la cuenca (32%).

Se realizó un diagnóstico detallado de las pérdidas por conducción y operación en los canales estudiados, en base a aforos, los cuales arrojaron una pérdida de 963 litros por segundo para un caudal inicial de 2.295 l/s, lo que permite concluir que el 42% del agua de riego se pierde por ineficiencias en los sistemas de conducción.

De los análisis realizados se desprende que los principales problemas que presentan los canales son la falta de revestimientos, destrucción e inexistencia de obras de derivación, pérdidas de agua y falta de mantención de los cauces.

El estudio "Derechos, extracciones y tasas unitarias de consumo de agua del sector minero, regiones centro – norte de Chile" (DGA 2008) recopila y analiza información de derechos de aguas superficiales y subterráneos, así como información sobre los caudales de extracción de agua que realizan las empresas mineras conforme a los derechos otorgados, además las tasas unitarias de consumo de agua fresca en los principales procesos de la minería del cobre.

Para las regiones en estudio y dentro del contexto nacional, el monto total de derechos consuntivos de agua del sector minero alcanza a 30,7 m<sup>3</sup>/s, de los cuales 13 m<sup>3</sup>/s (42%) corresponden a derechos permanentes y eventuales de agua superficial y 17,7 m<sup>3</sup>/s (58%) a derechos permanentes y provisionales de agua subterránea.

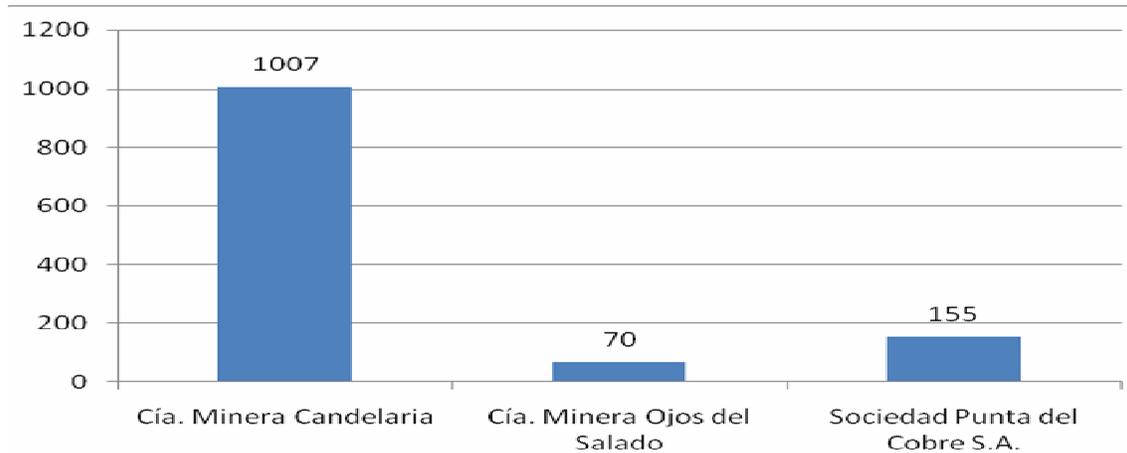
La tasa de consumo, expresada en metros cúbicos de agua fresca por cada tonelada de mineral procesado (m<sup>3</sup>/ton) alcanza un valor promedio de 0,79 para los procesos de concentración y de 0,13 para los procesos de hidrometalurgia.

La tasa de consumo de agua fresca en los procesos de concentración fluctúa en un rango amplio de 0,3 a 2,1 m<sup>3</sup>/ton. Los valores más altos corresponden a operaciones en que no es posible recircular las aguas desde los depósitos de relave. Por su parte, la tasa de consumo de agua fresca en los procesos de hidrometalurgia fluctúa en un rango de 0,08 a 0,25 m<sup>3</sup>/ton.

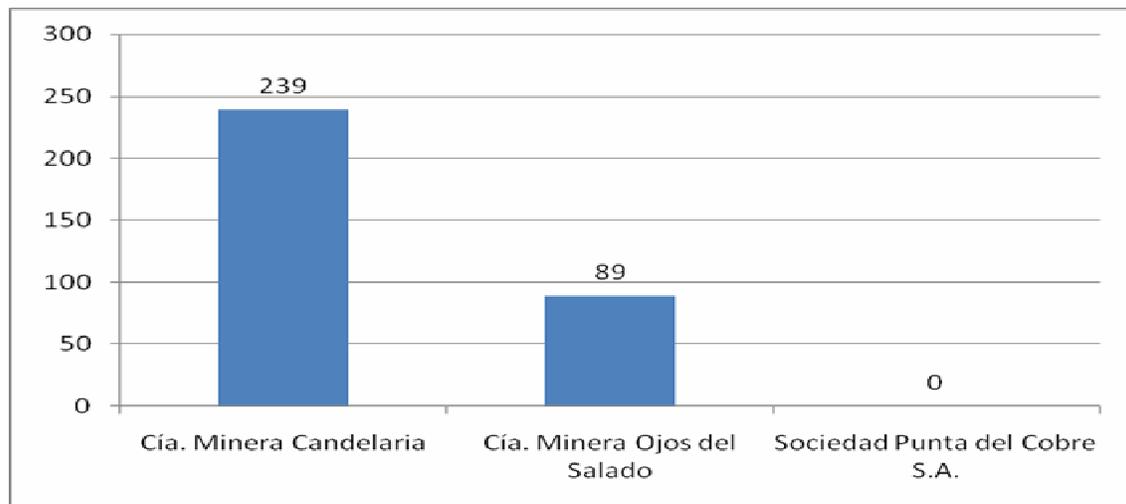
El análisis para la cuenca de Copiapó se basa en los datos consultados en las empresas Compañía Minera Candelaria, Compañía Minera Ojos del Salado y Sociedad Punta del Cobre S.A.

El total de derechos consuntivos informados, sobre la cuenca de Copiapó, es de 1.232 litros por segundo, siendo la extracción total efectiva de 328 litros pro segundo. Esta extracción se encuentra corregida por este Estudio, ya que contempla información más específica del sector minero.

**Figura 7. Derechos consuntivos en litros por segundo**



**Figura 8. Extracción de agua fresca en litros por segundo**



### **2.3.12 Conectividad**

El carácter central de la provincia de Copiapó en Atacama hace que su infraestructura vial tome un papel de gran importancia en el desarrollo de las actividades productivas de la región. La ruta 5 norte vincula la provincia con el resto del país y la región. Esta conecta en su trayecto a las ciudades más importantes de la provincia como lo son Caldera y Copiapó.

A nivel de infraestructura regional, el 93,5% de la población cuenta con alcantarillado, mientras que el 99,2% tiene acceso al agua potable. En términos de la longitud de los pavimentos participativos existentes, en el período 2001 – 2006, la longitud construida aumentó en un 432,5% desde los 15.015 hasta los 79.015 metros<sup>14</sup>.

El año 2002 se realizó el mejoramiento de la infraestructura del Puerto Pesquero de Caldera, que consideró la construcción de un nuevo muelle fiscal, locales comerciales, cámaras de frío, sector de proceso y faena, además de la pavimentación de accesos, estacionamientos y la construcción de chaza para atraque de embarcaciones.

El año 2005 se construyó el Aeropuerto Desierto de Atacama, el cual permitió aumentar las operaciones aéreas debido a las mejores condiciones físicas y climáticas del entorno e instalar Sistemas de ayuda a la navegación áreas (ILS y otros). Esto ha permitido fortalecer la oferta de vuelos, así como ha potenciado la demanda, en especial, la asociada al sector turístico.

El año 2008, se licitó a través del sistema de concesiones el tramo Vallenar – Caldera de la ruta 5 norte, el que se ha proyectado con una longitud de 125 kilómetros desde el acceso sur a la ciudad de Vallenar hasta el inicio del by-pass a la ciudad de Copiapó. Esto busca transformar la ruta 5 norte entre Copiapó y Vallenar en una vía con mejor estándar de seguridad y eficiencia, mediante la rehabilitación y conservación del pavimento existente, el mejoramiento del perfil tipo, la construcción de dobles calzadas, enlaces, áreas de servicios generales, áreas de control, áreas de estacionamiento de camiones, y áreas de emergencia.

Existe una concentración de servicios, comercio y equipamiento en el centro histórico de la ciudad de Copiapó. Paralelamente, se observa la creación de nuevos polos de servicios asociados principalmente al comercio mayorista y retail; específicamente, supermercados y multitiendas, los cuales se localizan en el eje Van Buren. Los usos de suelo mencionados se encuentran cercanos a las grandes vías de la ciudad y a los barrios en que reside la población con mayores y también menores recursos, como El Palomar. Por otra parte, en la distribución del equipamiento urbano ocurre una situación similar.

---

<sup>14</sup> Estrategia regional de desarrollo de Atacama 2007-2017

## **2.4 Actores con asociatividad vinculados al agua**

El sector público es el conjunto de organismos administrativos mediante los cuales el Estado cumple o hace cumplir la política o voluntad expresada en las leyes fundamentales del país. El sector público está dirigido por el ejecutivo, legislativo, el judicial y organismos públicos autónomos, y pertenece a todos y cada uno de los ciudadanos.

A través de la Dirección General de Aguas (DGA) dependiente del Ministerio de Obras Públicas, se rige toda la administración del agua superficial y subterránea, sus demandas, derechos de aprovechamiento y constitución de nuevos derechos.

La Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) ha trabajado intensamente en las problemáticas asociadas al recurso hídrico como un integrante "gestor" por medio de las Normas Secundarias de Calidad del Agua, la Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas, el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, la Estrategia Regional de Biodiversidad y la Política de Educación para el Desarrollo Sustentable. Cada una de estas iniciativas busca apoyar y trabajar de mejor manera las problemáticas hídricas de cada cuenca.

En el sector privado, desde el punto de vista de gestores del sector hídrico, son aquellos actores que ejercen facultades de gestión empresarial y o administrativa, como las juntas de vigilancia o comunidades de riego. El sector privado está representado por organizaciones como La junta de Vigilancia del Río Copiapó (JVRC) que administra y distribuye el agua de todos los actores que tienen derechos de aguas superficiales, desde la cordillera hasta la ciudad de Copiapó. Otros ejemplos son las sub organizaciones como La Comunidad de Aguas Subterráneas.

En el modelo regente el sector privado tiene un factor administrativo referente a la administración de la distribución. El recurso hídrico se administra hoy a través de diferentes organizaciones privadas. En la cuenca la JVRC tiene jurisprudencia desde la cordillera hasta la ciudad de Copiapó.

La Junta de Vigilancia es una organización sin fines de lucro, que de acuerdo a los estatutos de la organización, ésta ejerce su acción en el Río Copiapó y sus afluentes desde la precordillera de los Andes hasta la ciudad de Copiapó. Además está bajo su

jurisdicción el Embalse Lautaro y el canal Matriz Mal Paso, obra construida por la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas.

De acuerdo a sus estatutos, la Junta de Vigilancia del Río Copiapó tiene como objetivo administrar y distribuir las aguas que tiene derecho sus miembros en el río Copiapó y sus afluentes, explotar y conservar las obras de aprovechamiento común y realizar los demás fines que le encomienda la ley. Podrá también construir nuevas obras relacionadas con su objetivo o mejorar las existentes, con autorización de la Dirección General de Aguas. La Junta se preocupa de la limpieza del río y el canal Mal Paso, la mantención de las obras comunitarias y en muchos casos del mejoramiento de las obras y el revestimiento de los canales.

Un rol diferente es el del concesionario de distribución de agua potable y servicios de alcantarillado. La empresa sanitaria Aguas Chañar tiene la responsabilidad específica de prestar servicio de agua potable y alcantarillado incluyendo el tratamiento de aguas servidas a la población de Copiapó, Caldera y Chañaral. Para esto cuenta con derechos de agua que le corresponden por ley para poder prestar el servicio. Aguas Chañar está regulada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

La Asociación de Productores y Exportadores Agrícolas del Valle de Copiapó (APECO) es un actor privado de relevancia en el valle del río Copiapó y una de las primeras organizaciones en conformar la Mesa Público Privada del agua en la cuenca del río Copiapó. Dentro de sus objetivos estratégicos en relación con el recurso hídrico se destaca el de representar ante las instituciones que correspondan, los problemas o requerimientos que afecten el normal desempeño de los socios y del sector agrícola del valle de Copiapó e incrementar la competitividad de los socios mediante la entrega de servicios e información.

La Corporación para el desarrollo de la Región de Atacama (CORPROA) es una corporación de carácter privado, sin fines de lucro, que nace el 31 de mayo de 1990 por iniciativa de empresarios regionalistas y autoridades de la Universidad de Atacama. Reúne entre sus asociados a empresarios y empresas provenientes de todas las actividades productivas y de servicios (minería, agricultura, pesca, acuicultura, servicios, comercio, construcción y otros. CORPROA representa así a todos los ámbitos de la producción de bienes y servicios, explicando en conjunto a más del 70% del

producto regional. Es un actor privado de relevancia en la región de Atacama, con gran representatividad del sector minero y una de las primeras organizaciones en conformar la Mesa Público Privada del agua en la cuenca del río Copiapó.

El sector Minero en la Cuenca ha sido representado en la Mesa del Agua por CANDELARIA – Compañía Contractual Minera Candelaria.

A continuación se presenta el listado de los principales actores de los sectores público, privado y social, con asociatividad vinculados al recurso Hídrico en la cuenca del río Copiapó.

### **SECTOR PÚBLICO**

CONAMA – Comisión Nacional del Medioambiente

DGA – Dirección General de Aguas

SUBDERE – Subsecretaría de desarrollo regional y administrativo

GORE - Gobierno Regional

Municipalidades Copiapó, Tierra Amarilla, Caldera

MOP – MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

DOH – Dirección de Obras Hidráulicas

MINISTERIO DE AGRICULTURA

CONAF - Corporación Nacional Forestal

SAG - Servicio Agrícola y Ganadero

INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias

CNR – Comisión Nacional de Riego

INDAP – Instituto de Desarrollo Agropecuario

MINISTERIO DE MINERÍA

SEREMI DE MINERÍA

SERNAGEOMÍN – Servicio nacional de Geología y Minas

SISS – Superintendencia de servicios Sanitarios

CORFO – Corporación de Fomento a la Producción

ARDP – Agencia Regional de Desarrollo Productivo

SERNAC – Servicio nacional del Consumidor

CONADI - Corporación Nacional de Desarrollo Indígena

### **SECTOR PRIVADO**

JVRC – Junta de Vigilancia del Río Copiapó y sus afluentes

Comunidades de Aguas Subterráneas

Usuarios del Recurso Hídrico

Enami – Empresa Nacional de Minería

Codelco – Corporación del Cobre

Sector Público - Privado y organizaciones gremiales

CODESSER – Corporación de Desarrollo Social del Sector Rural

CORPROA – Corporación para el Desarrollo de la Región de Atacama

APECO – Asociación de Productores y Exportadores del Valle de Copiapó

CANDELARIA – Compañía Contractual Minera Candelaria

AGUAS CHAÑAR – Aguas Chañar S.A.

Fundación Chile – CTA

SECTOR SOCIAL – CIVIL

Coordinadora por la Defensa del Agua y el Medio Ambiente

CONACOP – Asociación de Consumidores y Usuarios de Copiapó

Chile Sustentable

Comunidades Indígenas

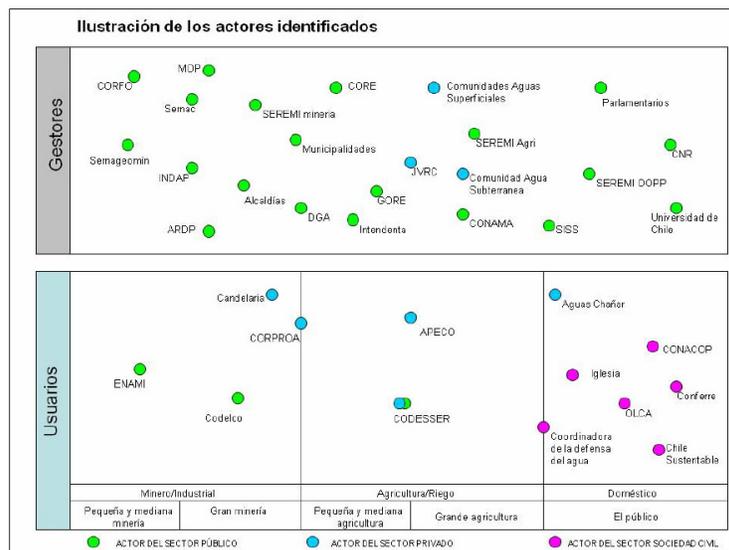
ANAMURI - Asociación Nacional de Mujeres Rurales e Indígenas

CUT – Central unitaria de Trabajadores

Iglesia Católica Departamento de Justicia y Paz

Usuarios del Recurso Hídrico

**Figura 9. Actores identificados en el PTI hídrico<sup>15</sup>.**



<sup>15</sup> EuroChile AB, 2009

## **2.5 Comunidades indígenas Colla**

Según Bahamondes etimológicamente "Colla" significa "Hombre de la Puna" y "Collahuasi" (voz quechua = wasi : vivienda) significa " casa del hombre de la Puna", y alude al complejo habitacional andino ubicado sobre los 2.000 m.s.n.m.(INAS, 2000).

Antropológicamente, el término Colla significa "Habitante oriundo de la puna", del quechua Colla o qjolla. Según Lira, es Colla, sureño, precedente del khollan, natural del altiplano del Titicaca. Eterno viajero de la Puna, suele vérselo con su vestimenta típica con más frecuencia por el lado argentino; sin embargo, aparece en los pueblos chilenos de San Pedro de Atacama a El Salvador y Potrerillos. (INAS, 2000).

Según Núñez (1994) desde el período Arcaico 6.000 a 2.000 años A.C., los antiguos cazadores se desplazaban entre playas de salares, oasis piemontanos, y quebradas intermedia hasta la Alta Puna con el fin de aprovechar los variados recursos que ofrece la montaña, y que se obtenían desde entonces a través de la caza y la recolección. Esto se conoce como "régimen trashumántico", por cuanto sus desplazamientos por los diferentes pisos ecológicos se realizaban de acuerdo a las estaciones del año (INAS, 2000).

En la actualidad, y aún cuando los espacios ecológicos han variado por diferenciaciones climáticas, el circuito trashumántico es expresión vívida de grupos nómades de pastores puneños en el pasado y en la actualidad. En el caso de los sujetos sociales Collas, el estilo de vida que ellos tienen en el contexto cordillerano es identificado por los propios sujetos como trashumancia, y esta implica el uso de un extenso territorio que comprende vegas, bofedales, quebradas, pozos, fondos de valles, vertientes, llanos y cumbres que cubren un área vertical desde los 1.500 a 6.000 m.s.n.m. aproximadamente (INAS, 2000).

Según Ponce (1998), los Collas constituyen la población que habita sectores puneños, quebradas, valles del noroeste y Calchaquíes, pobladas "hacia el año 1.500 por las naciones Apatama, Omaguaca y Diaguito-Calchaquí. Estas naciones eran de tipo racial andino...", "Durante estos cuatro siglos (posteriores al 1.500) se produce un fenómeno cultural: Los Apatamas, los Omaguacas y parte de los Diaguito-Calchaquíes, en base a

la afinidad de su cultura andina se nuclea en una nueva etnia, los Collas. El apelativo COLLA fue usado para designar a pueblos que habitaron la vasta región del centro-sur andino o "Circum-Titicaca".

Conquistada más tarde por los Incas, la demarcación fue bautizada con el nombre de COLLASUYU, correspondiente al cuadrante sureste del Imperio del Tawantinsuyu, que siguiendo los principios del dualismo y cuatripartición, se dividió en 4 regiones situadas alrededor del Cuzco.

Los habitantes de las tierras áridas y de los fértiles valles transversales de Chile, desde milenios formaron parte de extensos circuitos de intercambio con las culturas del noroeste argentino, y de ahí, con las selvas occidentales, la Puna y el Chaco Santiagueño.

Las comunidades indígenas Colla, se caracterizan por ser principalmente crianceros de precordillera y cordillera, es decir, obtienen de la ganadería caprina y ovina el sustento fundamental para la mantención de sus actividades en las zonas rurales de la cordillera de la Región de Atacama. El ganado se conforma principalmente por caprinos y ovinos, pero también poseen otros ganados que varían en cuanto a número y a existencia, como los equinos (caballares) y vacunos.

Al mismo tiempo, pero en menor medida, practican la artesanía, la minería y la agricultura de subsistencia, obteniendo otros bienes para su sustento en los productos que obtienen de dichas actividades.

Su ingreso monetario depende en gran medida de la venta de ganado a nivel particular en los períodos de invernadas, pues no existe infraestructura a nivel provincial de Copiapó para el procesamiento industrial de la carne. Sólo en la comuna de Vallenar existe un matadero, pero el transporte hasta dicha ciudad encarece el costo de producción de la carne, a niveles insostenibles para las economías familiares.

Al poseer ganados en sectores de montaña, el alimento de estos animales proviene principalmente de los pastizales y de especies que conforman las vegas de la cordillera, las cuales bajo procesos naturales y por efectos antrópicos en algunos casos, han variado en la disponibilidad de masa vegetal apta para alimento, principalmente por la disminución del recurso hídrico, del cual dependen.

**a. Comunidad de Paipote y Pastos Grandes**

La comunidad Comuna de Copiapó está ubicada en la zona central del territorio Colla cordillerano, teniendo al norte la comunidad de Diego de Almagro y al sur a la Comunidad de Río Jorquera. Estas comunidades Colla tienen un total de 75 vegas y 38 aguadas. La mayoría de las vegas corresponden a afloramientos de aguas en las partes de la veranada y algunas de ellas se encuentran en la Quebrada de Paipote. Las aguadas en cambio se localizan en laderas de los cerros en el fondo de pequeñas quebradas. Estas comunidades se componen de 3 cuencas y/o quebradas:

- Quebrada Paipote y sus afluentes, desde el sector de La Puerta hasta el nacimiento de los ríos y esteros, antes de llegar al altiplano, exceptuando las aguas de Ojos de Maricunga que juntan con la quebrada de Los Chinchos en el sector de la vega La Junta.
- Quebrada San Miguel y sus afluentes.
- Cuenca Alta del río Figueroa o Monardes, tributario del Jorquera.

Las aguas de estas dos comunidades corresponden a vegas y aguadas con afloramientos de vertientes. Sólo en el caso de la cuenca alta del río Figueroa que corresponde a las veranadas existen aguas de escurrimientos superficiales correspondientes al río Patón y Tigre.

**b. Comunidad Sinchi Waira**

Esta comunidad se localiza territorialmente en la cuenca superior de la Quebrada Paipote en el sector denominado Ojos de Maricunga y la quebrada del mismo nombre. Posee algunos afloramientos de aguas.

**c. Comunidad Río Jorquera**

La comunidad Río Jorquera, se ubica en el costado sur del territorio Colla, comprende una gran extensión territorial, compuesta por las siguientes cuencas y/o quebradas:

Cuenca del río Jorquera desde el "Salto de los Monos", o deslinde norte de la Hacienda Jorquera, hasta el nacimiento de todos sus afluentes, exceptuando la quebrada de

Monardes en la parte alta de la cuenca del río Figueroa y los ríos Turbio, Cachitos, El Nevado y Pircas Negras.

Quebrada de Carrizalillo. En el territorio de esta comunidad se encuentra un total de 222 vegas, la mayoría d ellas asociada a la cuenca de los ríos que forman la cuenca del río Jorquera, entre ellos: Figueroa, Turbio, Pircas Negras, Gallina, Nevado, Cachitos y otros afluentes. En cambio las aguadas se encuentran en lugares de laderas de cerros y en la invernadas alta y baja de la comunidad, las que se utilizan en el período de bajada de la cordillera y cuando los años son secos.

La importancia de las aguas y su escurrimiento para la economía Colla y la subsistencia en la cordillera es relevante pues posibilita el poblamiento Colla en la Cordillera al proporcionar agua para bebida de consumo humano y animal, el cultivo agrícola – forrajeros y autoconsumo.

Peña (2003) caracterizó la población Colla en la región de Atacama, obteniendo a través de encuestas los siguientes resultados (Tabla 12).

**Tabla 12. Población Colla en la región de Atacama.**

<b>COMUNIDAD</b>	<b>HABITANTES RURALES</b>
Diego de Almagro	27
Sinchi Wayra	0
Comuna de Copiapó	9
Pastos Grandes	22
Río Jorquera	34

## **2.6 Delimitación de los cuerpos de agua**

La delimitación de las aguas superficiales de la cuenca del río Copiapó (18.400 km<sup>2</sup>) se compone de 6 subcuencas, a saber, subcuenca del río Copiapó bajo, río Copiapó medio, quebrada Paipote, río Manflas, río Pulido y subcuenca del río Jonquera (Figura 10).

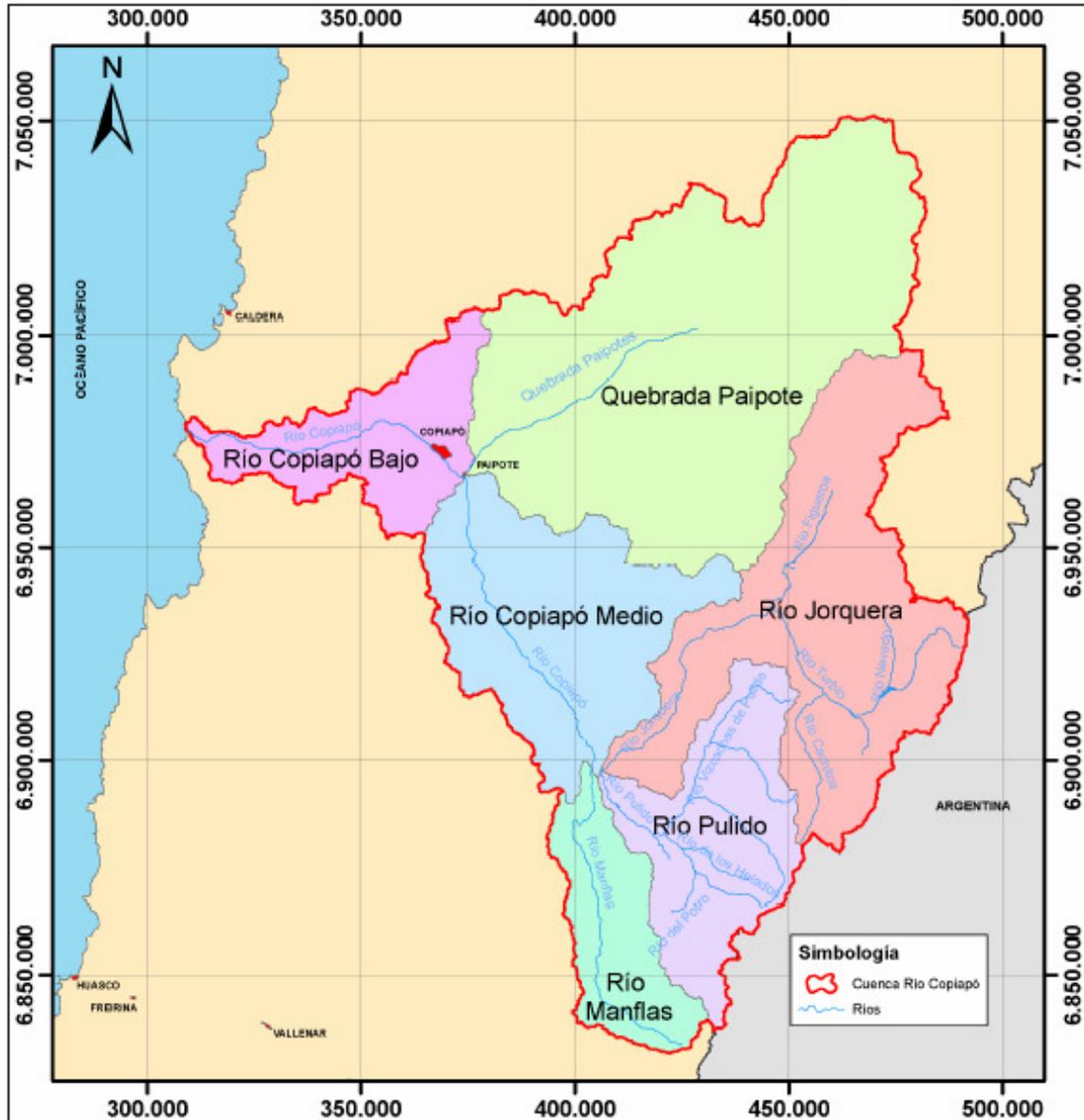
El río Copiapó en la zona alta tiene como principal subcuenca aportante la del río Jonquera, cuya superficie alcanza aproximadamente 4.166 km<sup>2</sup>. A ésta le sigue la subcuenca del río Pulido con alrededor de 2.033 km<sup>2</sup> y la subcuenca del río Manflas con una superficie de 1.213 km<sup>2</sup>. En el tramo medio del río Copiapó, el afluente que presenta una mayor superficie de drenaje corresponde a la subcuenca quebrada del río Paipote, con una superficie de aproximadamente 6.689 km<sup>2</sup> y luego la subcuenca del río Copiapó medio que tiene una superficie de 2.943 km<sup>2</sup> aproximadamente. La superficie restante corresponde a la cuenca del río Copiapó bajo hasta su desembocadura en el mar.

El uso o aprovechamiento de las aguas superficiales en la cuenca del río Copiapó está organizado y regulado por la Junta de Vigilancia del río Copiapó (JVRC). Los canales que están bajo su administración se dividen en 9 distritos de cordillera a mar, a saber, Distrito cordillera río Jonquera, Distrito cordillera río Pulido, Distrito cordillera río Manflas, Primer distrito, Segundo distrito, Tercer distrito, Cuarto distrito, Quinto distrito, Sexto distrito y Séptimo distrito.

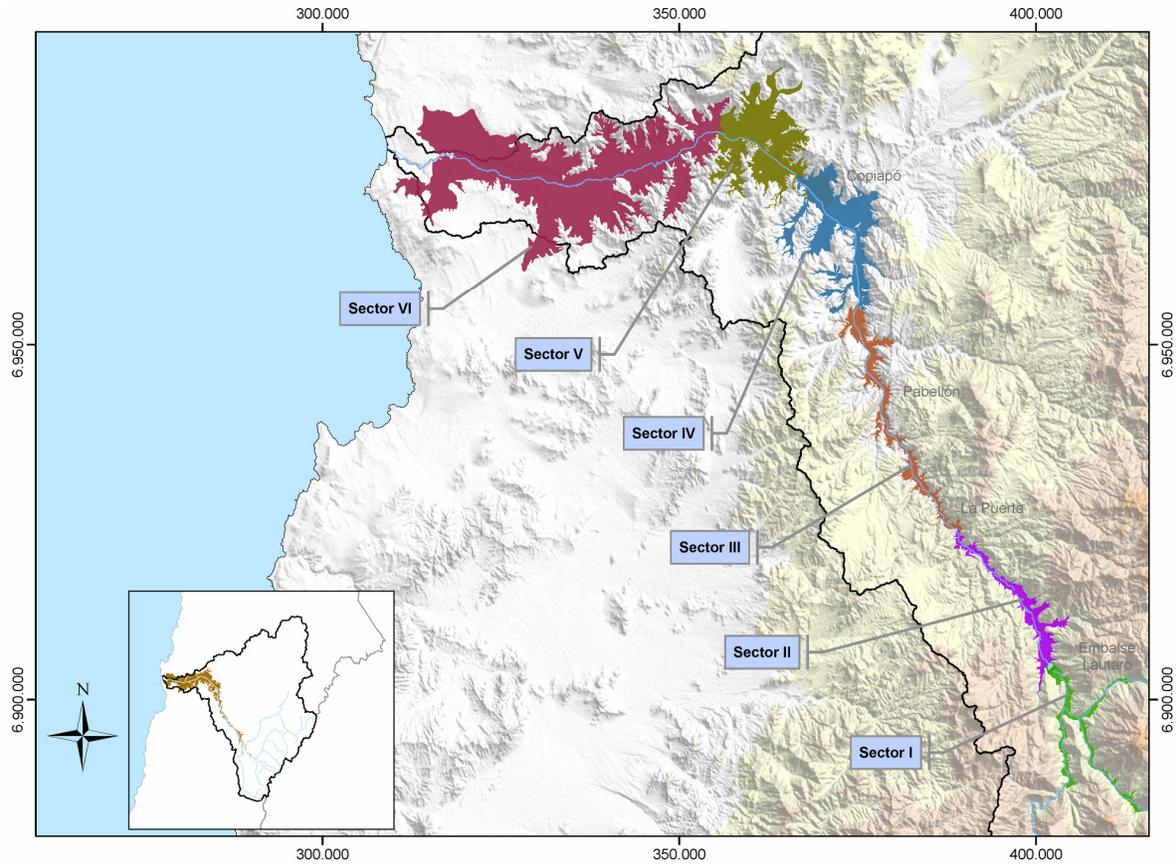
La delimitación de las aguas subterráneas de la cuenca del río Copiapó se divide en seis sectores acuíferos, a saber, Sector 1 aguas arriba del Embalse Lautaro, Sector 2 Embalse Lautaro La Puerta, Sector 3 La Puerta Mal Paso, Sector 4 Mal Paso Copiapó, Sector 5 Copiapó Piedra Colgada y Sector 6 Piedra Colgada Angostura (

Figura 11). Esta división constituye un criterio técnico que la DGA adopta para los efectos de concesión de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de cordillera a mar.

**Figura 10. Delimitación cuerpos de agua superficial**



**Figura 11. Delimitación cuerpos de agua subterráneos**



## 2.7 Recursos hídricos

El río Copiapó se forma en La Junta, a partir de la confluencia del río Jorquera y el río Pulido. Unos kilómetros aguas abajo de La Junta se agrega el río Manflas. El río de mayor aporte es el Pulido pese a que su hoya es aproximadamente la mitad que la del Jorquera. Esto se debe a la existencia de ventisqueros en las cabeceras de los ríos Los Helados y Montosa, dos de los afluentes del Pulido (DGA, 2004). El río Manflas, además de tener una cuenca más pequeña, drena menos precipitación de la cordillera.

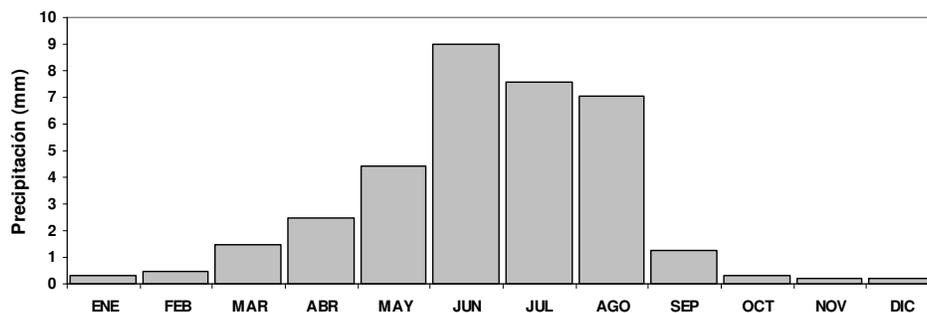
Además, existen quebradas laterales que normalmente se encuentran secas y aportan agua al Río Copiapó sólo al producirse precipitaciones importantes en el altiplano, siendo la principal de ellas la Quebrada de Paipote.

Además de los recursos superficiales, el agua subterránea almacenada en el acuífero es de enorme importancia debido a que soporta en gran medida la agricultura, la minería, y el agua para el consumo de la población.

### 2.7.1 Descripción hidrológica

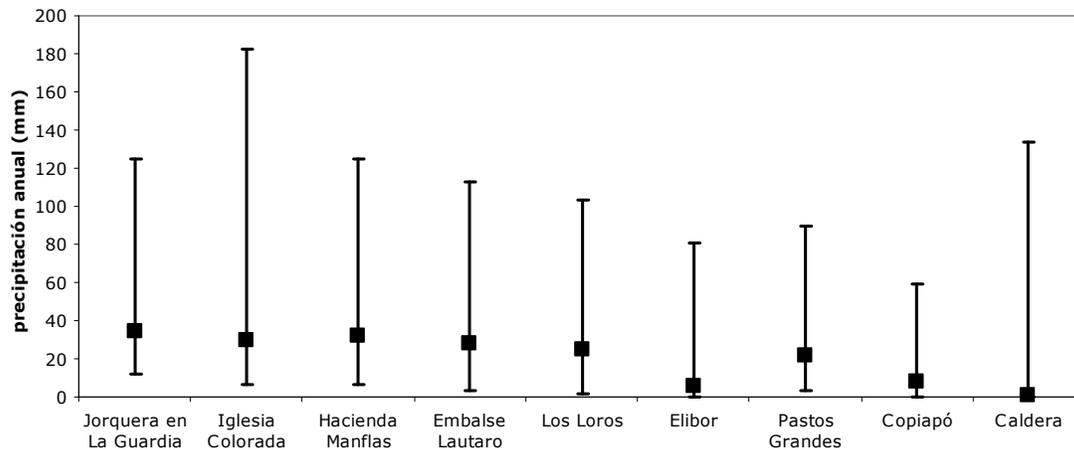
La precipitación media anual en la cuenca del río Copiapó es de 28 milímetros. La Figura 12 muestra las precipitaciones medias mensuales en la estación Embalse Lautaro. Su comportamiento es muy variado a lo largo del tiempo, con épocas de sequía de duración prolongada alternadas con años con mayores precipitaciones. Este comportamiento de las precipitaciones genera una alta variabilidad y asimetría en los caudales del río y las recargas del acuífero.

**Figura 12 . Precipitaciones medias mensuales estación Embalse Lautaro**



La lluvia se concentra en la parte alta de la cuenca del Copiapó, alcanzando valores importantes hasta la estación Los Loros. Los valores de precipitación disminuyen significativamente en la parte baja (Figura 13).

**Figura 13. Precipitación media anual, probabilidad excedencia 10%-85%.**

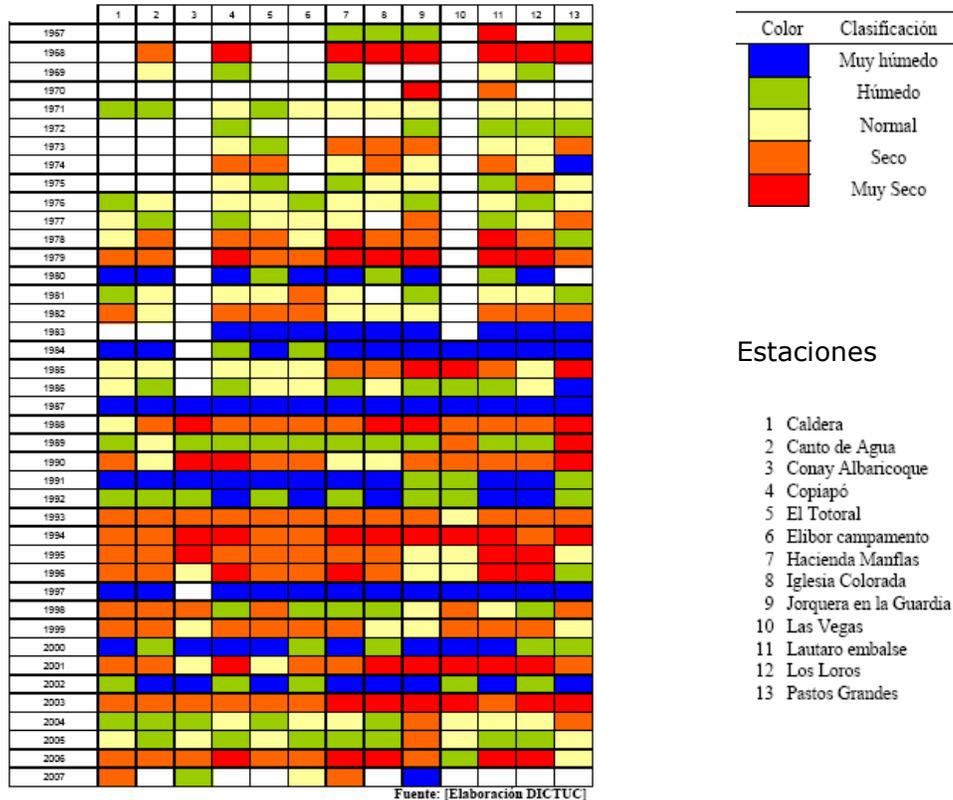


Además, la asimetría de la precipitación de esta cuenca provoca una marcada diferencia de la magnitud de la ocurrencia de los años húmedos y secos de un año promedio. Otro aspecto importante que caracteriza a la lluvia mensual es el carácter estacional, donde aproximadamente el 90% de la precipitación anual cae en periodo abril-septiembre.

El comportamiento de las precipitaciones en la zona se caracteriza por una alta variabilidad espacial y temporal en las magnitudes anuales registradas. A continuación se muestra un análisis de clasificación de la cuenca del río Copiapó (Figura 14) a partir de la información de 13 estaciones de precipitación para el periodo 1967-2007.

La clasificación está expresada como un color para cada año y tiene asociada un criterio que va desde muy húmedo hasta muy seco. De los 40 años observados, menos del 25% son años de humedad significativa, siendo la moda años de secos a muy secos.

**Figura 14 . Clasificación estado de las precipitaciones**



**Estaciones**

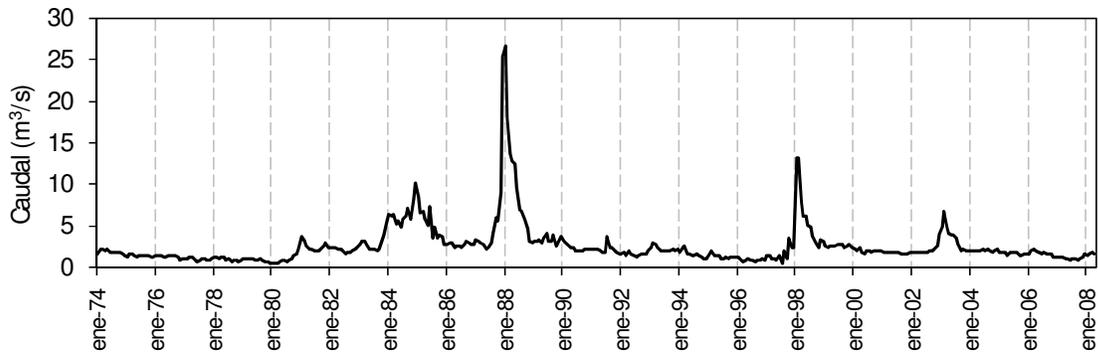
- 1 Caldera
- 2 Canto de Agua
- 3 Conay Albaricoque
- 4 Copiapó
- 5 El Totoral
- 6 Elibor campamento
- 7 Hacienda Manflas
- 8 Iglesia Colorada
- 9 Jorquera en la Guardia
- 10 Las Vegas
- 11 Lautaro embalse
- 12 Los Loros
- 13 Pastos Grandes

**2.7.2 Aguas superficiales**

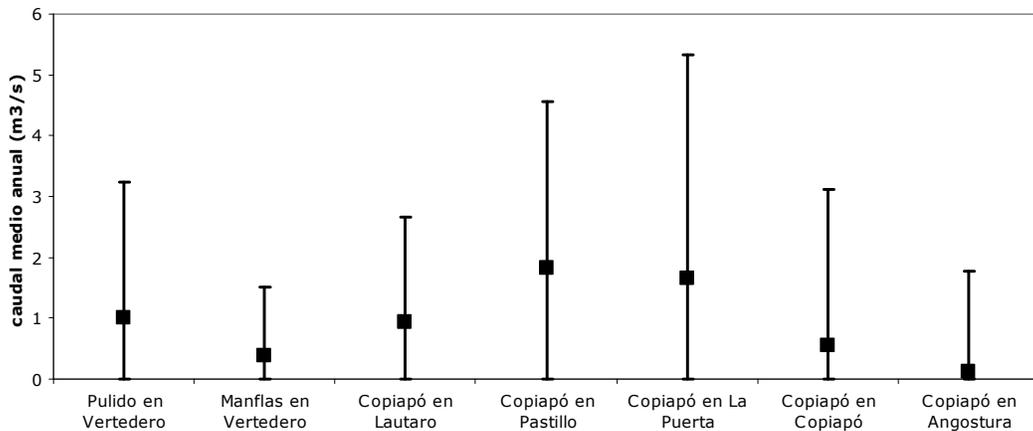
El río Copiapó se caracteriza por tener un régimen de escurrimiento de tipo mixto, con un caudal promedio de 2,4 m<sup>3</sup>/s y una mediana de 2,0 m<sup>3</sup>/s en la estación río Copiapó en La Puerta. Es decir, la mitad de los caudales medios mensuales que ocurren en esta estación son inferiores a 2,0 m<sup>3</sup>/s (Figura 15).

El caudal medio anual río Copiapó anual está regulado por el embalse Lautaro y disminuye desde Copiapó en Pastillo hacia aguas abajo (Copiapó en Angostura). La distribución estadística de caudales es asimétrica y de poca estacionalidad anual (Figura 16).

**Figura 15. Caudales históricos río Copiapó**



**Figura 16. Caudales medios anuales probabilidad de excedencia 10%-85%**



### 2.7.3 Aguas subterráneas

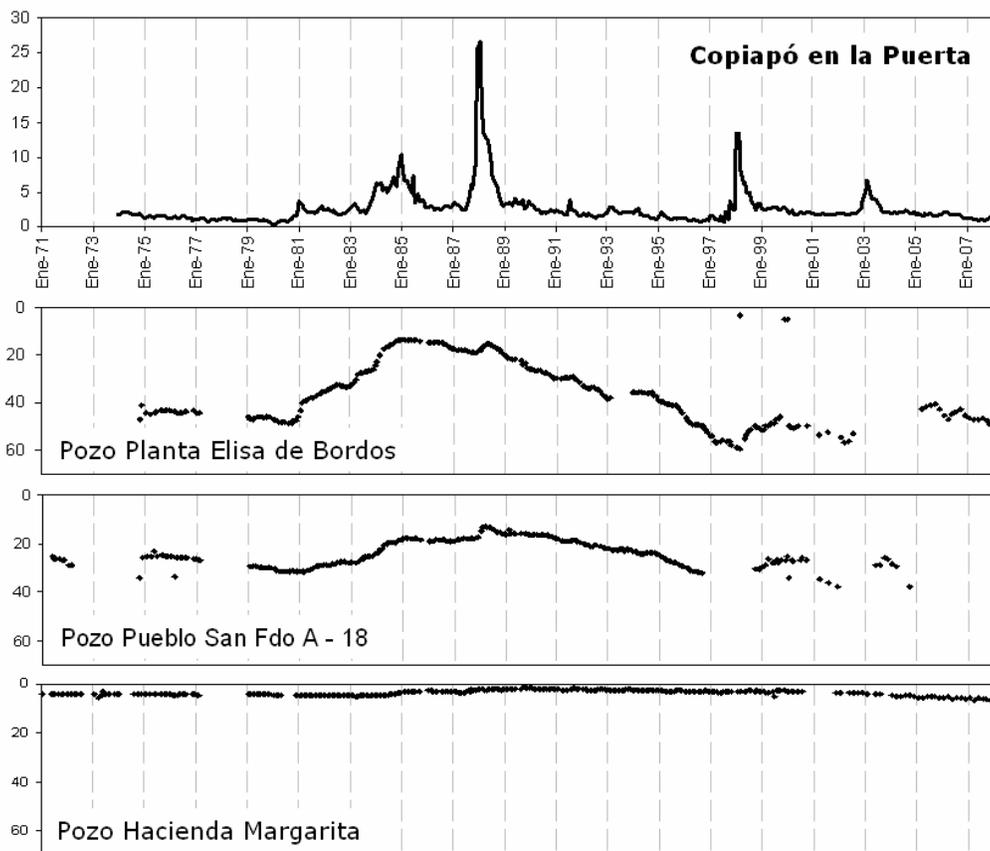
El acuífero del río Copiapó corresponde a una fuente importante de recurso hídrico para el desarrollo económico de la cuenca. El primer estudio relevante en el área de la evaluación de recursos hídricos subterráneos desarrollado por Álamos y Peralta (1987), estimó un valor de recarga del orden de los 4,0 m<sup>3</sup>/s, el que no ha sido cuestionado en estudios posteriores.

Los niveles de agua subterránea en el acuífero del Copiapó se encuentran altamente influenciados por la variabilidad hidrológica en la parte intermedia de la cuenca, es

decir entre La Puerta y Piedra Colgada, principalmente por los caudales superficiales del río Copiapó y aportes de recargas laterales.

La Figura 17 muestra cómo el caudal en el río Copiapó en La Puerta influencia los niveles del agua en el acuífero hacia aguas abajo de la estación fluviométrica. Por el contrario, en las partes altas y bajas del de la cuenca, el nivel del agua subterránea es más estable y se independiza de la condición hidrológica.

**Figura 17. Efecto del caudal superficial en los niveles del acuífero aguas abajo estación Copiapó en La Puerta.**

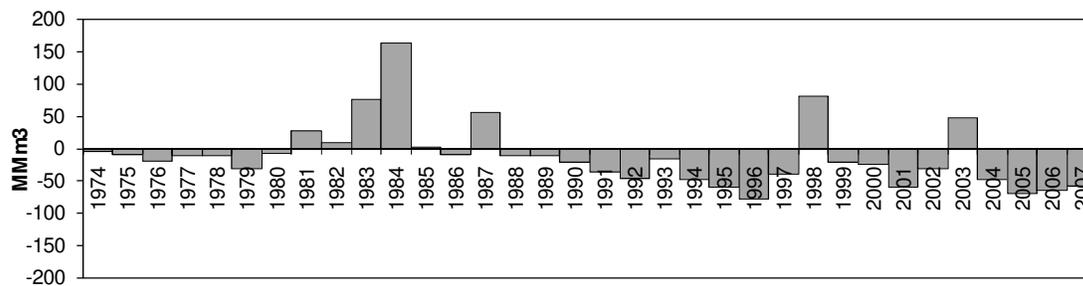


El acuífero de Copiapó ha sostenido periodos de pérdidas y otros de ganancia, debido a las condiciones hidrológicas asociados a periodos de bajas y altas recargas sobre el acuífero y el estado de explotación. De la Figura 18 se observa que el período de 1975

- 1980 siempre existe pérdida respecto del año anterior, a tasas inferiores a los 20 MMm<sup>3</sup>/año.

El período 1981 - 1988 existe recargas netas sobre el acuífero, respecto del año anterior. Sin embargo, a partir del año 1989 existe un aumento de la frecuencia de los años de pérdida de volumen almacenado y también un aumento de la pérdida de volumen de almacenamiento produciéndose un vaciamiento casi sostenido del acuífero a tasas de 50 a 100 MMm<sup>3</sup>/año.

**Figura 18. Variación del volumen almacenado en el acuífero de Copiapó**



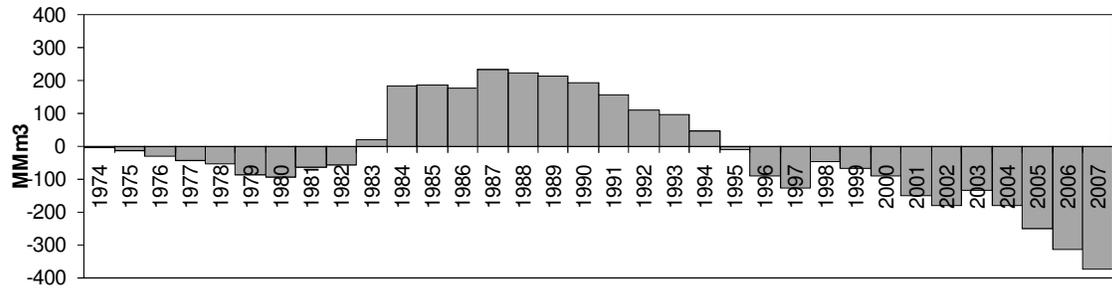
#### 2.7.4 Balance hídrico

El efecto acumulado respecto de la variación de almacenamiento en relación al año 1975 se observa en la Figura 19a, en que los niveles de agua subterránea se comienzan a recuperar a partir del año 1981 y posterior al año 1988 existe un vaciamiento sostenido del acuífero.

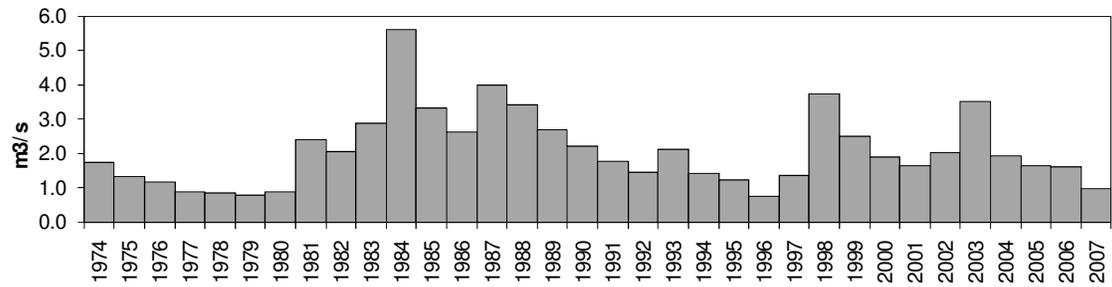
En la Figura 19b, se aprecia la oferta de aguas subterráneas estimado como la diferencia entre el caudal medio anual medido en la estación Copiapó en La Puerta y el caudal de Copiapó en Angostura.

La Figura 19c muestra la el consumo de agua subterránea interpretado como la diferencia entre la oferta hídrica del acuífero y la variación del volumen almacenado en el acuífero.

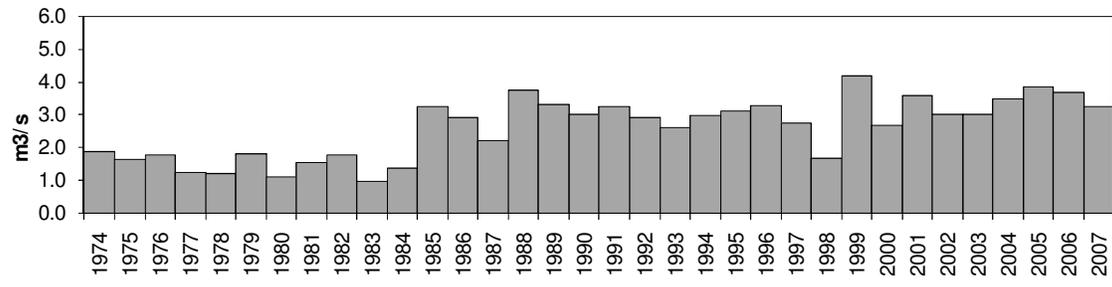
**Figura 19. Balance hídrico del acuífero de Copiapó**



a)



b)



c)

### 2.7.5 Calidad del agua

*Después de hacerse la noche, seguimos cabalgando hasta que llegamos a una quebrada lateral donde se encuentra un pequeño pozo conocido con el nombre de "agua amarga". El agua de ese pozo bien merece el nombre que se le ha dado; no sólo es salobre, sino también amarga y pútrida, a tal punto que no pudimos pasarla en infusiones de té o mate (Darwin, 1835).*

Según Niemeyer (1980) el río Copiapó es el último de los ríos chilenos, en una secuencia norte sur, que presenta problemas serios de contaminación química.

Los ríos de cordillera, formativos de los tributarios directos de Copiapó, han sido escasamente muestreados. Los ríos Jorquera, Pulido y Manflas cuentan en las cercanías de La Junta con 10 análisis, cuyos promedios se indican en la Tabla 13.

Los índices para los tributarios del Copiapó indican que presentan condiciones aceptables para usos agrícolas, aunque el río Jorquera demuestra tener casi el doble de contenido de sales que el Pulido y el Manflas. Con respecto al río Copiapó, los índices acusan un comportamiento ligeramente cambiante desde La Junta hasta la ciudad de Copiapó, incrementándose paulatinamente la contaminación, pero se mantiene en valores discretos.

A partir de Copiapó, sin embargo, la calidad del agua empeora notablemente hasta alcanzar un deterioro total en María Isabel y con mayor razón en Angostura. El cambio de calidad de San Fernando hacia el mar podría atribuirse a los aportes subterráneos de la quebrada Paipote; a la intercepción de estratos salinos de origen marino; al retorno del agua de riego y, en la parte más baja, probablemente a la superficialidad del nivel freático y a la evaporación desde él que produce una concentración de sales.

Niemeyer (1980) indica sobre la calidad química del agua lo siguiente,

- La calidad química del agua subterránea es inferior a la del agua superficial
- Entre la desembocadura de la quebrada Cerrillos y la de Paipote, la calidad del agua subterránea es bastante pareja y tiene sólidos disueltos equivalentes a no más de 1000 ppm.

- Desde la quebrada Paipote hacia el mar se produce un aumento gradual y sostenido de sólidos disueltos incrementándose notablemente los porcentajes de sulfatos, cloruros y sodio.

También indica que la calidad de las aguas subterráneas muestreadas abajo de la ciudad de Copiapó es crítica respecto a la conductividad total y que su peligrosidad por concepto de contaminación de sodio libre y boro es moderada a alta.

**Tabla 13. Calidad del agua cuenca del río Copiapó (Niemeyer, 1980)**

ESTACIÓN		PH	CONDUC. μMHOS	SAR.	B PPM
Río Jorquera	La Junta	7,83	1 325	2,20	1,30
Río Pulido	La Junta	7,86	570	0,654	0,40
Río Manflas	Vertedero	7,95	440	0,54	0,16
Río Copiapó	Pastillo	7,88	880	1,50	0,84
	San Antonio	7,85	910	1,48	1,23
	La Puerta	7,86	1 050	1,56	0,72
	Mal Paso	7,84	1 030	1,52	0,73
	Piedra Colgada	7,86	2 125	2,90	1,00
	María Isabel	7,35	4 320	4,57	1,50
	Angostura	7,80	6 320	7,63	3,40

A continuación se presentan los antecedentes recabados del estudio "Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad (CADE IDEPE, 2004), en relación a la tendencia central de parámetros de calidad del agua en la cuenca del río Copiapó.

## **Conductividad eléctrica**

Río Jonquera. Para la estación en vertedero se observa un comportamiento homogéneo en la conductividad eléctrica, con una tendencia central creciente con un valor de 1200  $\mu\text{S/cm}$ , en una serie de tiempo de catorce años.

Río Pulido y Río Manflas. En la estación vertedero se observa un comportamiento constante de la conductividad con una tendencia central plana con un valor de 500  $\mu\text{S/cm}$ , en una serie de tiempo de veinte años.

Río Copiapó. Se observa un comportamiento similar entre las estaciones, con una tendencia central plana en cada estación en una serie de tiempo de dieciséis años, con valores de 1.000  $\mu\text{S/cm}$  en by pass Lautaro y Mal Paso, 2.100  $\mu\text{S/cm}$  en Piedra Colgada y 1.100  $\mu\text{S/cm}$  en La Puerta. En la estación Angostura se observa desde 1999 un comportamiento homogéneo con una tendencia central creciente con un valor de 5000  $\mu\text{S/cm}$ .

## **Oxígeno disuelto**

Río Jonquera. El oxígeno tiene una serie de tiempo de aproximadamente diez años donde se observa un comportamiento creciente hasta 1997 para luego pasar a una tendencia plana con un valor de 8,5 mg/l.

Río Pulido. Se observa una tendencia central creciente hasta 1998 para luego presentar una tendencia plana con un valor de 9 mg/l, en una serie de diez años.

Río Manflas. Se observa una tendencia central creciente en un valor de 8,9 mg/l en una serie de tiempo de 10 años.

Río Copiapó. Para la estación by pass Lautaro se observa una tendencia central decreciente para el oxígeno disuelto en una serie de tiempo de cinco años con valores que varían de 11,8 a 7,8 mg/l. En la estación La puerta se observa una variación decreciente en 1997, para observar una tendencia creciente a lo largo del año y mantenerse en un valor de 8,5 mg/l. En Angostura la tendencia es decreciente en un valor de 9,8 mg/l en una serie de tiempo restringida a cinco años.

## **pH**

Ríos Jonquera y Manflas. Se observa en una misma serie de tiempo igual comportamiento, creciente y plano. Hasta 1994 se observa un aumento del valor de pH, para permanecer con un valor de 8.

Río Pulido. Se observa una tendencia central plana en un valor de 8 para una serie de tiempo de doce años.

Río Copiapó. Para las estaciones Mal Paso, Piedra Colgada y Puente Bodega se observa un comportamiento similar entre estaciones, con una tendencia central plana con un valor aproximado de 7,7. Se puede señalar que a lo largo del río el pH tiende a mantenerse constante en un valor de 7,7, levemente básico.

## **Cloruro**

Río Jonquera. LA tendencia central es creciente en una serie de tiempo de diez años con un valor de 70 mg/l.

Río Pulido y Río Manflas. La tendencia central es plana con un valor de 15 mg/l para ambas estaciones en una serie de tiempo de diez años.

Río Copiapó. La tendencia central de las estaciones by pass Lautaro, La Puerta, Mal Paso y Puente Bodega es plana con valores de 40, 50, 45 y 70 mg/l respectivamente. En las estaciones Piedra Colgada y Angostura ka tendencia central es creciente con valores de 130 y 520 mg/l.

## **Sulfatos**

Río Jonquera. La tendencia central es creciente en una serie de tiempo de diez años con un valor de 450 mg/l.

Río Pulido y Río Manflas. LA tendencia central es plana en una serie de tiempo de diez años para ambos ríos con un valor de 100 mg/l para el río Manflas y de 150 mg/l para el río Pulido.

Río Copiapó. La tendencia central de las estaciones by pass Lautaro, La Puerta, Mal Paso y Puente Bodega es plana con valores de 300, 350, 350 y 500 mg/l, respectivamente, en series de tiempos diferentes. En las estaciones Piedra Colgada y Angostura la tendencia central es creciente con valores de 850 y 1750 mg/l.

### **Boro**

Río Jonquera y Río Pulido. La tendencia central es plana en la serie de tiempo de diez años con un valor del 1,5 y 1,0 mg/l.

Río Pulido. La tendencia es levemente decreciente en la serie de tiempo de trece años con un valor de 1,3 mg/l.

Río Copiapó. Para las estaciones by pass Lautaro y Puente Bodega se observa una tendencia central decreciente con un valor de 1,3 mg/l. En las estaciones La Puerta y Mal Paso se observa una tendencia central decreciente con un valor de 1,0 mg/l. Las estaciones Piedra Colgada y Angostura presentan un valor de 2,7 y 3,9 mg/l respectivamente.

### **Cobre**

Río Jonquera y Pulido. En ambos ríos se observa una tendencia central plana con un valor de 18 µg/l para el río Jonquera y de 40 µg/l n el río Pulido. Se puede afirmar que el mayor aporte en cobre al río Copiapó proviene del río Pulido.

Río Manflas. La tendencia central es decreciente en una serie de diez años con un valor de 21 µg/l.

Río Copiapó. La tendencia central es creciente en las estaciones La Puerta, mal Paso, Piedra Colgada y Angostura con un valor de 90 µg/l, a excepción de la estación Mal Paso donde se observa un valor de 50 µg/l.

### **Cromo total**

Río Jonquera y río Manflas. En ambos ríos se observa un mismo comportamiento con una tendencia central creciente en las respectivas series de tiempo de cinco años, con un valor de 18 µg/l para el río Jonquera y de 12 µg/l para el río Manflas. El

comportamiento a lo largo de las serie ha sido constante en un valor donde se observa un peak y luego se mantiene constante en un valor superior por otro período de tiempo y así sucesivamente.

Río Pulido. El comportamiento a lo largo de la serie de tiempo de siete años es permanecer constante en un valor para luego presentar un peak y permanecer en el nuevo valor por otro período de tiempo y así sucesivamente, para observar en los últimos registros una disminución a un valor de 18 µg/l.

Río Copiapó. En by pass Lautaro, se observa una tendencia central levemente decreciente con un valor de 12 µg/l en una serie de tiempo de cuatro años. Para las estaciones La Puerta y Piedra Colgada se observa un comportamiento similar entre estaciones, con una tendencia central decreciente en cada estación en una serie de tiempo de cuatro años con valores de 12 µg/l y 23 µg/l respectivamente. En la estación Mal Paso se observa un valor de 17 µg/l.

## **Hierro**

Río Jonquera y Pulido. En ambos ríos se observa un mismo comportamiento en una serie de catorce años con una tendencia central creciente con un valor de 2,5 µg/l para el río Jonquera y de 1,8 µg/l en el río Pulido.

Río Manflas. El comportamiento a lo largo de la serie de tiempo de diecisiete años es fuertemente decreciente hasta 1992 para permanecer constante en los últimos años de registro, con una tendencia central decreciente en un valor de 1,8 µg/l.

Río Copiapó. A lo largo del río hay valores de la tendencia central que se mantienen de una estación a otra con es en Mal Paso, Piedra Colgada y Angostura, todas ellas con valor 1,8 µg/l. En la parte alta del río, en by pass Lautaro, el valor es de 2,5 µg/l y en La Puerta es de 3,5 µg/l.

Respecto a la calidad del agua y su importancia para el sostenimiento de los ecosistemas, ella es de gran relevancia. Por una parte se debe considerar que los sistemas acuáticos difieren en sus propiedades naturales, lo que marca diferencias en la biota. Aguas de salares ricas en sílice sostienen grandes comunidades de microalgas Diatomeas y ellas a poblaciones de flamencos. En otros cursos de aguas esos niveles de sílice serían negativos para la biota. Por otra parte, cambios importantes en la calidad del agua, como la contaminación en episodios agudos como de larga data, pueden producir cambios significativos en las comunidades acuáticas, en especial a niveles más micro, como los son cambios en microalgas o zoobentos, los que tienen profundas implicancias a niveles macro, como comunidades de aves por ejemplo. La mantención de las propiedades naturales de los ecosistemas acuáticos dentro de rangos permisibles es fundamental para la conservación de la biodiversidad en la cuenca.

Sobre la base de lo anteriormente expuesto, se concluye que el río de mejor calidad natural de la cuenca es el río Manflas y el curso de calidad más desmejorada de la cuenca es el río Copiapó aguas abajo de la ciudad de Copiapó.

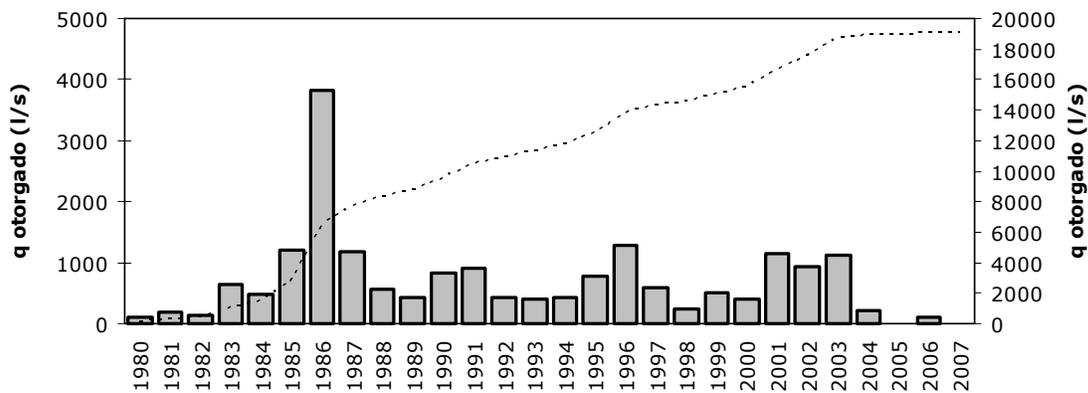
Los parámetros más relevantes en la cuenca son principales los metales. La Conductividad eléctrica, boro, cobre, cromo, hierro y aluminio son parámetros que se encuentran presentes en todos los cauces de la cuenca. Los sulfatos se encuentran ampliamente distribuidos en la cuenca del río Copiapó. Los resultados del muestreo indican que es muy probable que se encuentre estaño ampliamente distribuido en la cuenca del río Copiapó. El color aparente y los nitritos sólo aparecen en río Copiapó en Pte. Bodega aguas debajo de la ciudad de Copiapó, por lo cual es probable que su origen sea netamente antrópico.

El río Copiapó presenta calidad similar a sus tributarios, teniendo en algunos sectores calidad inferior a la de los tributarios.

## 2.8 Usos y tenencia del agua

A continuación se presentan los antecedentes relativos a la tenencia y uso de los derechos de aprovechamiento de agua de la cuenca del río Copiapó. Estos corresponden a la información resultante de la sistematización y levantamiento de información de usos y demandas del estudio en elaboración Análisis integrado de gestión en cuenca del río Copiapó (DGA – DICTUC, 2009). La recopilación de la información de derechos y usos contempló la consulta de diversas fuentes, a saber, la Dirección General de Aguas, Conservador de Bienes Raíces, Juzgado de Letras y del Servicio Agrícola y Ganadero.

**Figura 20. Derechos de agua otorgados por año y la suma total otorgada**



### 2.8.1 Aguas superficiales

Los derechos de aprovechamiento de agua superficial en la cuenca del río Copiapó alcanzan un total de 104 derechos (El uso o aprovechamiento de las aguas superficiales en la cuenca del río Copiapó está organizado y regulado por la Junta de Vigilancia del río Copiapó (JVRC). Los canales que están bajo su administración se dividen en 9 distritos de cordillera a mar, a saber, Distrito cordillera río Jonquera, Distrito cordillera río Pulido, Distrito cordillera río Manflas, Primer distrito, Segundo distrito, Tercer distrito, Cuarto distrito, Quinto distrito, Sexto distrito y Séptimo distrito.

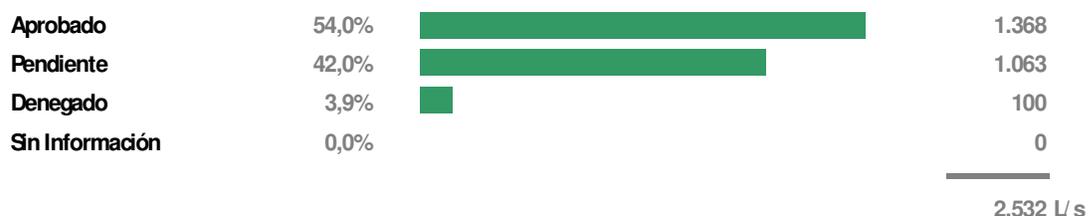
Figura 21) y representan un caudal de 2,5 m<sup>3</sup>/s (Figura 22). En relación a los usos de los derechos de aprovechamiento, el uso industrial representa el 90 % del caudal otorgado (Figura 23).

El uso o aprovechamiento de las aguas superficiales en la cuenca del río Copiapó está organizado y regulado por la Junta de Vigilancia del río Copiapó (JVRC). Los canales que están bajo su administración se dividen en 9 distritos de cordillera a mar, a saber, Distrito cordillera río Jonquera, Distrito cordillera río Pulido, Distrito cordillera río Manflas, Primer distrito, Segundo distrito, Tercer distrito, Cuarto distrito, Quinto distrito, Sexto distrito y Séptimo distrito.

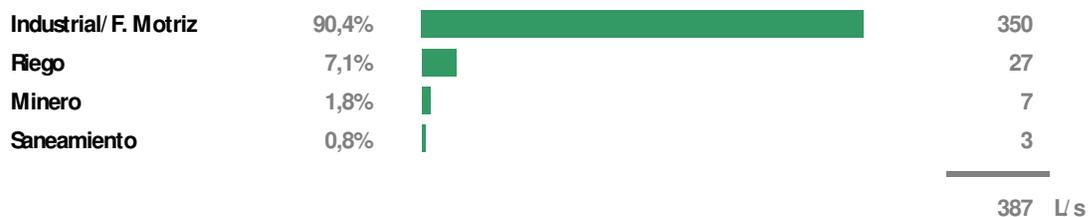
**Figura 21. Derechos de aprovechamiento superficiales**



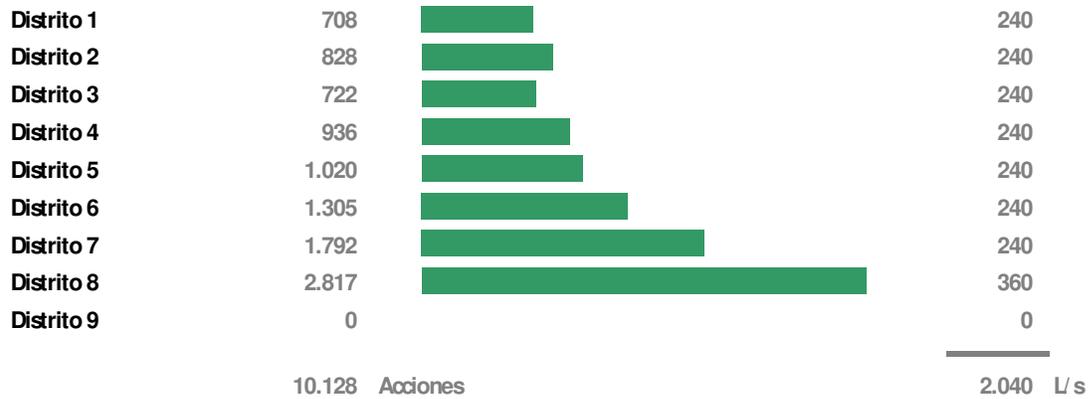
**Figura 22. Caudal en derechos de aprovechamiento superficiales**



**Figura 23. Uso de los derechos de aprovechamiento superficiales**



**Figura 24. Acciones en los 9 distritos de riego del río Copiapó.**



**Figura 25. Acciones en ríos tributarios del río Copiapó.**



### 2.8.2 Aguas subterráneas

Los derechos de aprovechamiento de agua subterránea en la cuenca del río Copiapó alcanzan un total de 888 derechos (Figura 27) y representan un caudal de 19,3 m<sup>3</sup>/s (Figura 27).

En relación a los usos de los derechos de aprovechamiento, el uso para riego representa el 56,7 %, el sector minero representa el 17,2% y el uso para agua potable el 8,8 % del caudal otorgado (Figura 28). De los derechos de aprovechamiento subterráneos, el 63,1 % de los derechos corresponden a un uso para riego, el 15,9 % de uso minero y el 6,0 % a uso par agua potable (Figura 29).

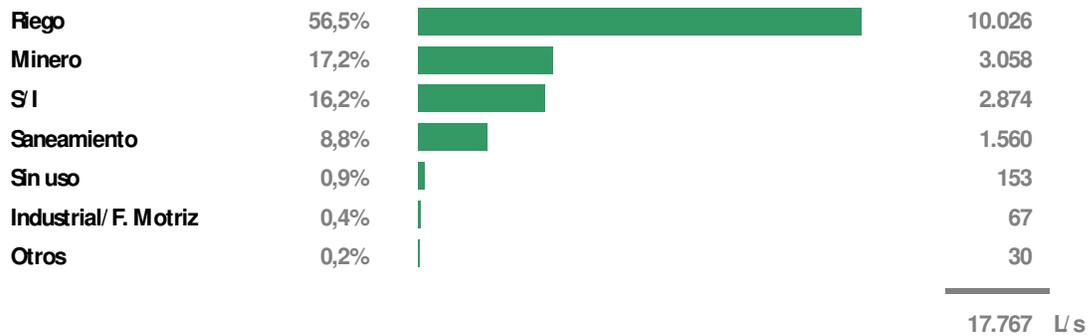
**Figura 26. Caudal otorgado en derechos subterráneos.**



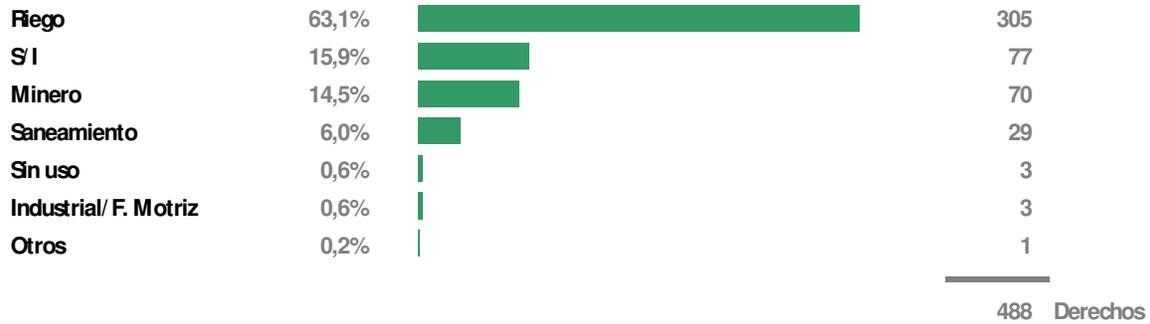
**Figura 27. Derechos de aprovechamiento subterráneo otorgados.**



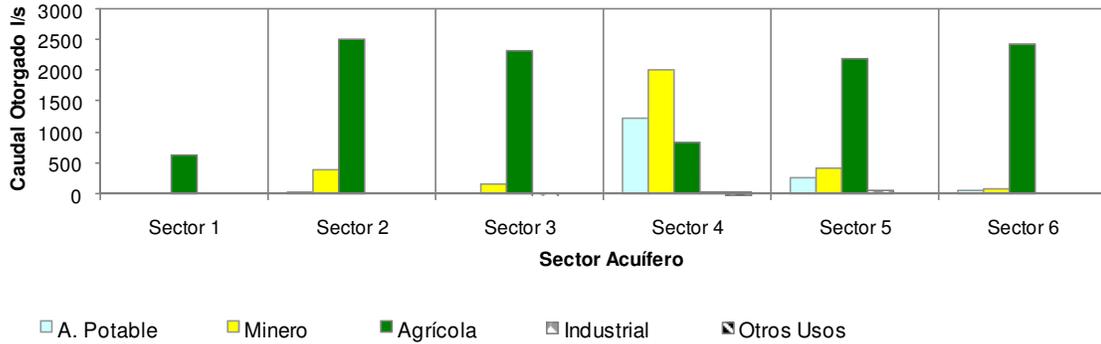
**Figura 28. Usos de los derechos de aprovechamiento subterráneo**



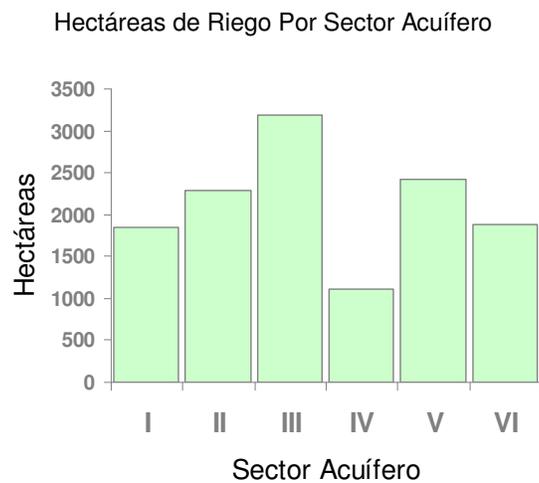
**Figura 29. Usos de los derechos de aprovechamiento subterráneo**



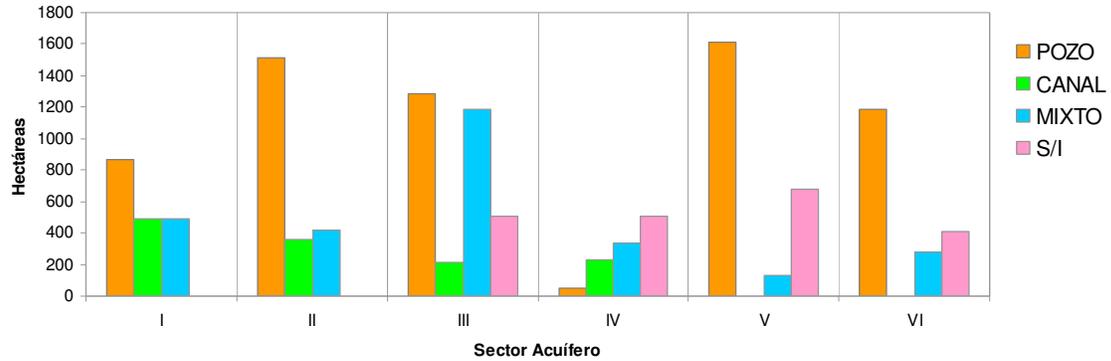
**Figura 30. Usos de los derechos de aprovechamiento subterráneo**



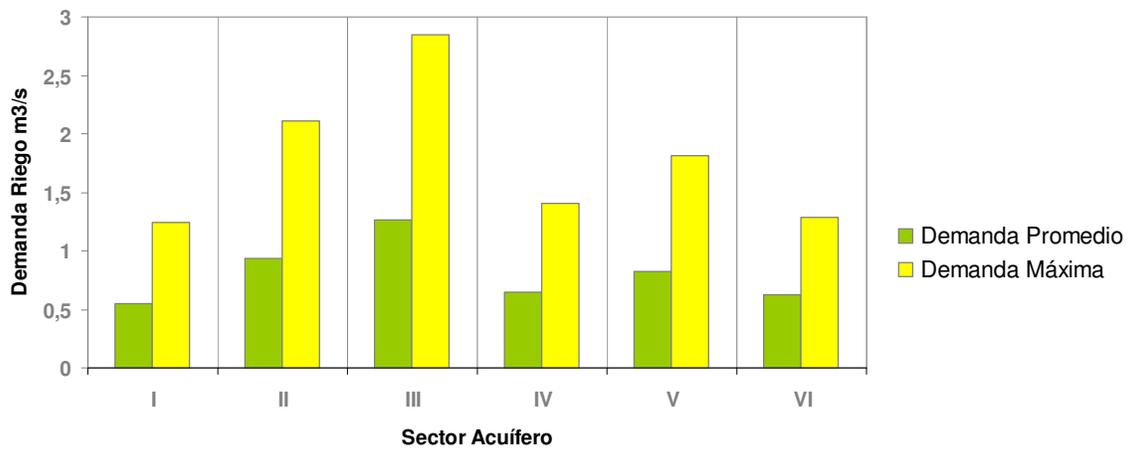
**Figura 31. Hectáreas de riego por sector acuífero**



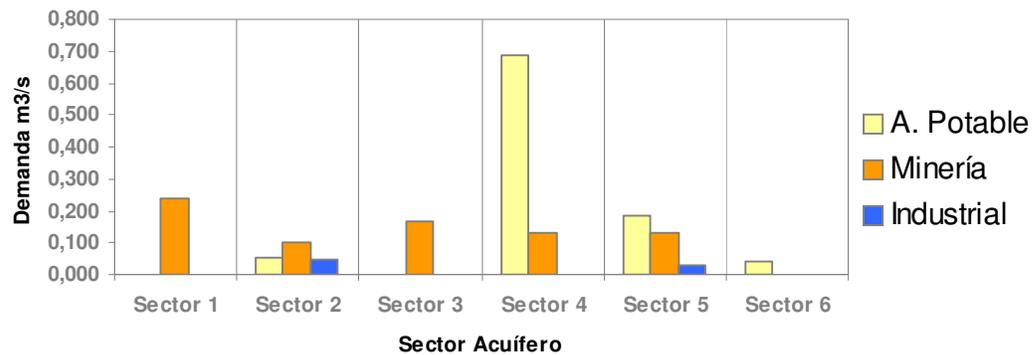
**Figura 32. Hectáreas regadas por fuente y por sector acuífero**



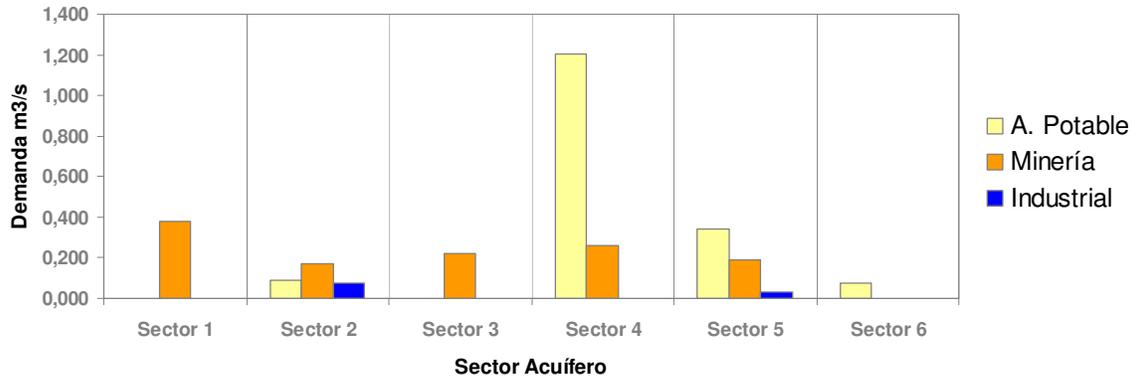
**Figura 33. Demanda de riego por sector acuífero**



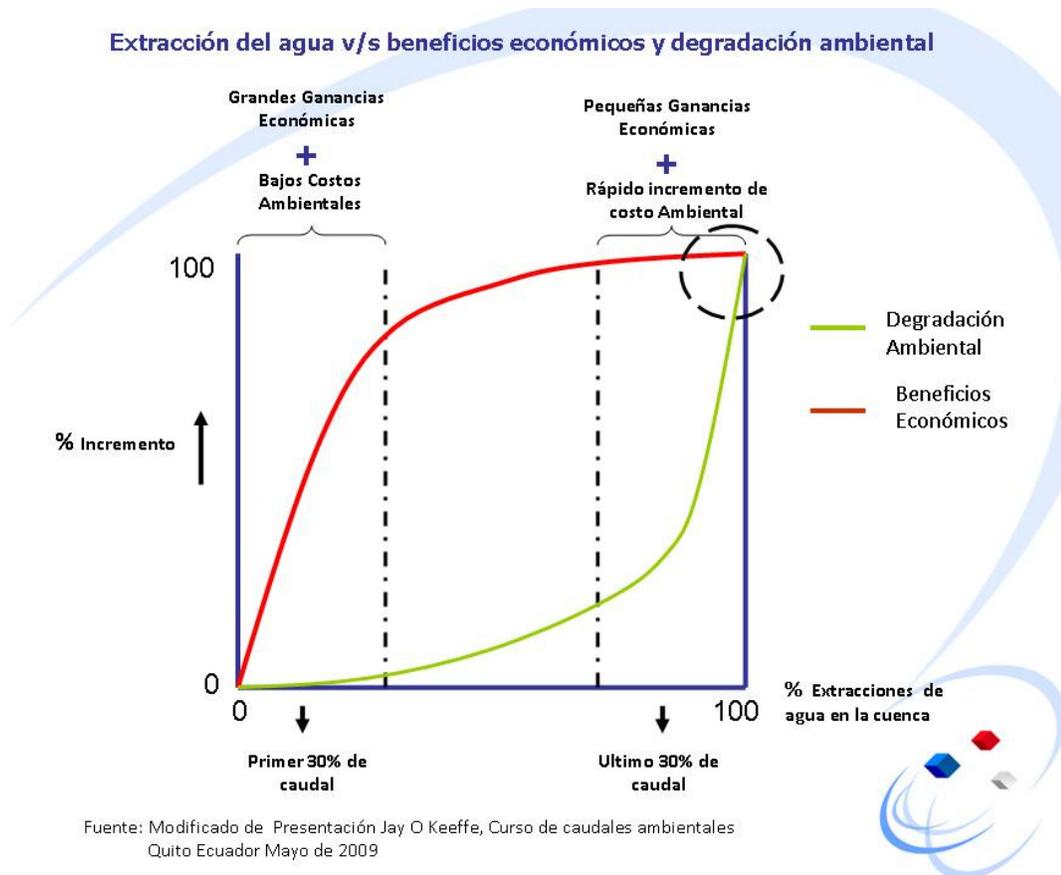
**Figura 34. Demanda bruta de agua por sector acuífero y uso**



**Figura 35. Demanda máxima de agua por sector acuifero**



**Figura 36. Extracción de agua v/s beneficios económicos y degradación ambiental**



## 2.9 Red de monitoreo

La red de monitoreo en la cuenca del río Copiapó contempla estaciones fluviométricas, sedimentométricas, piezométricas, de calidad del agua, además de meteorológicas y de calidad del aire.

Las estaciones pluviométricas corresponden a 17 estaciones concentradas en la subcuenca del río Copiapó y en la porción baja de las subcuencas del río Manflas, Pulido y Jonquera (Tabla 14).

Las estaciones sedimentométricas corresponden a 3 estaciones de medición de sedimentos ubicadas en la subcuenca del río Pulido, Jonquera y Copiapó (Tabla 15).

Las estaciones de medición de niveles de agua subterránea corresponden a 54 estaciones concentradas principalmente en las subcuencas del río Copiapó medio y bajo (Tabla 16).

Las estaciones de calidad del agua corresponden a 18 estaciones de medición concentradas en las subcuencas del río Copiapó medio y bajo (

Tabla 17).

La cuenca del río Copiapó presenta 10 estaciones de medición de parámetros meteorológicos (

Tabla 18).

**Tabla 14. Estaciones fluviométricas cuenca río Copiapó**

<b>N</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
1	Río Manflas	Río Manflas En Vertedero
2		Río Manflas Ante Junta Con Río Copiapo

<b>N</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
3		Río Manflas En Casa De La Hacienda
4	Río Pulido	Río Pulido En Vertedero
5	Río Jonquera	Río Jorquera En Vertedero
6	Río Copiapó	Río Copiapo En Pastillo
7		Río Copiapo En Lautaro
8		Río Copiapo En San Antonio
9		Río Copiapo En La Puerta
10		Río Copiapo En El Bosque
11		Río Copiapo En Pabellon
12		Río Copiapo En Mal Paso Aguas Arriba Canal
13		Río Copiapo En Mal Paso Aguas Abajo Canal
14		Canal Mal Paso después De Bocatoma
15		Río Copiapo En Ciudad De Copiapo
16		Canal Maria Isabel después de Bocatoma
17	Río Copiapo En Angostura	

**Tabla 15. Estaciones sedimentométricas**

<b>N</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
1	Río Pulido	Río Pulido En Vertedero
2	Río Jorquera	Río Jorquera En Vertedero
3	Río Copiapó	Río Copiapo En Pastillo

**Tabla 16. Estaciones de medición de niveles de aguas subterráneas**

<b>N</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>LOCALIZACIÓN ESTACIONES</b>
1	Pulido	Iglesia Colorada

<b>N</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>LOCALIZACIÓN ESTACIONES</b>
2		Quebrada Seca
3		H. Cabo De Hornos
4	Manflas	Hacienda Manflas
5		Hacienda Manflas (manflas Antes
6	Jorquera	Fundo Rodeo
7	Copiapó medio	Junta Manflas
8		Algarrobo La Virgen
9		Embalse Lautaro
10		Quebrada Calquis
11		Pueblo San Antonio
12		Vegas El Giro
13		Escuela 17 Los Loros
14		Fundo La Puerta
15		Hornitos (rojas)
16		Planta Elisa De Bordos
17		Villa Maria - Hornitos
18		Pabellon
19		Quebrada Cerrillos
20		Parcela 8 Nantoco
21		Canal Mal Paso
22		Fundo Palermo
23		Alcaparrosa
24		Punta Negra
25	Copiapó bajo	P. San Fernando (sauce)
26		Pueblo San Fernando (las Canas)
27		Pueblo San Fernando A18

<b>N</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>LOCALIZACIÓN ESTACIONES</b>
28		Planta Castellon
29		Plazuela Sierra Alta
30		San Camilo (6)
31		Valle Fertil (7)
32		San Camilo (8)
33		Punta Picazo (5)
34		Monte Amargo (2)
35		Hacienda Perales 10
36		Hacienda Margarita
37		Hacienda Maria Isabel (4)
38		Hacienda Maria Isabel (3)
39		La Chimba
40		Hacienda Maria Isabel (1)
41		Hacienda Margarita (mamoros)
42		Valle Dorado
43		Hacienda Bodega
44		Fundo El Carmen 12
45		Fundo San Pedro
46		San Pedro (11)
47		Fundo San Juan
48		Noria Santelices
49		Aeropuerto Copiapo
50		Hacienda Toledo
51		Piedra Colgada (13)
52		Hacienda San Francisco
53		Hacienda Chamonate

<b>N</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>LOCALIZACIÓN ESTACIONES</b>
54		Chamonate 14

**Tabla 17. Estaciones de calidad del agua**

<b>N</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>LOCALIZACIÓN ESTACIÓN</b>	
1	Río Manflas	Río Manflas en Vertedero	
2	Río Pulido	Río Pulido en Vertedero	
3	Río Jorquera	Río Jorquera en Vertedero	
4	Río Copiapó medio	Río Copiapó en Lautaro	
5		Pozo escuela Los Loros	
6		Río Copiapó en La Puerta	
7		Pozo parcela 8 Nantoco	
8		Río Copiapó en mal paso aguas abajo canal	
9		Río Copiapó bajo	Río Copiapó en ciudad de Copiapó
10			Río Copiapó en Monte Amargo
11			Río Copiapó en La Chimba
12	Río Copiapó en Hacienda María Isabel		
13	Pozo Hacienda María Isabel		
14	Río Copiapó en Puente Bodega		
15	Pozo Hacienda Bodega		
16	Río Copiapó en Angostura		
17	Pozo Fundo El Carmen		
18	Río Copiapó en Puente Piedra Colgada		

**Tabla 18. Estaciones meteorológicas**

<b>N</b>	<b>TIPO ESTACIÓN</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
1	Pluviométricas	Jorquera	Jorquera En La Guardia
2	Suspendidas	Pulido	Torin en El Potro
3	Pluvio-termométricas	Pulido	Iglesia Colorada
4	Pluviométricas	Manflas	Manflas Hacienda
5	Climatológicas	Copiapó medio	Lautaro Embalse
6	Pluvio-termométricas		Los Loros
7	Pluviométricas		Elibor Campamento
8	Suspendidas	Paipote	Azufrera Codocedo
9	Pluviométricas		Pastos Grandes
10	Climatológicas	Copiapó bajo	Copiapó

**Figura 37. Estaciones fluviométricas en la cuenca del río Copiapó**

**Figura 38. Estaciones sedimentométricas en la cuenca del río Copiapó**

**Figura 39. Estaciones de calidad del agua en la cuenca del río Copiapó**

**Figura 40. Estaciones meteorológicas en la cuenca del río Copiapó**

## **2.10 Áreas de relevancia ambiental**

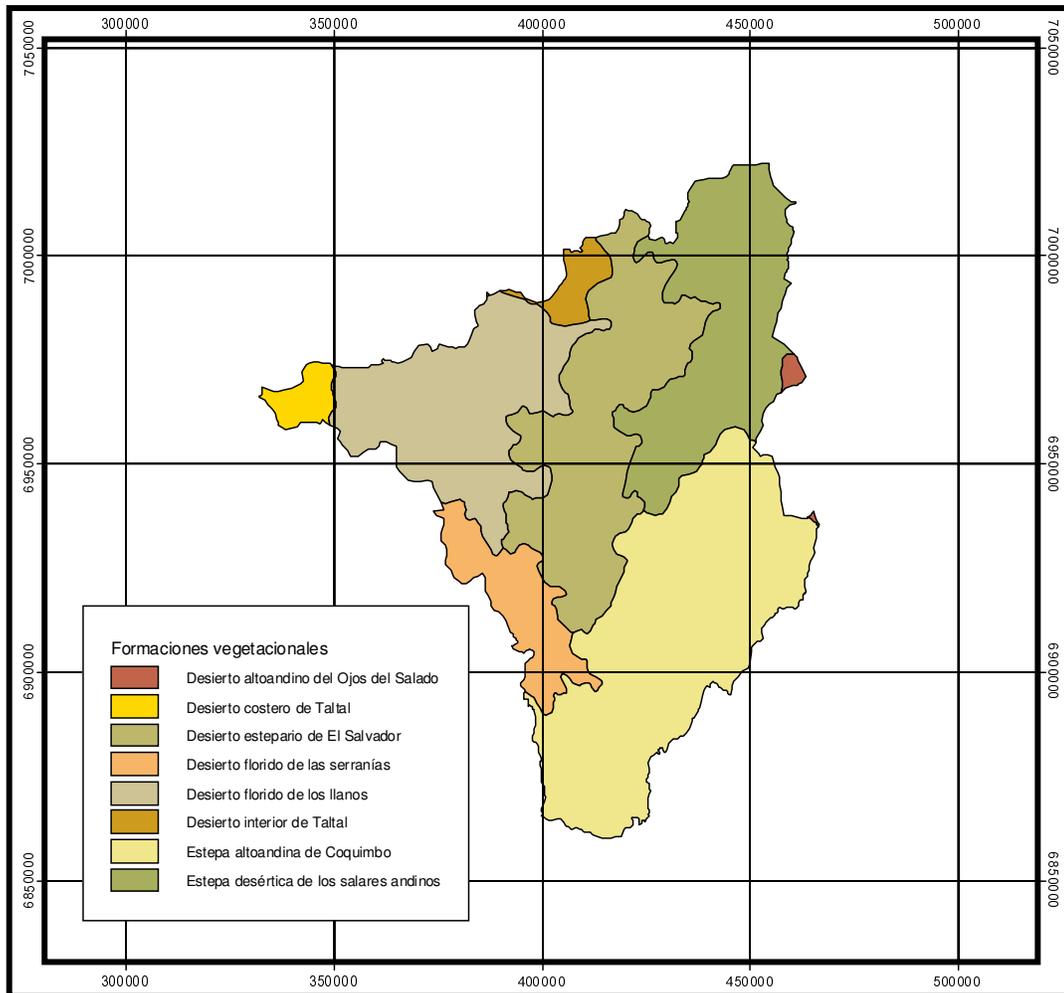
Los ecosistemas asociados al recurso hídrico de la cuenca del río Copiapó representan áreas características en donde se interrumpen las condiciones ambientales generales de marcada aridez y temperaturas extremas. En matorrales riparianos, humedales y formaciones de especies freatófitas, es posible encontrar vegetación y flora característica que permite el ensamble de comunidades de fauna terrestre y acuática, principalmente por su aporte de alimentación y condiciones de hábitat.

El aporte hídrico que tienen estos sistemas es fundamental para su sustentabilidad y cualquier alteración del régimen hidrológico puede llevar a su degradación. Esto determina su elevada relevancia ambiental como ecosistemas asociados al recurso hídrico en la cuenca.

La vegetación de la región de Atacama pertenece a la región vegetacional del Desierto, la cual constituye la parte más austral del desierto de la costa del Pacífico de América de Sur. Por sus características geográficas distintivas es posible dividir la región del desierto en cuatro subregiones, desierto absoluto, desierto costero, desierto andino y desierto florido (Gajardo, 1994).

La región de Atacama queda representada por las subregiones del desierto costero y desierto florido. La subregión del desierto costero se extiende a lo largo de la costa oceánica cubriendo las laderas occidentales de la Cordillera de la Costa, desde el nivel del mar hasta los 1.500 metros. La vida vegetal presenta un desarrollo excepcional y una gran riqueza florística, debidas a la acción favorable provocada por la presencia de frecuentes neblinas costeras que aportan la precipitación necesaria. Desde un punto de vista florístico muestra mucho interés por la gran cantidad de endemismos que constituyen su flora. La subregión del desierto florido se extiende desde el norte de La Serena hasta el valle de Copiapó y su carácter esencial está determinado por la influencia de precipitaciones periódicas, suficientes para el florecimiento de innumerables especies efímeras que participan en su composición. Tiene, en general, un variado elenco florístico.

**Figura 41. Formaciones vegetacionales de la cuenca del río Copiapó**



En tanto, Luebert y Pliscoff (2006) definieron 9 pisos altitudinales que componen la vegetación potencial de la cuenca del río Copiapó, a saber:

1. Matorral desértico mediterráneo costero de Heliotropium floridum y Atriplex clivícola. Matorral abierto que se distribuye en la zona costera baja de la región de Atacama entre el nivel del mar y los 200 metros. Su dinámica está fuertemente determinada por la variabilidad interanual de las precipitaciones. Los años más secos muestran una vegetación casi totalmente ausente, con la mayor parte de los arbustos con sus tejidos externos secos, mientras que en los años lluviosos se

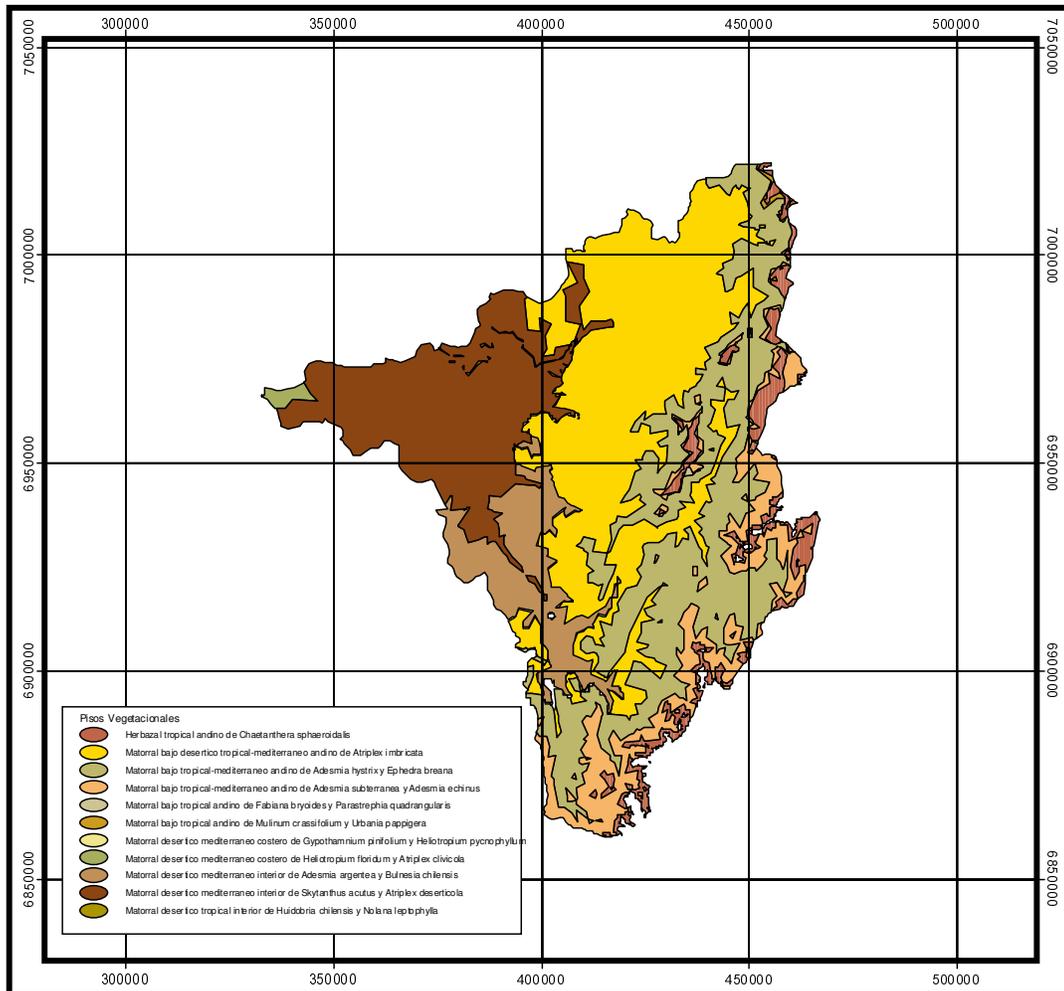
observa gran cantidad de plantas herbáceas, anuales y perennes, y los arbustos con sus tejidos externos renovados.

2. Matorral desértico mediterráneo interior de Adesmia argentea y Bulnesia chilensis. Matorral muy abierto dominado por arbustos altos en el sector del sur de la región de Atacama y norte de Coquimbo, entre los 300 y 1.800 metros de altura. No existen antecedentes sobre la dinámica natural de este piso de vegetación. Las fuertes presiones antrópicas, principalmente para su explotación como recurso dendroenergético, han producido procesos de degradación severa de este piso vegetal.
3. Matorral desértico mediterráneo interior de Skytanthus acutus y Atriplex deserticola. Matorral muy abierto que se distribuye entre el llano interior de la región de Atacama y sur de Antofagasta, entre los 200 y 1.500 metros de altitud. Las dos especies dominantes tienden a mantener sus estructuras vegetativas y generativas incluso durante los años secos, siendo en estos períodos casi las únicas especies posibles de diferenciar, mientras el resto de las plantas pierden prácticamente todos sus órganos aéreos, renovándolos durante los períodos más húmedos.
4. Matorral bajo tropical mediterráneo andino de Atriplex imbricata. Matorral abierto, pobre de especies, dominado casi exclusivamente por Atriplex imbricata y acompañado por algunos elementos propios del piso altitudinal superior. Se distribuye en la zona cordillerana del centro norte de la región de Atacama y sur de Antofagasta. Existen muy pocos datos directos de terreno publicados y gran parte de la información se basa en el trabajo de Philippi (1860).
5. Matorral bajo tropical mediterráneo andino de Adesmia hystrix y Ephedra breana. Matorral espinoso, xeromórfico, que alcanza coberturas mayores a 40%. Está dominado por arbustos que llegan a más de un metro. En el estrato herbáceo destaca la presencia de Stipa chrysophylla. Se distribuye en las laderas medias andinas de las regiones de Atacama y Coquimbo entre los 2.700 y 4.000 metros sobre el nivel del mar.

6. Matorral bajo tropical mediterráneo andino de Adesmia subterranea y Adesmia echinus. Matorral bajo abierto xeromórfico dominado por subarbustos espinosos, plantas en cojín y gramíneas. También son importantes las hierbas rotuladas, pero no tienen gran representación en términos de cobertura. Se presenta generalmente con un estrato donde las diferentes formas de vida alternan la ocupación del espacio horizontal, pero también es frecuente la presencia de plantas herbáceas que utilizan los cojines y los subarbustos como nodrizas. Si bien no se tienen antecedentes sobre la dinámica de este piso de vegetación, es posible suponer que las plantas en cojín y los subarbustos actúan como plantas pioneras que generan condiciones microambientales que favorecen la inmigración de otras especies. Se distribuye en las laderas altas de la cordillera andina de las regiones de Atacama y Coquimbo, entre los 3.500 y 4.500 metros de altitud.
7. Matorral bajo tropical andino de Fabiana bryoides y Parastrephia quadrangularis. Matorral bajo pobre en especies dominado por arbustos y gramíneas. Se distribuye en el altiplano de la región de Antofagasta y del norte de Atacama entre los 3.800 y 4.200 metros de altitud.
8. Matorral bajo tropical andino de Mulinum crassifolium y Urbania pappigera. Matorral bajo dominado por plantas pulvinadas y gramíneas en mechón a las que se asocia un elenco diversificado de herbáceas rotuladas. En algunos sectores marca el límite de la vegetación vascular. Se distribuye ampliamente en las zonas cordilleranas altas de los Andes del sur de la región de Tarapacá, Antofagasta y norte de Atacama, entre los 4.200 y 4.900 metros de altitud.
9. Herbazal tropical andino de Chaetanthera sphaeroidalis. Desierto de altura muy abierto donde sólo se encuentran plantas herbáceas, generalmente en roseta, que crecen entre las rocas, donde las condiciones de humedad y temperatura son más favorables que en los sectores expuestos al efecto desecante del viento y la baja temperatura del aire. Se distribuye en las partes altas de la cordillera de los Andes de las regiones de Atacama y sur de Antofagasta y norte de Coquimbo, sobre los 4.500 metros de altitud.

VEGETACIÓN POTENCIAL DE LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ			
FORMACIÓN	KM <sup>2</sup>	PISOS VEGETACIONALES	KM <sup>2</sup>
Herbazal	903	Herbazal tropical andino de <i>Chaetanthera sphaeroidalis</i>	903
Matorral bajo	12.198	Matorral bajo desertico tropical-mediterraneo andino de <i>Atriplex imbricata</i>	5.977
		Matorral bajo tropical-mediterraneo andino de <i>Adesmia hystrix</i> y <i>Ephedra breana</i>	4.516
		Matorral bajo tropical-mediterraneo andino de <i>Adesmia subterranea</i> y <i>Adesmia echinus</i>	1.666
		Matorral bajo tropical andino de <i>Fabiana bryoides</i> y <i>Parastrephia quadrangularis</i>	7
		Matorral bajo tropical andino de <i>Mulinum crassifolium</i> y <i>Urbania pappigera</i>	32
Matorral	5.170	Matorral desertico mediterraneo costero de <i>Gypothamnium pinifolium</i> y <i>Heliotropium pycnophyllum</i>	1
		Matorral desertico mediterraneo costero de <i>Heliotropium floridum</i> y <i>Atriplex clivicola</i>	77
		Matorral desertico mediterraneo interior de <i>Adesmia argentea</i> y <i>Bulnesia chilensis</i>	1.498
		Matorral desertico mediterraneo interior de <i>Skytanthus acutus</i> y <i>Atriplex deserticola</i>	3.575
		Matorral desertico tropical interior de <i>Huidobria chilensis</i> y <i>Nolana leptophylla</i>	19

**Figura 42. Pisos vegetacionales en la cuenca del río Copiapó**



Niemeyer 1981, calificó las vegas de la cuenca del río Copiapó en tres categorías de acuerdo a la existencia de su espejo de agua evaporante, la calidad y densidad de la vegetación de freatófitas, a saber, **Tipo A** Vegetación densa y húmeda con espejo evaporante. Se estima la evapotranspiración en 10.000 m<sup>3</sup>/ha/año. Presencia de especies de junquillos y gramíneas; **Tipo B** Vegetación densa freatófita, sin humedad superficial. Se estima en 5.000 m<sup>3</sup>/ha/año la evapotranspiración. Presencia de especies de brea (*Tessaria absinthioides*) y grama salada (*Distichlis spicata*); **Tipo C**, Vegetación freatófita rala, de baja densidad, sin humedad superficial. Se estima en

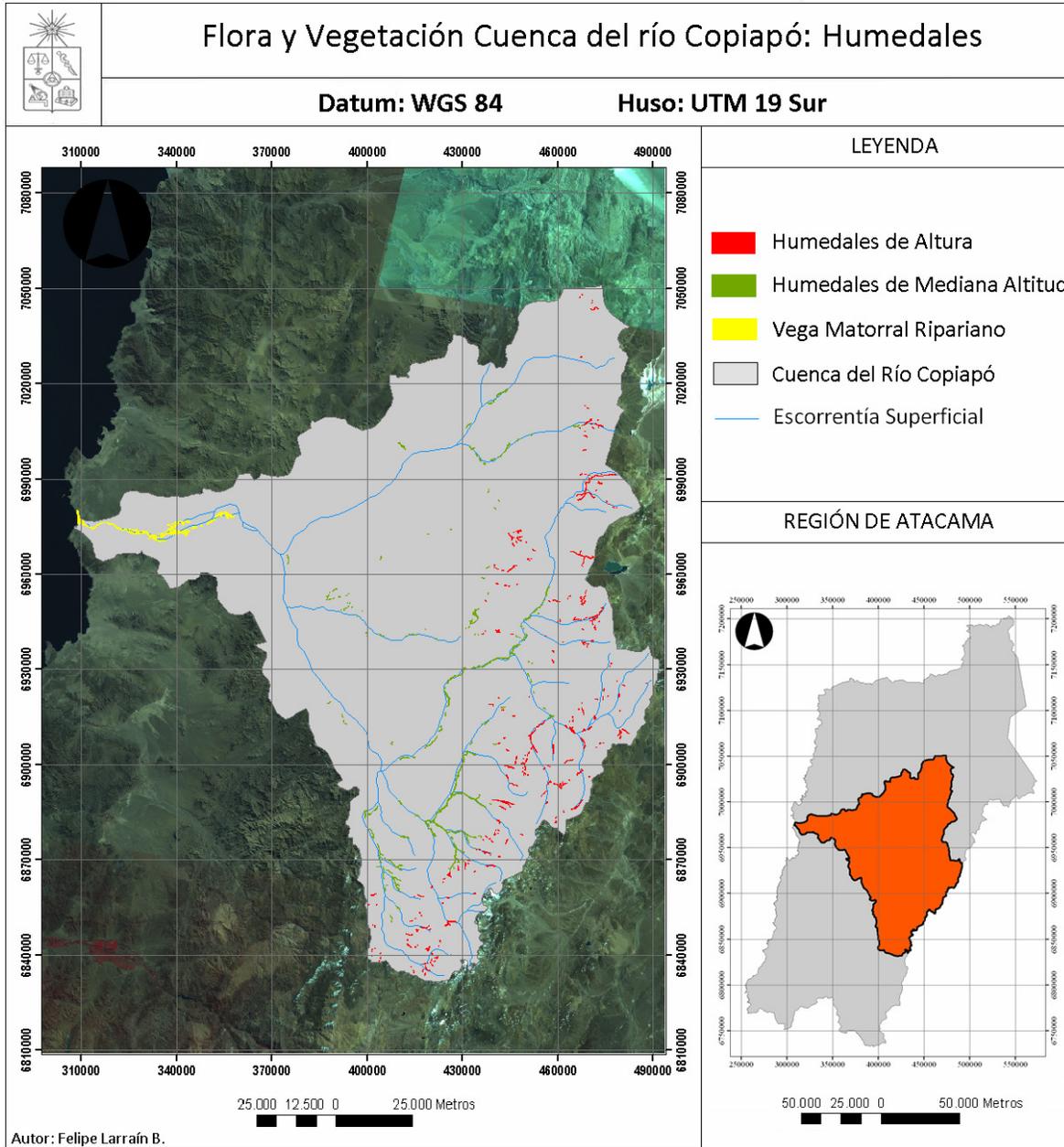
3.000 m<sup>3</sup>/ha/año la evapotranspiración. Presencia de especies de brea (Tessaria absinthioides), cachiyuyo (Atriplex sp.) y tola (Baccharis sp.).

**Tabla 19. Extensión de las vegas en la cuenca del río Copiapó**

SUBCUENCA	LOCALIZACIÓN	SUPERFICIE HECTAREAS			SUBTOTAL	TOTAL
		A	B	C		
<b>COPIAPÓ BAJO YMEDIO</b>	Los Loros	76	140	20	236	<b>2532</b>
	Copiapó	10	80	-	90	
	Chamónate	-	243	54	297	
	Piedra Colgada	16	614	-	630	
	Perales	-	45	-	45	
	Valle fértil	50	-	13	63	
	Margarita	-	315		315	
	San Camilo	20	400	27	447	
	María Isabel	148	207	54	409	
<b>JORQUERA</b>	Valle del Figueroa	105	71	67	243	<b>699</b>
	Formativos del Figueroa	74	17	6	97	
	Cuenca del río Turbio	65	45	127	237	
	Valle del río Jonquera	2	46	74	122	
<b>MANFLAS</b>		35	84	64	183	<b>183</b>
<b>PULIDO</b>		10	20		30	<b>30</b>
<b>TOTAL</b>		<b>611</b>	<b>2327</b>	<b>506</b>	<b>3444</b>	

Por otra parte, el estudio "Áreas de relevancia ambiental vinculadas al agua en la cuenca del río Copiapó" realizado por la Universidad de Chile (2008) indica que la cuenca del río Copiapó presenta un total de 76 km<sup>2</sup> de áreas con vegetación azonal asociada al agua, las que incluyen humedales de altura, humedales de mediana altitud y matorral es riparianos.

**Figura 43. Vegetación azonal cuenca del río Copiapó**

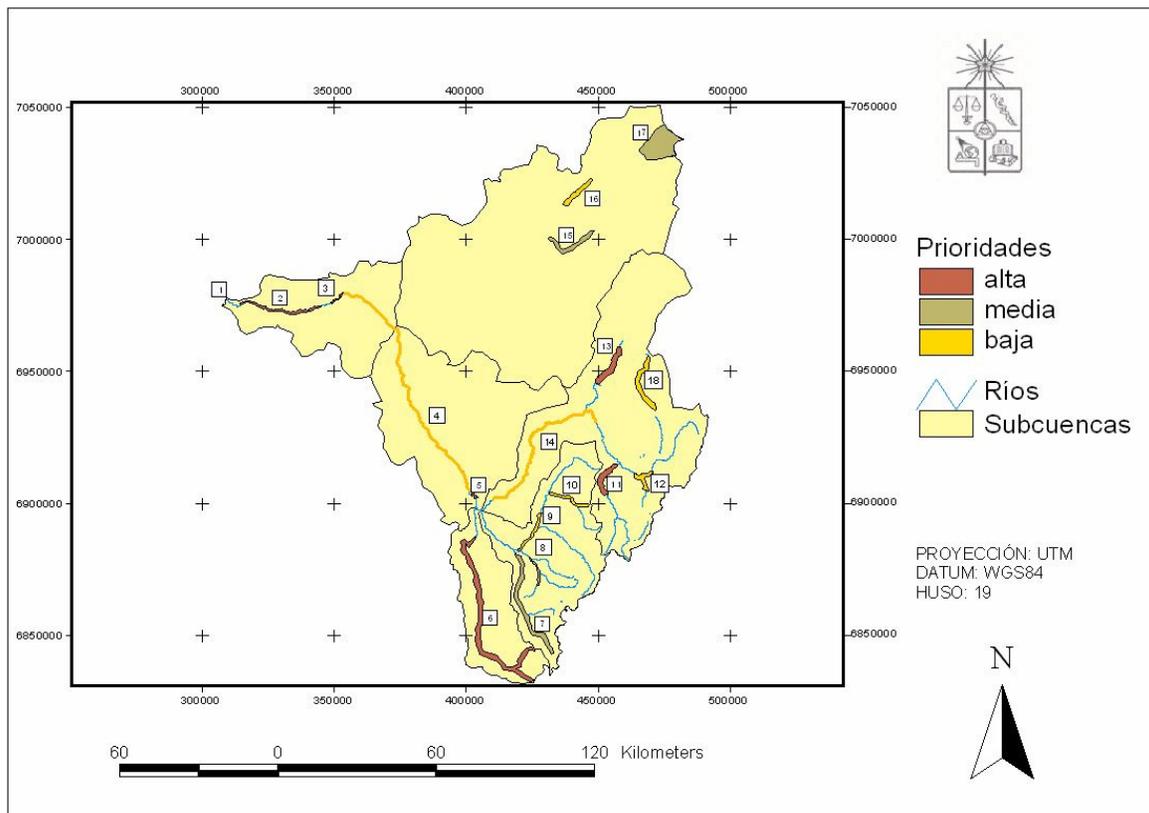


A continuación se presenta una descripción de las áreas de relevancia ambiental vinculadas al recurso hídrico presentes en la cuenca del río Copiapó, las áreas silvestres con protección oficial, los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, los sitios prioritarios para la conservación de la flora amenazada y formaciones xerofíticas de alto valor ecológico.

### 2.10.1 Áreas de relevancia ambiental vinculadas al agua en la cuenca del río Copiapó

El estudio "Áreas de relevancia ambiental vinculadas al agua en la cuenca del río Copiapó" realizado por la Universidad de Chile (2008) definió áreas asociadas al recurso hídrico ambientalmente relevantes para la cuenca (Figura 44), a saber, Hacienda María Isabel, María Luisa y Piedra Colgada; río Manflas; río Cachitos; río Figueroa; río Montosa; La Puerta y Desembocadura del río Copiapó.

**Figura 44. Áreas de relevancia ambiental vinculadas al agua**



### **2.10.1.1 Hacienda María Isabel, María Luisa y Piedra Colgada**

Corresponden a amplias terrazas de la sección baja del río Copiapó con presencia de formaciones de vegetación nativa, dominadas por Geoffroea decorticans (Chañar), especie clasificada como VULNERABLE a nivel regional (Squeo, 2008). En el entorno inmediato es posible distinguir grupos e individuos aislados de Prosopis chilensis, especie clasificada como vulnerable a nivel nacional (Benoit, 1989) y en peligro a nivel regional (Squeo, 2008). Estas formaciones presentan estructura arbórea con alturas promedio entre 2 y 4 metros y coberturas que alcanzan el 100 % de la superficie del suelo.

Corresponde a un sector con un elevado grado de intervención agrícola, por lo que las formaciones vegetales presentes son altamente singulares y representativas de la vegetación original de las terrazas de inundación del lecho del río Copiapó.

En relación a la fauna, en estas formaciones se destacó la presencia de 4 reptiles endémicos y con problemas de conservación de acuerdo a la Ley de Caza 19.473, a saber, Liolaemus platei, Liolaemus atacamensis y Philodryas chamissonis se encuentran clasificadas como RARAS y Callopistes palluma clasificada como Vulnerable. Respecto de los mamíferos, cabe destacar la presencia de Abrocoma bennetti especie endémica INADECUADAMENTE CONOCIDA.

### **2.10.1.2 Río Manflas**

Sobre los 1.450 metros de altura, la subcuenca del río Manflas presenta una marcada estratificación altitudinal de formaciones vegetales. Subiendo por el curso del río es posible identificar formaciones de matorral de Bulnesia chilensis, matorral de Ephedra – Haploppapus, matorral de Adesmia histrix y matorral de Adesmia aeguiceras – Stipa.

En la subcuenca del río Manflas es posible encontrar toda la diversidad de la precordillera y cordillera andina, con especies con problemas de conservación a nivel regional, tales como Prosopis chilensis, Equisetum giganteum (EN PELIGRO); Buddleja suaveolens, Geoffroea decorticans, Pyrrhocactus eriosyzoides, Salix humboltiana (VULNERABLES) y Adesmia kingii (INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA).

La subcuenca del río Manflas se caracteriza por el buen estado de las formaciones vegetales presentes. Esto se debe a que cuenta con un manejo conservativo, en donde no se permite la cosecha de leña ni la fabricación de carbón, el pastoreo es controlado y no existe ganado caprino, con lo cual la vegetación alcanza sus máximos de altura y cobertura.

La fauna presente en la subcuenca del río Manflas presenta alta riqueza de especies, especies amenazadas y endémicas. Se observaron 5 especies de reptiles, todas endémicas y 4 amenazadas, Liolaemus juanortizi, (EN PELIGRO), Liolaemus rozenmanni, Liolaemus atacamensis y Philodryas chamissonis (RARA) y Liolaemus nitidus VULNERABLE en la zona central de Chile y no clasificada en el norte.

Con respecto a los mamíferos, se observaron 7 especies, de las cuales 4 están amenazadas, Lagidium viscacia, Puma concolor y Lama guanicoe (EN PELIGRO) y Pseudalopex culpaeus (INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA). Las 3 especies de anfibios registrados en la cuenca del río Copiapó se encuentran en la subcuenca del Río Manflas, a saber, Bufo atacamensis, Pleurodema thaul (EN PELIGRO) y Bufo spinulosus (VULNERABLE).

### **2.10.1.3 Río Cachitos**

Se ubica en la porción superior de la cuenca del río Jorquera. Se caracteriza por la presencia de matorrales de Adesmia hystrix y Adesmia aeguiceras – Stipa atacamensis y grandes formaciones de vegetación azonal hídrica o vegas. Estas últimas, insertas en zonas de uso ganadero de comunidades Coya, resultan formaciones vegetales singulares y representativas debido a su composición de especies y estado de conservación, destacándose la presencia de Carex vallis – pulchrae (INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA), registrada en Atacama sólo para la provincia del Huasco.

En relación a la fauna, se observó la presencia de un reptil, Liolaemus juanortizi, especie endémica y clasificada EN PELIGRO. Se registró la presencia de 5 especies de mamíferos, tres de ellas con problemas de conservación, a saber, Lagidium viscacia, Lama guanicoe (EN PELIGRO) y Pseudalopex culpaeus (INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA).

#### **2.10.1.4 Río Figueroa**

Ubicado en la subcuenca del río Jonquera, el río Figueroa contiene grandes formaciones de vegetación azonal hídrica, tanto vegas de mediana altitud como vegas altoandinas. Es posible encontrar tramos del curso del río donde disminuye la velocidad de escurrimiento, formándose espejos de agua con extensas y abundantes formaciones de macrófitas, plantas acuáticas sumergidas y emergentes. Éstas resultan altamente singulares ya que normalmente son esporádicas dados los regímenes lóticos de la mayoría de los sistemas hidrográficos permanentes en la región.

En relación a las especies de fauna, se registró la presencia de un reptil *Liolaemus juanortizi*, especie endémica y en categoría de conservación (EN PELIGRO). Respecto a los mamíferos, se observaron 6 especies, de las cuales 4 se encuentran en categoría de conservación, a saber, *Lagidium viscacia*, *Lama guanicoe* y *Puma concolor* (EN PELIGRO) y *Pseudalopex culpaeus* (INADECUADAMENTE CONOCIDO).

Cabe destacar la presencia de una especie de anfibio, *Pleurodema thaul* (EN PELIGRO), la cual fue registrada a 3.000 metros sobre el nivel del mar, lo que es a la fecha, la población de mayor altura detectada (Correa et al. 2007).

#### **2.10.1.5 Río Montosa**

Ubicado en la subcuenca del río Pulido donde la fauna destaca por su alta riqueza y elevado número de especies amenazadas. El acceso restringido al sector ha favorecido la conservación de la biodiversidad y a una importante comunidad de vertebrados.

Se observó 3 especies de reptiles, *Callopietes palluma* especie endémica y VULNERABLE, *Liolaemus lorenzmuelleri* especie endémica y *Liolaemus vallecurensis*.

Se observó la presencia de 7 especies de mamíferos, entre los que se destacan *Lagidium viscacia*, *Lama guanicoe* y *Puma concolor* (EN PELIGRO), *Pseudalopex culpaeus* (INADECUADAMENTE CONOCIDA) y *Thylamys elegans*, especie endémica y RARA. Con respecto a los anfibios, se observó una especie *Bufo spinulosus* (VULNERABLE).

#### **2.10.1.6 La Puerta**

Corresponde a una terraza aluvial de quebrada ubicada en la subcuenca del río Paipote donde se desarrolla una importante formación dominada por Prosopis fluexuosa (VULNERABLE), constituida por individuos entre 4 y 8 metros de altura y algunos ejemplares aislados de 12 metros de altura. También se registra en el sector la presencia de grupos de Geoffroea decorticans (VULNERABLE) de desarrollo variable que no superan el 50% de la cobertura del suelo. Esta formación se constituye como un remanente de vegetación freatófita singular y exclusivo de la región.

#### **2.10.1.7 Desembocadura del río Copiapó**

El humedal de la desembocadura del río Copiapó, al igual que muchos sistemas de vegetación azonal hídrica, corresponde a un sistema único, en una matriz desértica, constituyéndose en un hito fundamental para el funcionamiento de los sistemas biológicos del área geográfica en que se inserta.

Dada la dependencia estricta del balance hídrico, las formaciones vegetacionales y las especies que la componen responden directamente a las variaciones tanto en el contenido de agua en el suelo como a la humedad relativa de la atmósfera circundante. El contenido de sales en el sustrato es otro de los factores físicos determina, sinérgicamente con el contenido de agua del suelo, la distribución de la vegetación en la desembocadura.

El agua del suelo regula el funcionamiento del sistema, el cual depende del curso superficial del río Copiapó y de los aportes subterráneos del acuífero. La vegetación hidrófila se encuentra restringida a la zona saturada y con inundación permanente, en donde la columna de agua está presente, resultando la de mayor sensibilidad ante variaciones en el contenido hídrico. Las demás formaciones vegetacionales presentan una menor dependencia del nivel hídrico y una mayor resistencia a la salinidad.

Las formaciones dominadas por Totorá (Typha angustifolia) y/ o Carrizo (Phragmites australis) son las de mayor sensibilidad ambiental y podrían ser empleados como indicadores de cambio. Respecto a las especies componentes, se detectó la presencia de Algarrobo (Prosopis chilensis) EN PELIGRO a nivel nacional y dos especies VULNERABLES a nivel regional, Chañar (Geoffroea decorticans) y Adesmia litoralis.

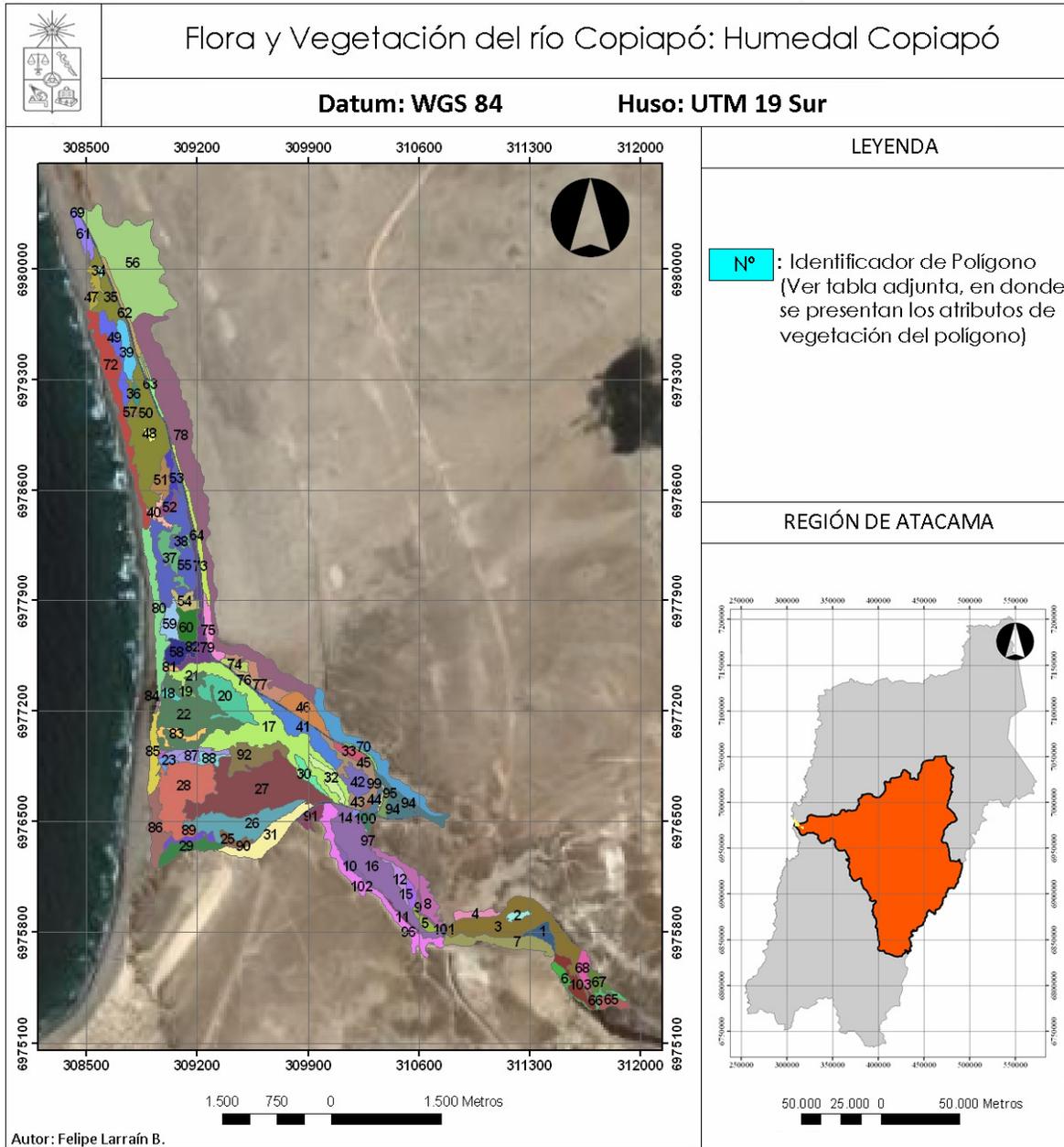
En relación a la fauna, la desembocadura del río Copiapó destaca por la presencia de 100 especies, 82 aves, 11 mamíferos, 6 reptiles y 1 pez. La presencia de estas especies se distribuye en tres zonas que componen la desembocadura, a saber, las dunas y playas, los cuerpos de agua y la vegetación de borde.

La mayor riqueza de especies se registró en la vegetación de borde, principalmente representada por mamíferos y reptiles. Estas especies también dependen de la mantención de un flujo constante de agua, resultando evidente para especies como dormilonas (Muscisaxicola sp.) las que se alimentan de diversos invertebrados que necesitan los cuerpos de agua en sus ciclos biológicos.

El principal sitio de descanso y alimentación de aves migratorias de agua dulce al norte del río Copiapó es la desembocadura del río Lluta, a unos 1.200 kilómetros, mientras que hacia el sur la desembocadura del río Maipo, a 800 kilómetros. De no existir el humedal del río Copiapó, es probable que algunas de ellas tuvieran dificultades para recorrer de una vez los 2000 kilómetros que distancian estos sitios.

En el caso de las especies marinas la restricción es menor ya que tienen muchas más opciones de paradas de descanso y alimentación, aunque la presencia de zonas de agua dulce son siempre atractivas ya que les permiten a las aves bañarse y quitarse la sal del plumas.

**Figura 45. Caracterización vegetación humedal desembocadura río Copiapó**



### **2.10.2 Áreas silvestres con protección oficial**

La región de Atacama materializa sus esfuerzos de conservación con la declaración en 1985 del Parque Nacional Pan de Azúcar. Durante la década de 1990 se comienza a configurar un sistema de protección impulsado por importantes aportes desde el mundo de la investigación, como los estudios entregados por los Libros rojos de flora y fauna de la CONAF, La vegetación natural de Chile (Gajardo, 1994) y la definición del Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica de Chile (Muñoz et al., 1996). Estos en su conjunto conformaron fundamentos científicos para la declaración de nuevas áreas de protección. Durante este período se declararon los Parques Nacionales Llanos de Challe (1994), nevado Tres Cruces (1994) y la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt (1990).

Veinte años más tarde de la declaración de la primera figura de protección, se declaran nuevas áreas de protección gestionadas por organismos del Estado, destacando el Área Marina y Costera Protegida de Múltiples Usos Isla Grande de Atacama (2004), la reserva Marina Isla de Chañaral y la autodestinación con fines de conservación de la Quebrada Los Leones (2006). Los esfuerzos privados de conservación se formalizan durante el 2006, con la declaración del Área Protegida Privada Huascoaltinos. Las áreas protegidas del Desierto Florido están en proceso de consolidación como autodestinaciones con fines de conservación por parte del Ministerio de Bienes Nacionales.

Algunas de las áreas protegidas cuentan con la declaración de una segunda figura de protección. Es el caso de los Parques Nacionales, que a su vez fueron declarados Lugar de Interés Científico, con el objeto de controlar el desarrollo de la minería al interior de las áreas protegidas, según lo dispuesto en el Artículo 17 de la Ley Nº18.284 del Código de Minería. Otros ejemplos son el sitio RAMSAR que además forma parte del Parque Nacional Nevado Tres Cruces y la complementación terrestre del Área Marina Costera Protegida, autodestinación del Ministerio de Bienes Nacionales que además es reconocida como Zona de Protección Ecológica por el Plan Regulador Intercomunal Costero (PRICOST).

Las trece áreas protegidas de la región de Atacama corresponden a porciones aisladas del territorio, que manifiestan una falta de conectividad del sistema. Actualmente estas

no constituyen redes ecológicas de conservación que contribuyan a garantizar la conectividad mediante elementos territoriales que faciliten la continuidad de los procesos ecológicos, incorporando corredores y áreas de amortiguación que aseguren el flujo principalmente de organismos (Mujica et al., 2002). Por el contrario, se considera que las áreas protegidas aisladas no son capaces, por ejemplo, de sustentar poblaciones viables de mamíferos de tamaño medio (Benoit, 2004).

La cuenca del río Copiapó no contiene actualmente áreas protegidas en forma oficial.

### **2.10.3 Estrategia regional para la conservación de la biodiversidad**

El año 2002, la Comisión Nacional del Medio Ambiente realizó un diagnóstico inicial del estado de la biodiversidad regional, cuyo resultado fue la identificación de ocho sitios para la conservación que eventualmente aumentarán la representatividad de las áreas bajo protección oficial.

No obstante lo anterior, la Estrategia y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad de Atacama 2010 – 2017, define una cartera única regional de sitios prioritarios, basada en los siguientes estudios científicos y técnicos:

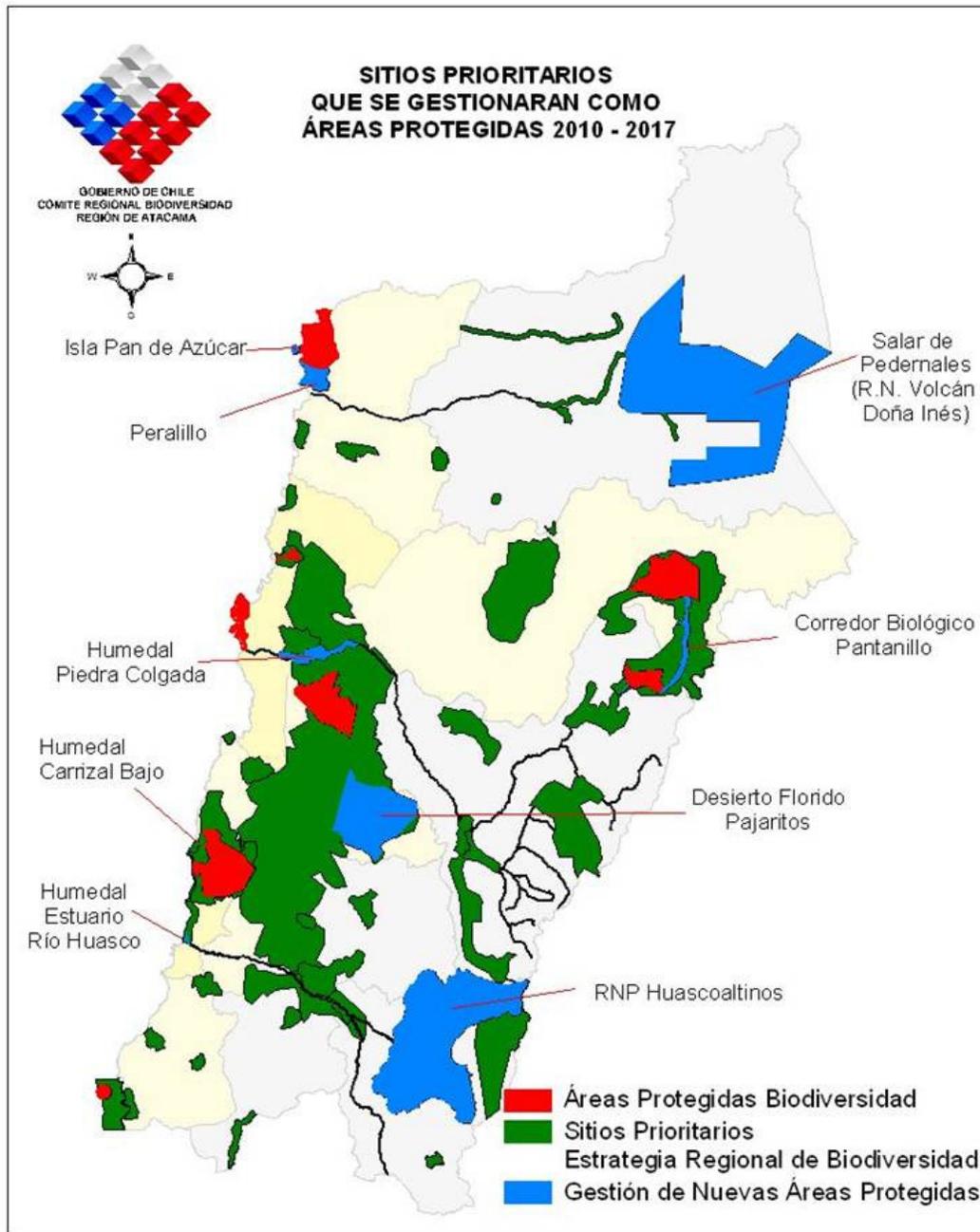
- Estrategia regional para la conservación de la biodiversidad (2002)
- Libro rojo de la flora nativa de Atacama (2008)
- Zonificación del borde costero de Atacama (2008)
- Áreas de relevancia ambiental vinculadas al agua en la cuenca del río Copiapó (2009)

Esta cartera única regional de sitios prioritarios considera 42 sitios para la conservación que abarcan el 25,8% de la superficie de la región de Atacama (2.076.000 hectáreas). 12 de estos sitios se encuentran en la cuenca del río Copiapó (Tabla 20). Representan el 12 % de la superficie de la cuenca (212.724 hectáreas) y el 3 % de la superficie regional.

**Tabla 20. Sitios prioritarios para la conservación**

<b>Nº</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>SUPERFICIE HA</b>	<b>ORIGEN</b>
1	Desierto florido	16.541	Libro rojo de Atacama
2	Monte Almagro	19.066	Libro rojo de Atacama
3	Quebrada San Andrés	92.197	Libro rojo de Atacama
4	Quebrada de la Serna	25.367	Libro rojo de Atacama
5	Río Manflas	8.012	Libro rojo de Atacama
6	Río Copiapó	20.579,50	COREMA
7	Río Manflas	13.898	Área de relevancia ambiental ENGICH
8	Piedra Colgada	328	Área de relevancia ambiental ENGICH
9	Río Cachitos	2.825	Área de relevancia ambiental ENGICH
10	Río Montosa	6.577	Área de relevancia ambiental ENGICH
11	Río Figueroa	3.642	Área de relevancia ambiental ENGICH
12	Desembocadura Río Copiapó	329,6	Área de relevancia ambiental ENGICH
13	La Puerta	3.232	Área de relevancia ambiental ENGICH
14	Nevado Tres Cruces	20.709	Libro rojo de Atacama

**Figura 46. Sitios prioritarios para la conservación**



#### **2.10.4 Formaciones xerofíticas de alto valor ecológico**

Para efectos de la Ley 20.283 sobre recuperación de bosque nativo y fomento forestal, se considera que los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en las regiones áridas y semiáridas son "Formaciones xerofíticas de alto valor ecológico".

Éstas se definen como formaciones adaptadas a la aridez que presentan elevada singularidad, o elevado valor de representatividad de los ecosistemas originales, o especies clasificadas en categorías de conservación, o especies de elevado valor de singularidad.

De acuerdo lo indica el estudio "Catastro de formaciones xerofíticas en áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, en las regiones de Atacama y Coquimbo" (Squeo, 2009), la cuenca del río Copiapó contiene un total de 145.520 hectáreas de formaciones xerofíticas de alto valor ecológico, concentradas en la quebrada de San Andrés (63 %), quebrada de Serna (17 %), Monte Almagro (14 %) y río Manflas (6 %).

La Ley 20.283 crea un fondo de conservación, recuperación y manejo sustentable del bosque nativo, a través de una bonificación para solventar, en parte, el costo de las actividades que favorezcan la regeneración, recuperación o protección de formaciones xerofíticas de alto valor ecológico o de bosques nativos de preservación. Adicionalmente, otorga recursos concursables para investigar, promover e incrementar los conocimientos sobre ecosistemas forestales nativos, su ordenación, preservación, aumento y recuperación.

#### **Figura 47. Formaciones xerofíticas de alto valor ecológico**

### **3. DIAGNÓSTICO INTEGRADO**

#### **3.1 Unidad de gestión**

A continuación se presentan las unidades de gestión sobre las cuales se desarrollarán los objetivos y metas del plan de medidas de manejo. Se presentan separadamente las unidades de gestión de aguas superficiales y subterráneas, siendo la subcuenca la unidad de gestión de las aguas superficiales y el sector acuífero en el caso de las aguas subterráneas.

##### **3.1.1 Aguas superficiales**

La cuenca del río Copiapó (18.400 km<sup>2</sup>) se compone de 6 subcuencas, a saber, subcuenca del río Copiapó bajo, río Copiapó medio, quebrada Paipote, río Manflas, río Pulido y subcuenca del río Jonquera.

El río Copiapó en la zona alta tiene como principal subcuenca aportante la del río Jonquera, cuya superficie alcanza aproximadamente 4.166 km<sup>2</sup>. A ésta le sigue la subcuenca del río Pulido con alrededor de 2.033 km<sup>2</sup> y la subcuenca del río Manflas con una superficie de 1.213 km<sup>2</sup>. En el tramo medio del río Copiapó, el afluente que presenta una mayor superficie de drenaje corresponde a la subcuenca quebrada Paipote, con una superficie de aproximadamente 6.689 km<sup>2</sup> y luego la subcuenca del río Copiapó medio que tiene una superficie de 2.943 km<sup>2</sup> aproximadamente. La superficie restante corresponde a la cuenca del río Copiapó bajo hasta su desembocadura en el mar.

##### **3.1.2 Aguas subterráneas**

En las aguas subterráneas la Dirección General de Aguas (DGA) hace una división del acuífero en 6 sectores acuíferos. Esta división constituye un criterio técnico que la DGA adopta para los efectos de concesión de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de cordillera a mar, a saber, Sector 1 arriba embalse Lautaro, Sector 2 embalse Lautaro – La Puerta, Sector 3 La Puerta – Mal Paso, Sector 4 Mal Paso – Copiapó, Sector 5 Copiapó – Piedra Colgada y Sector 6 Piedra Colgada – Angostura.

A continuación se describe brevemente cada uno de estos sectores.

**Sector 1 Arriba Embalse Lautaro.** Corresponde al sector acuífero desde el embalse Lautaro hasta la cabecera de la cuenca del río Copiapó. Área de gran extensión donde se caracteriza el recurso hídrico por su escurrimiento superficial, en relación a los otros sectores acuíferos. Abarca las subcuencas del río Manflas, río Pulido y río Jonquera. Se caracteriza por la presencia de agricultura y ganadería menor en los humedales principalmente desarrollada por las comunidades Colla que habitan la cuenca. En la porción alta de la cuenca se desarrollan proyectos de prospección, exploración y explotación de la gran minería regional.

**Sector 2 Embalse Lautaro – La Puerta.** Corresponde al sector acuífero entre el embalse Lautaro y La Puerta, en la porción alta de la cuenca del río Copiapó medio. En el área se concentra la agroindustria y la obra de regulación de flujo más importante de la cuenca, el embalse Lautaro. Actualmente la infiltración de agua desde el embalse a significado un aporte a la recarga del acuífero.

**Sector 3 La Puerta – Mal Paso.** Corresponde al sector acuífero ubicado entre La Puerta y Mal Paso, en la porción baja de la cuenca del río Copiapó medio. La zona presenta afloramientos de agua a la superficie, obras de canalización para riego y un desarrollo importante de la agroindustria.

**Sector 4 Mal Paso – Copiapó.** Corresponde al sector acuífero ubicado entre Mal Paso y Copiapó, abarcando una porción de la subcuenca del río Copiapó bajo, río Copiapó medio y la parte baja de la subcuenca Quebrada Paipote. Esta zona incluye la porción urbana más importante de la cuenca y el desarrollo de actividad agrícola, minera y de agua potable.

**Sector 5 Copiapó – Piedra Colgada.** Corresponde al sector acuífero desde Copiapó hasta Piedra Colgada, en la subcuenca del río Copiapó bajo. Esta zona fue declarada área de restricción para nuevas extracciones de aguas subterráneas el año 2000. Ubicada aguas debajo de la ciudad de Copiapó que se caracteriza por la presencia de remanentes de vegetación original asociada al cauce del río. Actualmente es un sector destinado principalmente al establecimiento de parcelas de agrado y presenta una disminución sostenida del nivel del acuífero.

**Sector 6 Piedra Colgada – Angostura.** Corresponde al sector acuífero ubicado entre desde Piedra Colgada y Angostura. Esta zona fue declarada área de restricción para nuevas extracciones de aguas subterráneas el año 2000. Es la porción más baja de la cuenca del río Copiapó la cual se caracteriza, junto con el sector 5 por la presencia de humedales asociados al recurso hídrico en torno al cauce y en su desembocadura al mar. En términos productivos el área se caracteriza por la presencia de cultivos de olivos y por una calidad salina de sus aguas. El sector actualmente presenta un descenso sostenido de los niveles del acuífero.

### **3.2 Identificación de presiones sobre el recurso hídrico**

A continuación se presentan las presiones antrópicas identificadas sobre el recurso hídrico en la cuenca del río Copiapó.

Estas corresponden a la extracción de agua superficial, extracción de agua subterránea, extracción ilegal de agua, contaminación por fuentes puntuales, contaminación por fuentes difusas, regulación de los flujos de agua, extracción de áridos y extracción de leña, las cuales se describen brevemente a continuación.

#### **3.2.1 Extracción de agua superficial**

La extracción de agua superficial en la cuenca del río Copiapó se concentra en las subcuencas cabeceras del río Jonquera, Pulido y Manflas. En la cuenca existe un caudal otorgado para el aprovechamiento de de 2.500 litros por segundo de agua superficial. En toda la cuenca, no existe la consideración por parte de los usuarios de un caudal ecológico o ambiental mínimo que asegure la sustentabilidad de lo ecosistemas asociados al recurso hídrico.

#### **3.2.2 Extracción de agua subterránea**

La extracción de agua subterránea en la cuenca del río Copiapó es la que permite el desarrollo de las actividades productivas como la minería, industria, agua potable y riego. El acuífero del río Copiapó es el que sustenta el desarrollo de éstas en la cuenca.

La disponibilidad actual de agua subterránea ha sido estimada como la diferencia del caudal pasante de las estaciones La Puerta y Angostura. La oferta de agua entre los

años 1974 – 2007 en el acuífero del río Copiapó promedia los 2 m<sup>3</sup>/s y presenta máximos cercanos a los 5 m<sup>3</sup>/s. El consumo estimado de agua alcanza actualmente los 4 m<sup>3</sup>/s.

### **3.2.3 Extracción ilegal de agua**

Corresponde a la extracción de agua sin derechos de aprovechamiento constituidos. Se estima una extracción ilegal de agua en la cuenca del río Copiapó es de 1 metro cúbico por segundo.

### **3.2.4 Contaminación por fuentes puntuales**

Corresponde a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas por la descarga de efluentes provenientes de plantas de tratamiento de aguas, rellenos sanitarios y domiciliarias.

### **3.2.5 Contaminación por fuentes difusas**

Corresponde a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas vinculada a las aguas residuales de las actividades agrícolas, generada por la sumatoria de pequeños aportes individuales en diversos sitios. Corresponde una descarga que ocurre en forma discontinua y no periódica.

### **3.2.6 Canalización y conducción de las aguas**

Corresponde a la canalización artificial de aguas superficiales a través de estructuras que conducen el agua entre los usuarios de la cuenca. La canalización de aguas produce alteraciones sobre el régimen natural del río, no permitiendo el escurrimiento natural, la infiltración y recarga del sistema acuífero, el uso recreativo y alterando la morfología y condiciones ambientales de los hábitat acuáticos y ribereños.

### **3.2.7 Regulación del flujo de agua**

La principal obra de desarrollo hidráulico realizada en la cuenca del río Copiapó es el embalse Lautaro, terminado en 1938, cuya capacidad es de 40 hm<sup>3</sup>. Según Kleiman y Torres, el estudio hidrológico de la obra se efectuó en 1927, con sólo 6 años de estadística en una estación de control situada aguas abajo de Copiapó. Los gastos del

río en el embalse se obtuvieron por correlación. En aquella época se regaban 7.400 hectáreas, de ellas 2.900 en los distritos y 4.500 de Copiapó al mar, con una seguridad muy baja. Con el embalse se pretendía ampliar la superficie a 9.900 hectáreas y mejorar la seguridad de riego. En la práctica los recursos de agua resultaron ser muy inferiores a los calculados. Durante el período lluvioso 1940 – 1942 el embalse se llenó y funcionó el vertedero. En esa época se registraron filtraciones de algunos centenares de litros por segundo, aparecían al pie del muro, apoyado en un abanico fluvial en su extremo poniente. En 1944 el embalse debió vaciarse por peligro de erosión en el vertedero, reiniciándose la operación en 1946. Después de ese año, no obstante, no volvió a llenarse debido a la ocurrencia de un prolongado período seco y la mantención del embalse fue descuidada (Klohn, 1972).

### **3.2.8 Extracción de áridos**

Corresponde a las extracciones de material árido desde el cauce del río Copiapó. Se desarrolla principalmente en el la subcuenca del río Copiapó medio.

### **3.2.9 Extracción de leña**

Corresponde a la extracción de leña desde los matorrales riparianos o formaciones freatófitas de la cuenca del río Copiapó. La producción de carbón vegetal a partir de arbustos leñosos y la extracción de leña en zonas áridas es una de las principales amenazas en este tipo de ecosistemas.

La abundancia del recurso arbóreo y arbustivo en el norte – centro de Chile sufrió una reducción sistemática a partir del año 1600, cuando se inicia un proceso de extracción intensiva de leña para satisfacer la demanda creciente de energía en las incipientes actividades mineras (Folchi 2001).

Especialmente entre los años 1835 y 1900 se produce el proceso más intenso de fundición de mineral en base a energía proveniente del recurso arbóreo y arbustivo de Chile (Santander 2003). Para cuantificar el proceso de deforestación ocurrido en el período 1600 – 1900 en el norte chico, Santander estima en base al consumo de leña necesario para producir una tonelada de cobre, que el consumo total de leña seca requerida fue aproximadamente 30 millones de toneladas y que estas fueron taladas

en un 84% en un período de 65 años y desforestando entre 3,36 y 6,73 millones de hectáreas.

Carlos Sayazo en su *Historia de Copiapó* plantea que al fundar la ciudad en 1744, el corregidor, acompañado de los vecinos más notables, se internó por entre los árboles y matorrales que por tanto tiempo había sido la espada del pueblo viejo y, teniendo cordeladas de 150 varas, trazó la plaza, las manzanas y las calles de la villa, que fue bautizada con el nombre de San Francisco de la Selva, en honor al santo patrono corregidor y en recuerdo de la selva que desde ese día debía desaparecer para dar paso a la nueva población. Después se inició el desmonte y la adjudicación de los solares. Este autor señala que había allí una *vegetación lujuriente y salvaje ... había entonces bosques impenetrables de chañares, Algarrobos de espinos y Olivillos, cercados de grandes campos de dadín, chilca, amancay y brea ... nos consta por los nombres de los diversos puntos de nuestro territorio: chañaral y chañarcillo, carrizal y carrizalillo, cachiuyal, totora y totoralillo, algarrobal, breadal y tantos otros que acusan la pasada existencia de bosques, de abundante follaje y copiosa verdura.*

Sayazo recuerda el memorable algarrobo de Tinajitas, en la hacienda Ramadillas, a partir del siguiente párrafo del copiapino Jotabeche, escrito en 1842, *podéis asilaros en verano bajo un asombroso algarrobo de tan manifiesta antigüedad que quizás os recostéis en el mismo sitio donde, más de tres siglos ha, celebraron los indígenas sus consejos de guerra ... ha sido tasada la madera de este árbol en mil pesos, puede cubrir con su sombra un batallón entero y a pesar de su ancianidad, se conserva tan vivo y tan verde como el joven roble que acaricia con sus ramas las corrientes del Maule o del Bíobio.*

### **3.3 Diagnóstico del estado del agua**

A continuación se analiza el efecto de las presiones antes identificadas sobre cada una de las variables que definen el estado del agua en la cuenca, a saber, cantidad, calidad, morfología, ecosistemas y aspectos socioeconómicos. Se establecerá el efecto que producen las presiones antes identificadas en cada una de las variables que definen el estado del agua.

### **3.3.1 Cantidad**

Las presiones que afectan la cantidad de agua disponible en la cuenca corresponden a la extracción de agua subterránea y en menor medida la extracción de agua superficial y extracción ilegal de agua.

#### **3.3.1.1 Agua subterránea**

La extracción de agua subterránea en la cuenca del río Copiapó es la que permite el desarrollo de las actividades productivas como la minería, industria, agua potable y riego. El acuífero del río Copiapó es el que sustenta el desarrollo de estas actividades.

**La oferta de agua calculada como la diferencia entre el caudal pasante entre las estaciones La Puerta y Angostura, promedia los 2 m<sup>3</sup>/s y llega a máximos cercanos a 5 m<sup>3</sup>/s (Figura 48). El consumo de agua subterránea en la cuenca del río Copiapó se presenta en la**

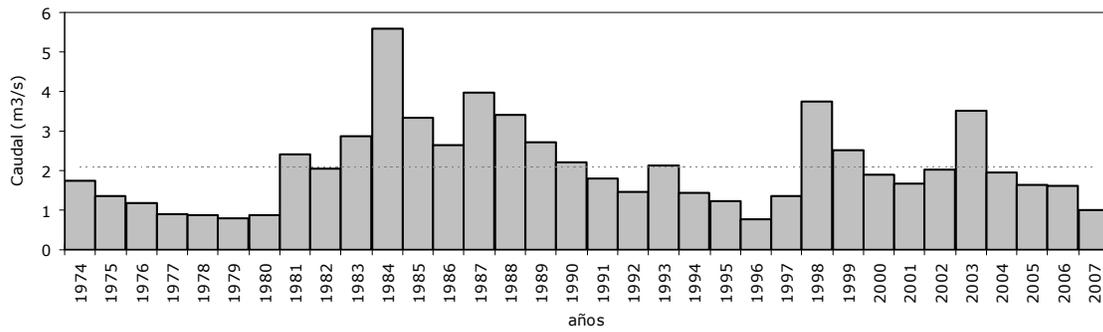
Figura 49 y alcanza actualmente los 4 m<sup>3</sup>/s.

A partir del año 1989 se ha acrecentado el efecto de la extracción de agua en la pérdida de almacenamiento del acuífero, produciéndose un vaciamiento sostenido y aumentando la frecuencia de los años de pérdidas de volumen almacenado.

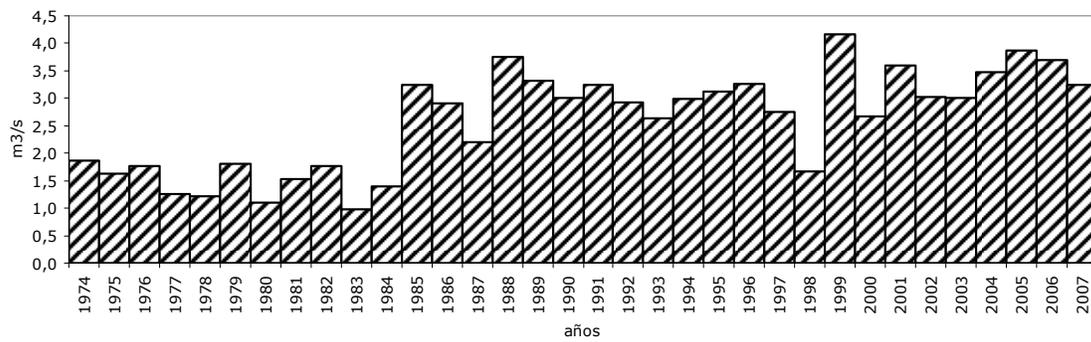
El acuífero del valle del río Copiapó presenta una tasa de disminución de su volumen almacenado de 55 Mm<sup>3</sup>/año = 1,6 metros cúbicos por segundo (Figura 50) presentando el año 2007 alrededor de 350 MMm<sup>3</sup> menos que el año 1995 (

Figura 51).

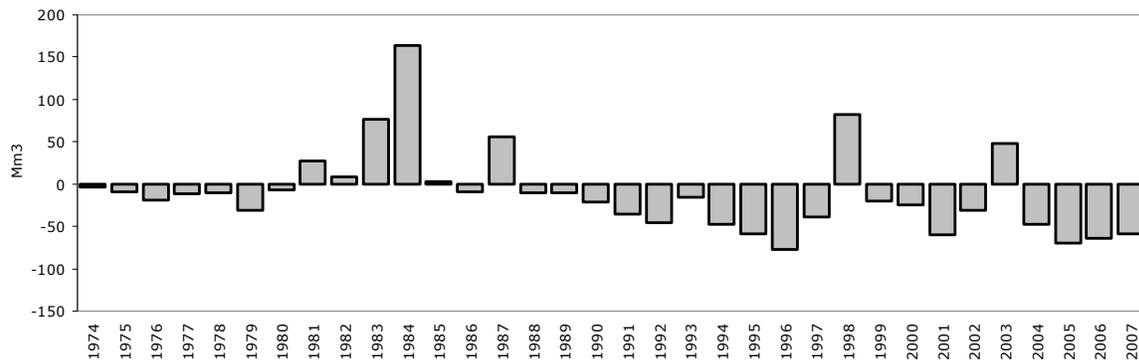
**Figura 48. Oferta estimada de agua**



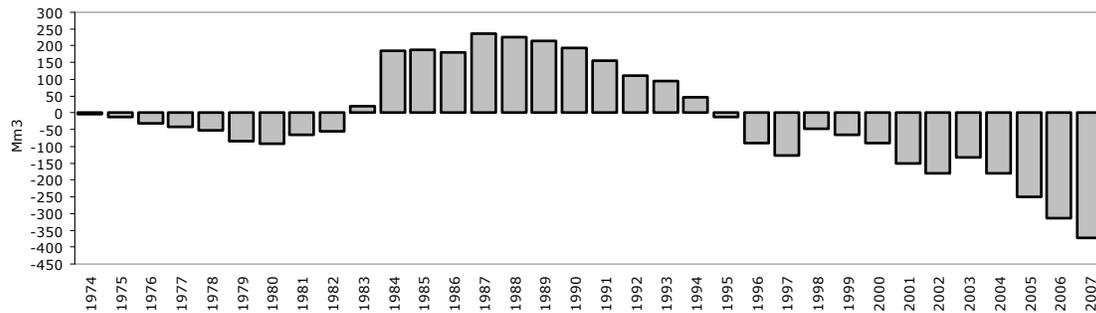
**Figura 49. Consumo estimado de agua**



**Figura 50. Variación de volumen almacenado acuífero del río Copiapó**



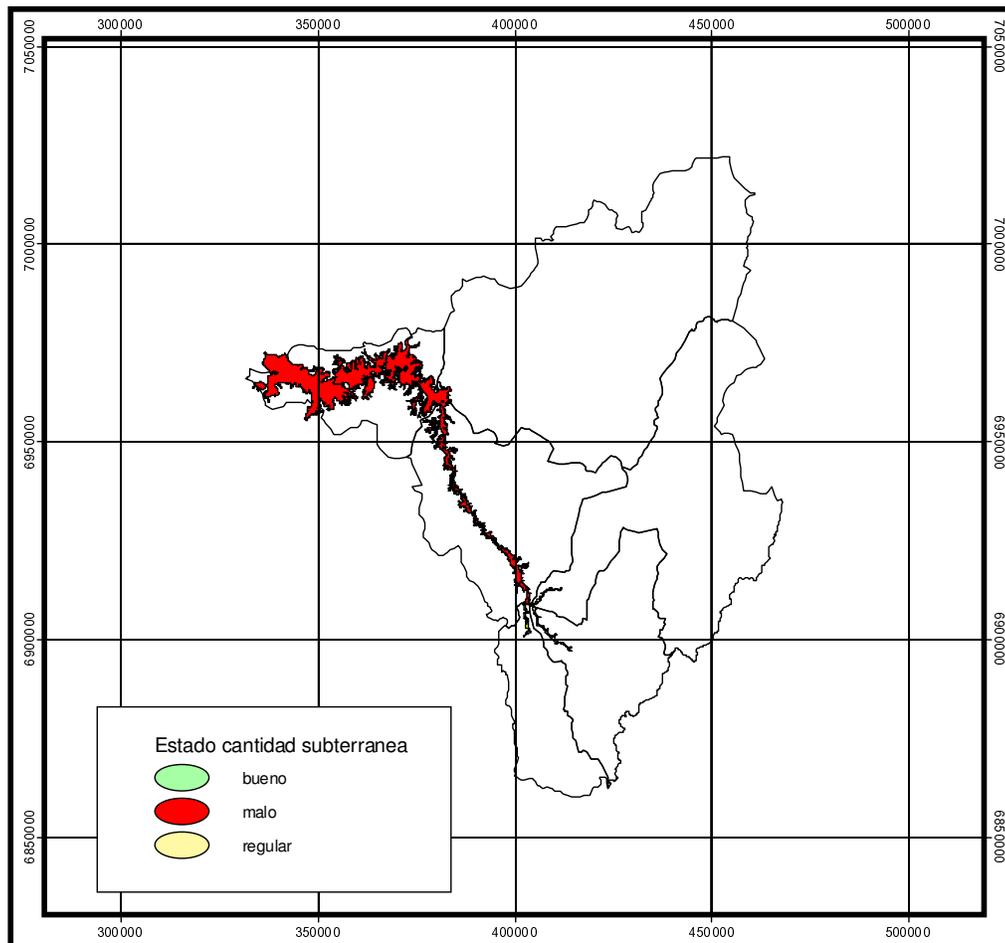
**Figura 51. Variación acumulada del volumen anual en el acuífero**



Actualmente los sectores acuíferos del río Copiapó han sido calificados como área de restricción (sectores 6 y 5) y zona de prohibición (sectores 1, 2, 3, 4) para el otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamiento por parte de la Dirección General de Aguas, no obstante existe un caudal otorgado de aproximadamente 20 metros cúbicos por segundo en la cuenca.

Al considerar la diferencia entre el consumo y la recarga del acuífero como indicador del estado de la cantidad de agua subterránea en la cuenca, se observa que los sectores acuíferos 3, 4, 5 y 6 presentan un déficit de 1,2 m<sup>3</sup>/s, por lo que serán considerados como en mal estado en términos de cantidad. En tanto los sectores acuíferos 1 y 2 no presentan déficit debido a que existe una recarga permanente desde las fuentes superficiales y la presión de la extracción de agua es menor que los restantes sectores acuíferos, por lo que serán considerados como en regular estado.

**Figura 52. Estado variable cantidad de agua subterránea en la cuenca del río Copiapó**



### 3.3.1.2 Agua superficial

El escurrimiento superficial del agua en la cuenca del río Copiapó ocurre naturalmente en las subcuencas de la cabecera, a saber, río Manflas, río Pulido y río Jonquera.

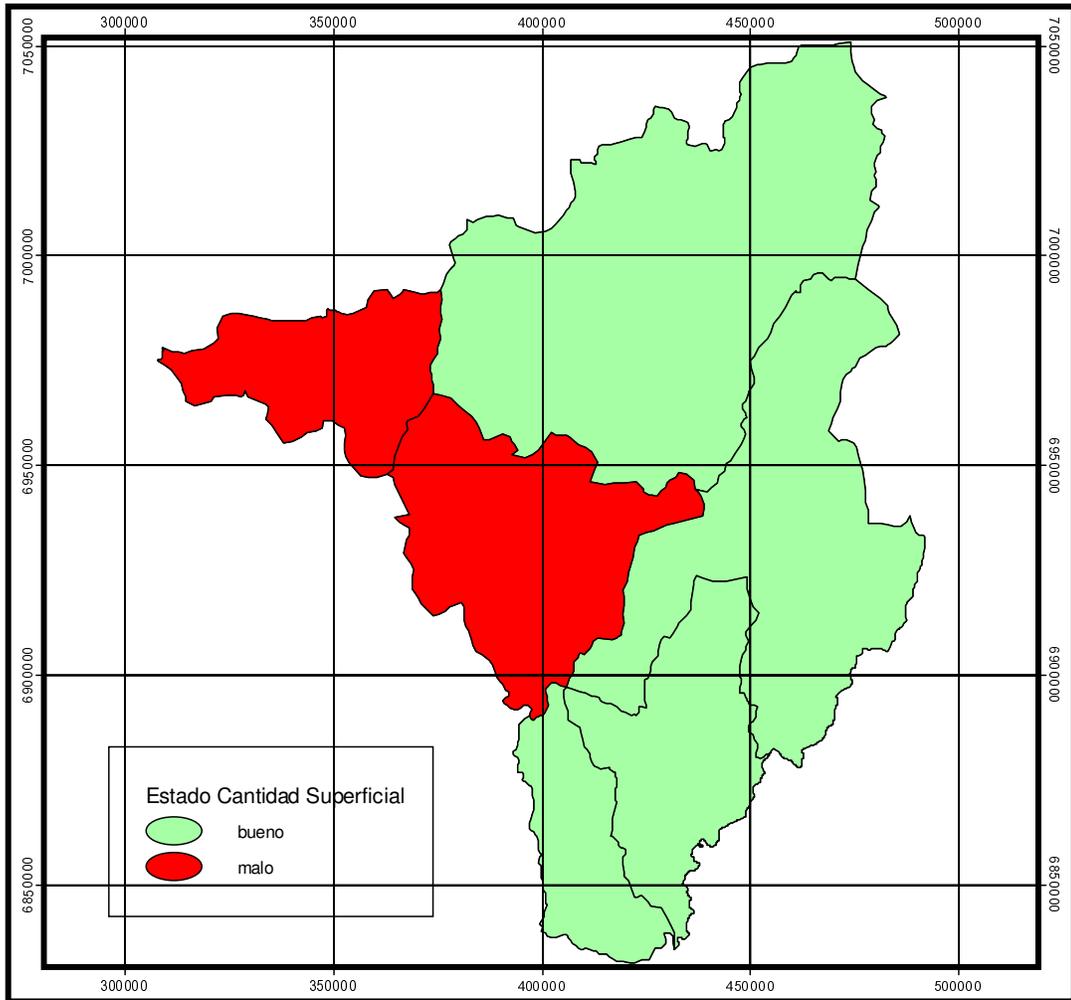
La subcuenca de la quebrada Paipote no presenta escurrimiento superficial, salvo cuando las precipitaciones en el altiplano son abundantes.

La subcuenca del río Copiapó bajo y medio presentan naturalmente escurrimientos intermitentes, los que por causa del vaciamiento sostenido del acuífero han disminuido su frecuencia.

Si consideramos que el escurrimiento natural será el indicador del buen estado de la variable cantidad de agua superficial en la cuenca, resulta que las subcuencas del río

Copiapó medio y bajo se encuentran en mal estado y las subcuencas de los ríos Manflas, Pulido, Jonquera y Paipote se encuentran en buen estado.

**Figura 53. Estado de la variable cantidad de agua superficial en la cuenca del río Copiapó**



### 3.3.2 Calidad

A continuación se presentan las características que explican la calidad actual del agua en la cuenca del río Copiapó (DGA, 2004).

- En general, la calidad natural del río es clasificada de buena calidad, donde exceden la clase de excepción los metales como el cobre, cromo, hierro, boro, aluminio y conductividad eléctrica.
- La parte media de la cuenca posee actividad minera importante, la que sumada a las lixiviaciones naturales de las franjas metalogénicas han ocasionado presencia de metales como el cobre, hierro y cromo.
- El río Copiapó es un río regulado por el Embalse Lautaro, el cual influye en parámetros como el oxígeno disuelto y la carga de sólidos y es receptor de los metales que drenan las cuencas andinas en forma de sedimentos.
- El río Manflas es el curso de agua de mejor calidad natural. El de calidad más desmejorada es el río Copiapó aguas abajo de esta ciudad.
- La sección baja del río recibe un gran aporte de aguas subterráneas modificando la calidad natural.
- La calidad del agua de la cuenca está mayoritariamente influenciada por las características litológicas de ésta. Debe considerarse que existe una minería extendida en toda la cuenca, lo que indica que las rocas son ricas en iones metálicos.
- Un importante deterioro han experimentado las cuencas del norte debido al efecto nocivo que ha tenido la depredación del ganado caprino, la tala de matorral y leña, en donde las escorrentías han lavado los suelos dejando gran cantidad de sedimento y roca desnudas a los efectos de la intemperización, los cuales son responsables en parte importante de las concentraciones existentes de tantos parámetros de calidad sobre la clase de excepción.

DGA 2004 propone y clasifica las aguas superficiales de la cuenca del río Copiapó en las clases de calidad que se presentan en la Tabla 21.

**Tabla 21. Clasificación de aguas en clases de calidad**

<b>Clase</b>	<b>Calificación General</b>	<b>Usos prioritarios</b>
Clase 0 Excepcional	Mejor que la clase 1, de extraordinaria pureza y escasez	Protección y conservación de comunidades acuáticas
Clase 1	Muy buena calidad	Protección y conservación de comunidades acuáticas
Clase 2	Buena calidad	Acuicultura, pesca deportiva y recreativa, bebida de animales y riego restringido
Clase 3	Regular calidad	Bebida de animales y riego restringido
Clase 4	Mala calidad	Potabilización con tratamiento adecuado o para aprovechamiento industrial

Fuente: DGA 2004

De acuerdo a esta clasificación, el río Manflas presenta clase de calidad excepcional, de extraordinaria pureza y sus usos prioritarios para la protección y conservación de comunidades acuáticas. El río Pulido y Jonquera presentan calidad actual de buena calidad y sus usos prioritarios corresponden a acuicultura, pesca deportiva y recreativa, bebida de animales y riego restringido (

Tabla 22).

De la confluencia del los río Jonquera y Pulido hasta el límite de la subcuenca del río Copiapó medio la calidad del agua presenta clase de buena calidad y en la subcuenca del río Copiapó bajo presenta calidad regular con usos prioritarios para la bebida de animales y riego restringido (Tabla 23).

**Tabla 22. Calidad del agua del río Manflas, Pulido y Jorquera**

Cauce	Tramo	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
					Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Río Manflas	MA-TR-10	0	No hay	0	1	--	Otros parámetros seleccionados
					2	CE, Cu, Cr, Fe, Mn	
					3	Al	
					4	B	
Río Pulido	PU-TR-10	2	2	2	0	OD, pH, RAS, Cl, Zn, As, Ni, Se, DBO <sub>5</sub> , color aparente, SST, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , CF, CT, CN <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , S <sup>2-</sup>	Otros parámetros seleccionados
					1	CE, SD	
					3	Al	
					4	B, Hg	
Río Jorquera	JO-TR-10	2	2	2	0	OD, pH, RAS, Cl, Zn, Ni, Se, DBO <sub>5</sub> , SST, CF	Otros parámetros seleccionados
					1	--	
					3	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	
					4	B, Fe, Mn, Al, As, Hg	

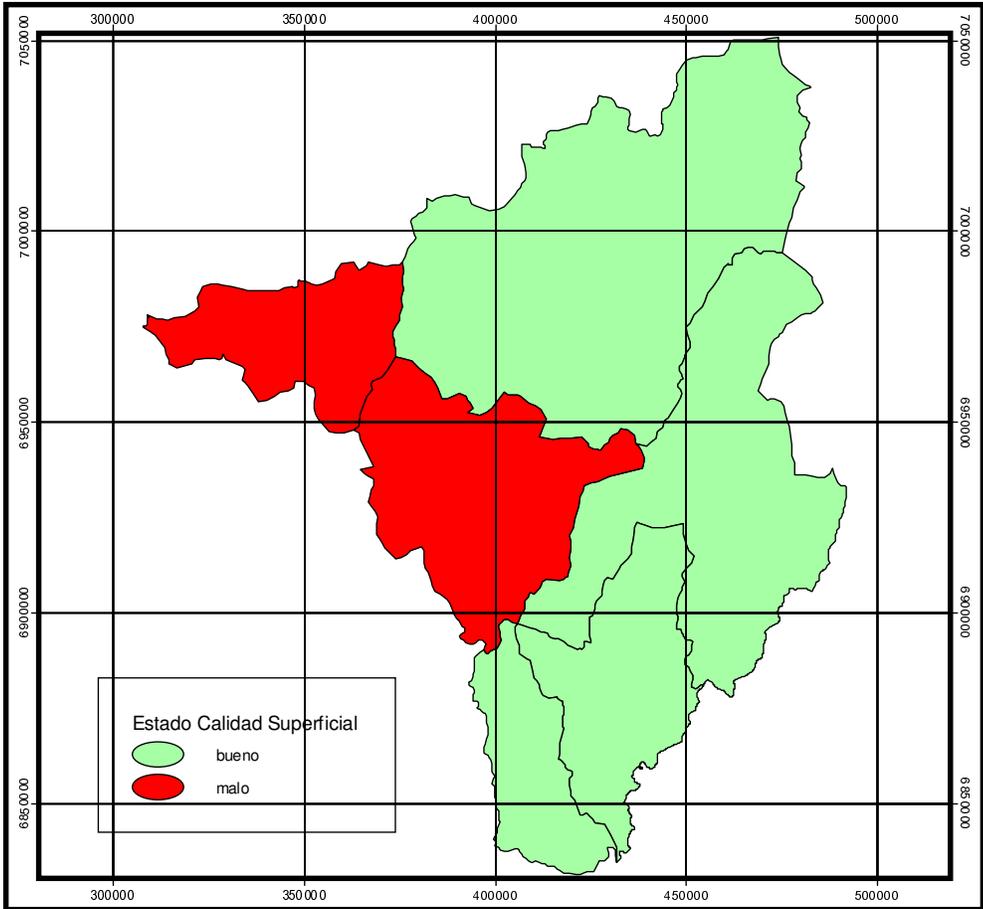
**Tabla 23. Calidad del agua del río Copiapó**

Cauce	Tramo	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
					Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Río Copiapó	CO-TR-10	2	2	2	0	pH, RAS, Cl, Ni, Se, DBO <sub>5</sub> , color aparente, SST, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , CN <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , S <sup>2-</sup> , CF, CT	Otros parámetros seleccionados
					1	As	
					3	--	
					4	B, Mn, Hg, Fe, Al	
	CO-TR-20	4	3	3	0	pH, As, Ni, Se, DBO <sub>5</sub> , CN <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> , S <sup>2-</sup> , CF, CT	Otros parámetros seleccionados
					1	OD, color aparente	
					2	Cr, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Mo, Zn	
				4	CE, Cl, SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , B, Fe, Mn, Al, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , SD		

Se considerará como indicador del estado de la calidad del agua la clase de calidad antes mencionada. Los tramos de río que presenten excepcional o muy buena calidad serán calificados en buen estado cualitativo. Los tramos que presenten buena calidad serán calificados como en regular estado y los tramos en regular y mala calidad en mal estado cualitativo.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se considera que el estado de la calidad del agua superficial en la subcuenca del río Copiapó bajo es malo, la subcuenca del río Copiapó medio, río Jonquera y río Pulido regular y en la subcuenca del río Manflas en buen estado (Figura 54).

**Figura 54. Estado de la calidad del agua**



### **3.3.3 Morfología**

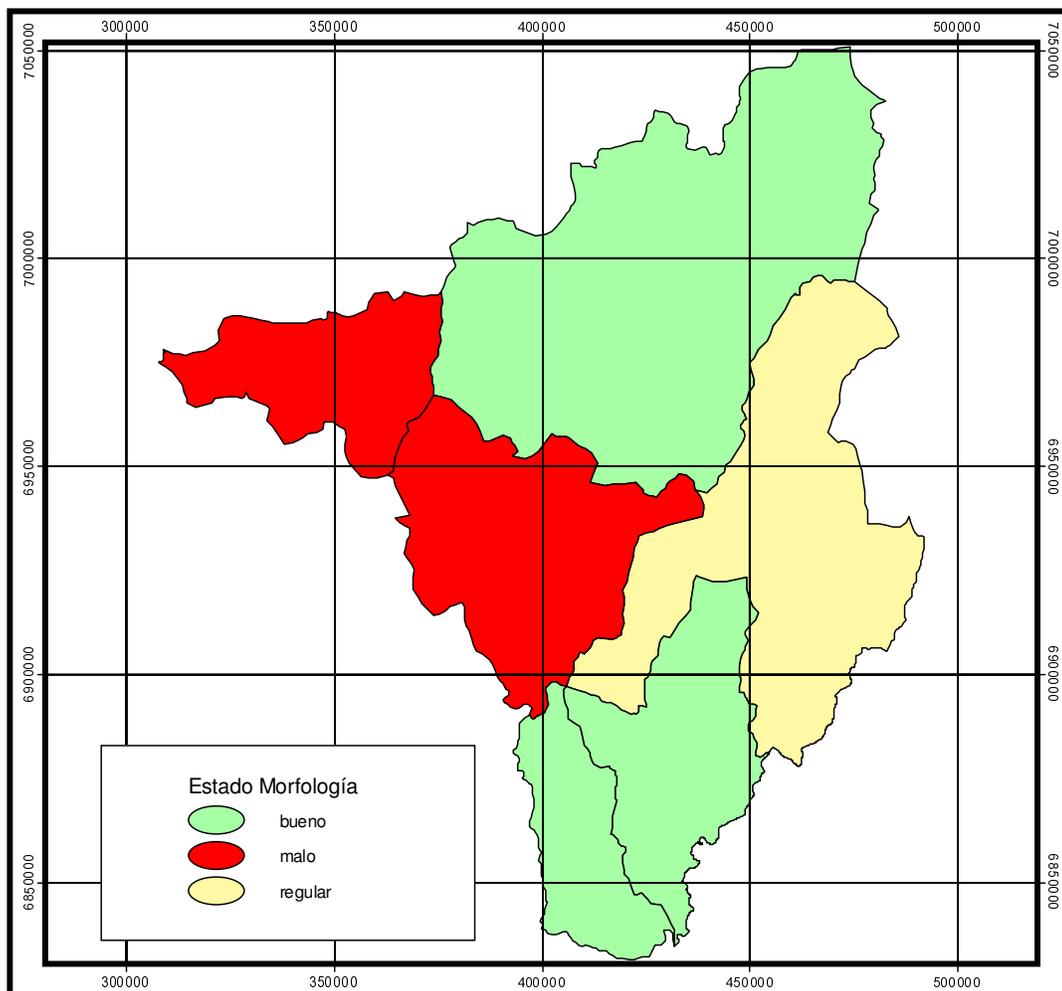
Las presiones sobre la morfología identificadas en la cuenca corresponden a la canalización y desvío de aguas por drenes artificiales y la extracción de áridos desde el lecho del río. Se considera que a la presencia de canalización de aguas altera la morfología natural del cauce, alterando el estado de la variable morfología en la cuenca.

La canalización de aguas en la cuenca del río Copiapó se incrementa principalmente con la construcción del embalse Lautaro, el cual regula el flujo que abastece el riego aguas abajo. La canalización se concentra principalmente en la subcuenca del río Copiapó medio. Por otra parte, sobre el lecho del río Copiapó medio y bajo se advierten faenas de extracción de áridos, las que contribuyen a disminuir la porción de cauce sin intervención en estas subcuencas. El estado de la morfología del cauce en estas subcuencas se considera como en mal estado.

La parte baja de la subcuenca del río Jonquera también presenta colectores de agua en desmedro del escurrimiento sobre el cauce natural. El estado de la morfología del cauce en esta subcuenca se considera en regular estado.

Las subcuencas del río Manflas, Pulido y Paipote no presentan estructuras de canalización. Se considera que el estado morfológico del cauce en estas subcuencas es bueno.

**Figura 55. Estado variable morfológica en la cuenca del río Copiapó**



### 3.3.4 Ecosistemas

Las presiones identificadas sobre los ecosistemas asociados al recuso hídrico en la cuenca corresponden principalmente a la extracción de agua subterránea y en menor medida a las presiones sobre la disponibilidad de hábitat riparianos que ejerce la creciente canalización de aguas, la extracción de áridos y la extracción ilegal de leña.

Los arbustos tienen un importante rol en el funcionamiento de los ecosistemas de zonas áridas, principalmente por su participación en los procesos de infiltración de aguas lluvia, levantamiento hidráulico desde las capas freáticas, retención de humedad de neblinas costeras y efecto nodriza, creando parches de sombra y fertilidad, contribuyendo así al mantenimiento de la biodiversidad (Squeo et al. 1999).

Actualmente se estiman 76 km<sup>2</sup> de terrenos húmedos en la cuenca, los que incluyen humedales altoandinos (22 km<sup>2</sup>), vegas de media altitud (33 km<sup>2</sup>) y matorrales riparianos (21 km<sup>2</sup>) asociados a la red de drenaje (Universidad de Chile, 2009). Estos terrenos se distribuyen en las subcuencas del río Copiapó bajo, río Manflas, río Pulido y río Jonquera. Tanto en la subcuenca del río Copiapó medio y quebrada Paipote no se observan mayormente.

La subcuenca del río Copiapó medio es la que presenta la menor superficie de humedales (4,38 km<sup>2</sup>), los que principalmente corresponden a humedales de mediana altitud (98%). Los antecedentes recopilados indican que en esta subcuenca ha disminuido la superficie de terrenos húmedos debido al descenso de los niveles freáticos (Niemeyer, 1980) y al cambio de uso del suelo agrícola y urbano que ha sostenido los últimos años esta porción de la cuenca. Adicionalmente, la vegetación ha experimentado históricamente la extracción de leña para fines energéticos desde los sectores productivos y la población. La calidad de los ecosistemas asociados al agua será calificada como en mal estado en esta subcuenca.

La subcuenca del río Manflas presenta un total de 6,59 km<sup>2</sup>, los que corresponden principalmente a humedales de mediana altura (64%). Si bien la superficie de humedales es baja, esta subcuenca no presenta presiones sobre la cantidad de agua superficial y subterránea considerables, lo que supone que esta superficie no debiera haber disminuido en el tiempo. Considerando que el acceso a la subcuenca del río

Manflas es restringida, se califica el estado de los ecosistemas como regular en esta subcuenca.

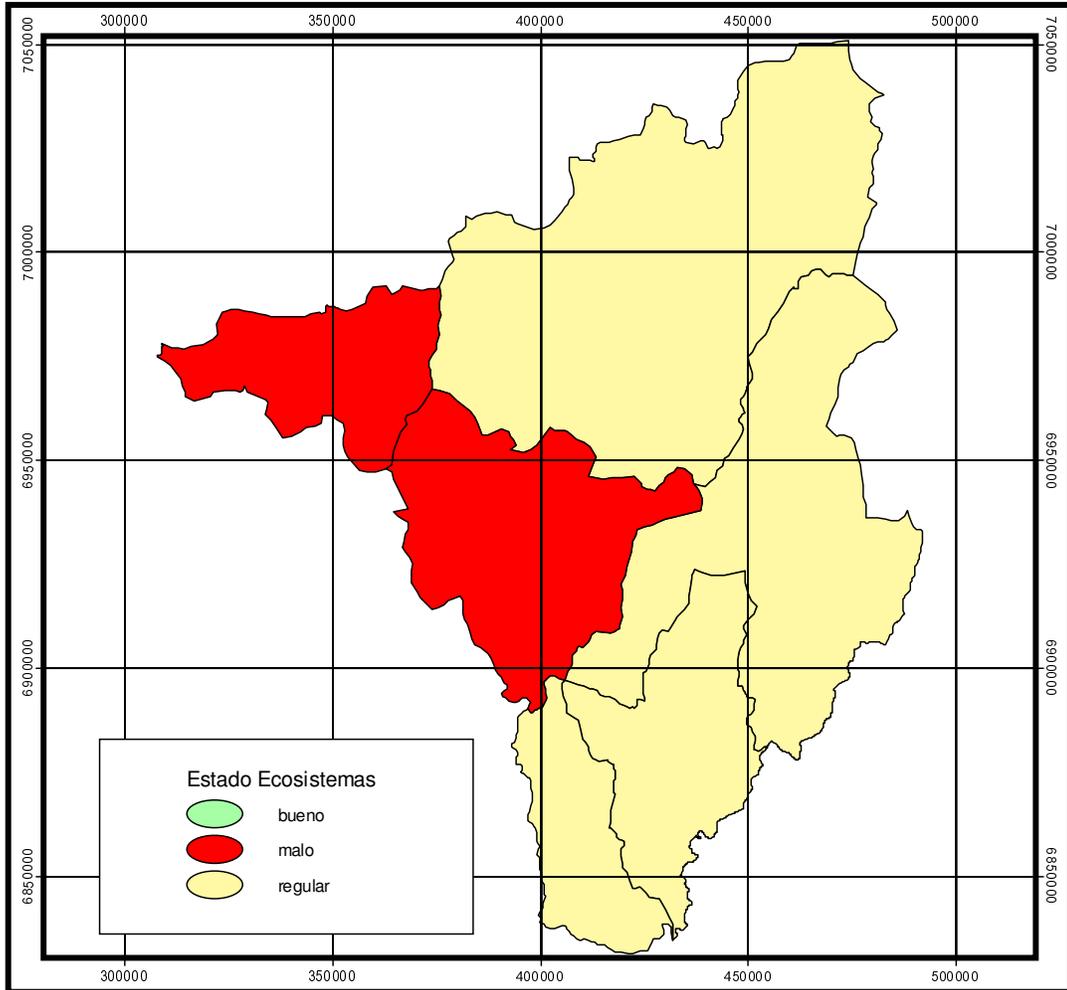
La subcuenca de la quebrada Paipote agrupa el 9% (6,9 km<sup>2</sup>) de los humedales de la cuenca. Estos corresponden a humedales de media altitud (69%) y humedales de altura (31%). Dado que la cuenca no presenta prácticamente escurrimiento superficial ni presiones por extracción de agua, la superficie de humedales debiera corresponder a una situación parecida a la original. Si bien la presión sobre la vegetación en la subcuenca históricamente ha sido la extracción de leña, aún se destaca la presencia de formaciones vegetales asociadas a aguas subterráneas (La Puerta), por lo que se considera que el estado de los ecosistemas se considera regular.

La subcuenca del río Pulido presenta un total de 17 km<sup>2</sup> de humedales, los que corresponde principalmente a humedales de mediana altitud (71%). Considerando que la superficie de terrenos húmedos de esta subcuenca es considerable en relación a las otras subcuencas y seguramente ha sostenido presiones sobre los recursos vegetacionales se considera que el estado de estos ecosistemas es regular.

La subcuenca del río Jorquera presenta un total de 20,5 km<sup>2</sup>, los que corresponden principalmente a humedales de altura (60%). Si bien es de las subcuencas que mayor superficie de humedales presenta, las presiones sobre el uso de los recursos hídricos y la canalización de porciones del cauce existentes determinan que el estado de los ecosistemas es regular, respecto de su condición original.

La subcuenca del río Copiapó bajo presenta la mayor superficie de humedales (20,7 km<sup>2</sup>) los que corresponden a la totalidad de los matorrales riparianos que actualmente existen en la cuenca. Tal como en la subcuenca del río Copiapó medio, la vegetación de a convivido con la presión histórica de la extracción de leña con fines energéticos y la disminución de los niveles freáticos por la extracción sostenida de agua subterránea, por lo que el estado de los ecosistemas se considera en mal estado respecto de su condición original.

**Figura 56. Estado variable ecosistemas en la cuenca del río Copiapó**



### **3.3.5 Socioeconómicos**

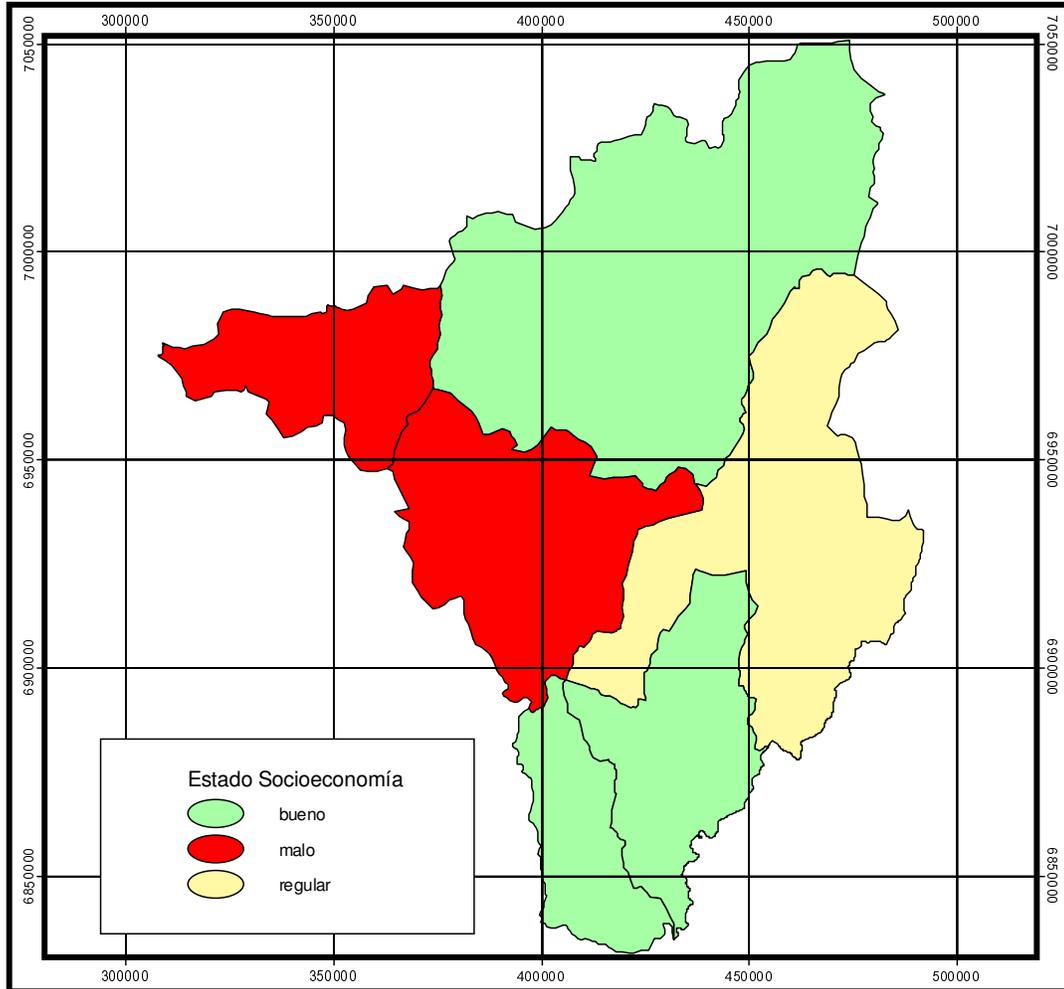
La alteración y pérdida de ecosistemas ribereños también corresponde a una pérdida de áreas de recreación para la población que habita la cuenca. Por otra parte, la canalización y desvío de aguas por drenes artificiales restringe el acceso de la población a las áreas de recreación asociadas directamente al recurso hídrico.

Estos efectos se concentran en la cuenca del río Copiapó medio y bajo, por lo que se considera que el estado del agua en términos de socioeconómicos es malo en estas áreas.

Por otra parte, la cuenca del río Jonquera alberga poblaciones indígenas colla las que se desarrollan gracias a la ganadería y agricultura de subsistencia en los humedales de mediana altitud. Sin embargo, esta población no tiene derechos de aprovechamiento de aguas constituidos, y dado que la subcuenca es un área de prohibición para el otorgamiento de nuevos derechos, estas comunidades actualmente no tienen posibilidad de hacer uso formal del recurso hídrico. Por esta razón se considera que el estado del agua en términos socioeconómicos en esta subcuenca es regular.

Las subcuencas de los ríos Pulido, Manflas y quebrada Paipote no presentan las presiones antes mencionadas, por lo que se considera que su estado es bueno.

**Figura 57. Estado de la variable socioeconomía en la cuenca del río Copiapó**



### **3.4 Diagnóstico integrado del estado del agua en la cuenca**

Sobre la base del diagnóstico realizado para cada una de las variables, se elaboró un diagnóstico integrado del estado del agua en la cuenca del río Copiapó (

Tabla 24).

La subcuenca del río Copiapó bajo presenta un mal estado de las variables cantidad, calidad, morfología, ecosistemas y aspectos socioeconómicos asociados al agua, por lo que se considera que el estado del agua en esta subcuenca es malo.

La subcuenca del río Copiapó medio presenta un mal estado de las variables cantidad, morfología y ecosistemas, por lo que se considera que el estado general del agua en esta subcuenca es malo.

La subcuenca de la quebrada Paipote, si bien presenta la mayoría de sus variables en buen estado, la variable ecosistemas asociados al agua presenta regular estado, por lo que se considerará que el estado de la subcuenca es regular.

La subcuenca del río Jonquera presenta en regular estado las variables calidad, morfología, ecosistemas y socioeconomía, por lo que se considera que el estado del agua es regular.

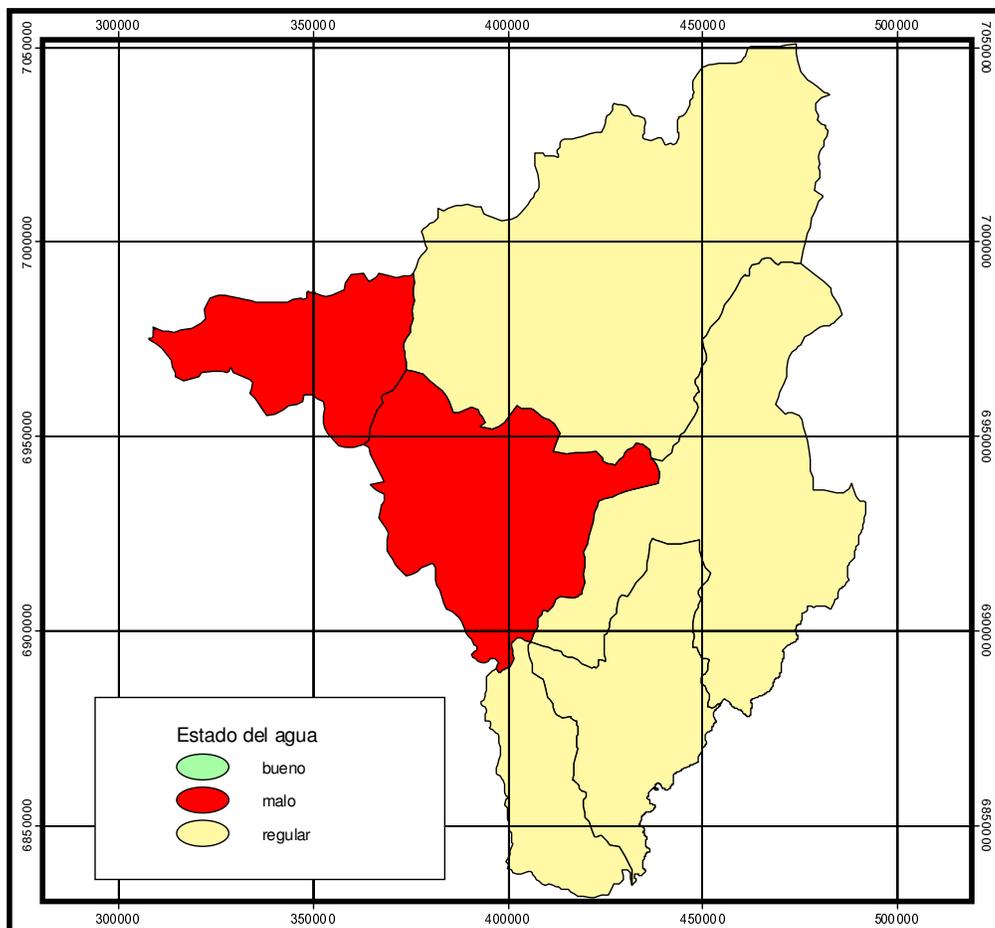
La subcuenca del río Manflas presenta sólo un regular estado de los ecosistemas, por lo que se considera que el estado de la subcuenca es regular.

El río Pulido sólo presenta las variables calidad y ecosistemas en regular estado, por lo que el estado del agua en esta subcuenca será considerado como regular.

**Tabla 24. Diagnóstico del estado del agua en la cuenca del río Copiapó**

VARIABLE	SUBCUENCA					
	COPIAPÓ BAJO	COPIAPÓ MEDIO	PAIPOTE	JORQUERA	MANFLAS	PULIDO
<b>CANTIDAD SUP</b>	Malo	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
<b>CANTIDAD SUB</b>	Malo	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
<b>CALIDAD SUP</b>	Malo	Regular	Bueno	Regular	Bueno	Regular
<b>MORFOLOGIA</b>	Malo	Malo	Bueno	Regular	Bueno	Bueno
<b>ECOSISTEMAS</b>	Malo	Malo	Regular	Regular	Regular	Regular
<b>SOCIOECONOMIA</b>	Malo	Malo	Bueno	Regular	Bueno	Bueno
<b>DIAGNOSTICO</b>	<b>MALO</b>	<b>MALO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>

**Figura 58. Estado del agua en la cuenca del río Copiapó**



### **3.5 Diagnóstico institucional**

El 22 de agosto de 2006 se acordó, entre la Sra. Intendente y el sector privado de la región de Atacama, generar un espacio de diálogo, reflexión y cooperación entre el sector público y privado para el uso sustentable del recurso hídrico en el valle de Copiapó. De esta forma se constituye la Mesa Público Privada del Agua.

Esta Mesa es presidida por la Sra. Intendente Regional, quien, dentro de sus atribuciones, nombra por Resolución a la Dirección Regional de Aguas (DGA) como Secretaria Ejecutiva, quien queda encargada de coordinar todas las actividades de la Mesa del Agua.

En la Mesa del Agua están representados variados actores e intereses vinculados al agua, a saber, usuarios de aguas subterráneas, regantes, minería, agroindustrias, ambientalistas, empresas sanitarias y poblaciones urbanas que desean tener acceso a agua de mejor calidad, entre muchas otras aspiraciones.

Durante el año 2007, la Dirección Ejecutiva de CONAMA sometió a consideración del Consejo Directivo la propuesta de Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas (ENGICH), siendo esta aprobada por la Presidenta de la República y lanzada públicamente durante el mismo año.

En el año 2008, se dio inicio a la fase piloto de la ENGICH. La cuenca del río Copiapó fue el lugar escogido por el Gobierno para lanzar la tercera cuenca piloto, el día 11 de noviembre de 2008.

De esta forma la Mesa del Agua evolucionó en respuesta a la necesidad institucional regional planteada por la Estrategia, constituyéndose en el Organismo de Cuenca del río Copiapó, el cual busca mejorar la gestión de los recursos hídricos con los principales actores vinculados al agua en la cuenca. La gestión de cuencas es un proceso dinámico e interactivo, siendo el organismo el encargado de definir las intervenciones en la cuenca y la forma de hacerlo.

Actualmente, la Mesa del Agua funciona de manera estable, democrática y con una adecuada representatividad y asistencia para la toma de decisiones. La Intendente

Regional, como presidente de la Mesa, ha adquirido una relevancia significativa en la convocatoria del organismo y en la proposición de temas al Consejo Directivo.

De la misma forma, para que la gestión integrada de cuencas tenga continuidad en el tiempo y logre las metas que se proponen, se estima fundamental que la intendencia siga liderando con este ímpetu el proceso y continúe con los lineamientos que éstos hayan trazado para la cuenca.

La Mesa como Organismo de Cuenca cuenta con un Reglamento regional de organización y funcionamiento, el cual fue aprobado por los actores que la conforman y ratificado por los Consejeros Regionales (CORE) el 1º de junio de 2009, empleando la protestad reglamentaria del Intendente Regional.

El reglamento incluye entre sus títulos lo relativo al objetivo de las reglas; a la misión, objetivos y órganos de la Mesa del Agua; Asamblea general de usuarios; Consejo Directivo; Comité técnico; acreditación de usuarios y de organizaciones de usuarios; adhesión y duración de las reglas.

El Organismo de Cuenca – Mesa del Agua, acentúa la participación de las organizaciones de usuarios, asociaciones gremiales, entes privados, organizaciones sociales e instituciones del estado en la gestión de los recursos de la cuenca. Estos darán las bases y propuestas para la elaboración del Plan de Gestión de Cuencas, acorde a las necesidades tanto de cantidad como de calidad del recurso hídrico.

El reglamento contempla que los sectores privados, sociales y públicos elijan a siete representantes cada uno para conformar el Consejo Directivo del Organismo. En el reglamento se señala en sus dos primeros artículos los siguientes aspectos,

**Artículo 1. Sobre los organismos para la gestión del uso sostenible del Recurso Hídrico en las Cuencas Hidrográficas de la Región de Atacama.**

Constituirán instancias de diálogo, coordinación y concertación, entre los actores de los sectores público, privado y del sector de las organizaciones no gubernamentales, o sociales, y será su finalidad permitir el mayor conocimiento, estudio, análisis y discusión que se requiera para proponer e impulsar la gestión integrada de recursos hídricos subterráneos y superficiales de las distintas cuencas de la Región, propiciando

la participación de manera activa, responsable y efectiva de todos los actores interesados, vinculados y/o afectados por las decisiones relacionadas con la gestión del recurso hídrico de cada cuenca.

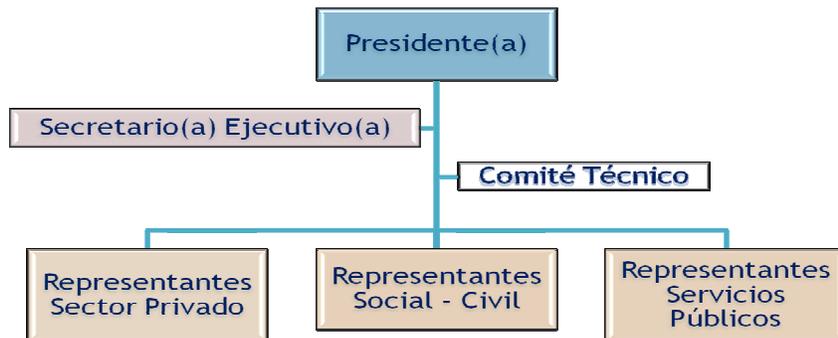
Por acuerdo entre los otorgantes los Organismos de Cuenca que se establezcan mediante la aplicación de estas normas se denominarán para todos los efectos administrativos, técnicos y legales MESA DEL AGUA, diferenciándose entre ellas por el nombre de la cuenca a la que representan.

**Artículo 2. Sobre la aceptación de las reglas de funcionamiento.**

Los otorgantes, suscriptores, adherentes, del Protocolo sobre Gestión Integral de los Recursos Hídricos en las Cuencas de la Región de Atacama acuerdan establecer y se obligan a aceptar y aplicar, entre ellos, en forma permanente, las siguientes normas de organización y funcionamiento que voluntariamente han concensuado y se obligan a respetar, conviniendo en que para todos los efectos de su vigencia y aplicación ellas serán las que se contienen en estas REGLAS REGIONALES PARA LA ORGANIZACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE ORGANISMOS DE CUENCAS (MESAS DEL AGUA) PARA LA GESTION INTEGRADA Y EL USO SUSTENTABLE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA REGION DE ATACAMA ”.

Consta expresamente que el objetivo de ellas es definir y regular la organización y el funcionamiento de los Organismos de Cuenca que bajo la denominación acordada y aceptada de Mesas del Agua, se podrán constituir y operar en cada una de las cuencas hidrográficas de la Región de Atacama, siempre de conformidad con las normas, principios y objetivos que la legislación vigente establece y teniendo presente los criterios generales sustentados por la autoridad competente en esta materia.

Según lo definido en dicho reglamento, actualmente la Mesa del Agua esta conformada por un Consejo Directivo y un Comité Técnico.



Este último aún es un grupo de actores que intervienen en la cuenca y que se reúnen esporádicamente. Este no ha sido enriquecido con un número adecuado de profesionales contratados en forma permanente para apoyar al Consejo Directivo de la Mesa del Agua. Un apoyo fundamental y necesario es en torno a la elaboración de proyectos y la búsqueda de financiamiento, según las necesidades detectadas por un equipo técnico, que con un financiamiento basal logre dar continuidad a las medidas y presentarle resultados concretos al consejo Directivo.

Los integrantes del Consejo Directivo inicialmente están normados según lo establecido de forma consensuada por el Reglamento regional de organización y funcionamiento de Organismos de Cuenca, que establece el numero de actores que deben participar, determinando porcentajes de representantes de cada sector (público, privado y sociedad civil), inicialmente por 1/3 cada sector, lo cual a la fecha no ha sido totalmente cumplido ya que faltan algunos actores sociales principalmente.

Destaca el sector privado que ya fue organizado y cumple con el número de participantes. Aún no se logra una completa representatividad a nivel de cuenca en especial en cabeceras y área costera, aun cuando existen avances significativos con la incorporación de la Municipalidad de Caldera y Comunidades Indígenas.

Falta establecer un mecanismo adecuado para lograr una participación plena, que permita lograr los acuerdos mas representativos posibles, debiéndose asegurar el tener la asistencia de todos los actores en el Consejo Directivo, lo que pasa por tener un orden de las fechas de citación, la comunicación con los actores mas alejados de la cuenca y asegurar en especial la participación de los actores sociales, como

comunidades indígenas y una forma de financiar el gasto de asistir a reuniones para asegurar la continuidad del proceso por parte de todos los actores.

Si bien existe una participación importante de los actores, en especial para el Comité Técnico, aún no se cuenta con un financiamiento propio, seguro y adecuado que pueda mantener en el tiempo un trabajo sistémico en la gestión de los recursos hídricos por cuenca. Una barrera importante a trabajar y superar para el Comité Técnico es la búsqueda de financiamiento fijo, determinar responsabilidades y protocolos de toma de decisiones para lograr ejecutar y mantener en el tiempo los Planes de Gestión de Cuencas que se piensa establecer.

La Mesa del Agua de la cuenca del río Copiapó no cuenta con un respaldo legal que le de una base estable de constitución, que le permita obtener de mejor manera financiamiento, personal calificado, disponer de una infraestructura adecuada a sus fines y contar con un adecuado sistema de monitoreo para el seguimiento de la aplicación del Plan de Gestión de Cuenca.

Dadas estas brechas es que la Mesa del Agua ha priorizado la generación de un Plan Territorial Hídrico para la cuenca del río Copiapó, el cual está actualmente siendo evaluado por CORFO para la asignación de financiamiento y aprobación de líneas de trabajo.

Si bien este tipo de programas busca crear desarrollo y mejorar la realidad productiva de un territorio, área o zona geográfica determinada, así como al desarrollo de un sector productivo determinado y sus relaciones, puede ser un aporte real a la Mesa del Agua y su componente técnica. Existen otras iniciativas de apoyo al trabajo técnico como lo es la línea de Gestión integrada de recursos hídricos del Centro Tecnológico Ambiental de Vallenar, liderado por el equipo de Fundación Chile, que por medio de financiamiento CORFO busca apoyar la institucionalidad de la Mesa del Agua y la búsqueda de mejores herramientas de gestión.

La mayor problemática de estas iniciativas principalmente pasa por que el tipo de financiamiento es limitado a periodos de tiempo, lo que no permite asegurar una continuidad de proceso. Otro problema encontrado es la falta de profesionales de apoyo presentes en las reuniones de la Mesa del Agua en forma continua.

El primer paso para la búsqueda de un adecuado sistema de Gestión Integrada de Recurso Hídricos por cuenca ha sido dado a nivel regional por la creación de las llamadas Mesas del Agua de Atacama.

Dicho proceso, innovador en el actual sistema legal, ha sido complementado con la declaración de Cuenca piloto para la Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas (ENGICH) liderada por CONAMA y DGA.

Un tema relevante para la Mesa del Agua ha sido mejorar la base de información en la cuenca y las redes de monitoreo de cantidad y calidad del recurso hídrico. Además, se ha trabajado en la recopilación de información relevante dándole un enfoque sistémico por medio de plataformas web de apoyo a las decisiones, como es el caso de "Observatorios de Cuenca" liderados por Fundación Chile.

El conocer el comportamiento dinámico de la cuenca, los impactos de las intervenciones; los distintos monitoreos de calidad y cantidad del recurso hídrico, la red de monitoreo, entre otras muchas aplicaciones, son fundamentales para tomar decisiones con información y conocimiento.

Dado que la Mesa del Agua no cuenta con ninguna atribución legal, no tiene las facultades ni equipamiento para dar fiscalización al cumplimiento de los acuerdos que puedan suscribir los representantes de cada sector.

Dado el marco normativo existente, la fiscalización es realizada de forma sectorial por los servicios competentes. No obstante, se ha trabajado en mejorar el equipo regional de fiscalizadores de la Dirección General de Aguas (DGA) y en cambios en la legislación para darle mayores atribuciones a la institución en dicha temática.

Si bien por parte de los actores existe actualmente un mayor conocimiento de los conceptos de gestión integrada de recursos hídricos por cuenca por medio de talleres y apoyo de Fundación Chile, aún no existe un total consenso sobre la necesidad de alcanzar metas de gestión integrada y de ordenamiento territorial.

Se ha trabajado en torno a la generación de una visión compartida para guiar las decisiones, pero aún en los principales actores, la contingencia ha sido más relevante que liderar una visión de futuro, lo cual es comprensible dada las condiciones de

criticidad en la que se encuentra el recurso hídrico a nivel de sus componentes económico, social y ambiental. La gestión de cuencas, sobre todo del agua, debe ser concebida como una actividad a largo plazo.

A nivel de la toma de decisiones se ha visto que la Mesa del Agua ha trabajado más en torno a la problemática hídrica en el corto plazo y a veces tomando decisiones de forma apresurada sin las mejores bases técnicas, en especial cuando hay temas ambientales que no son tomados con la importancia que se requiere y en determinados casos sin contemplar los límites impuestos por la naturaleza.

Es necesario establecer un mecanismo efectivo de toma de decisiones con información, conocimiento y participación adecuado, tanto para la contingencia como para lograr orientar las intervenciones en la cuenca a largo plazo.

En general existe un adecuado conocimiento relación de las políticas de desarrollo regional y nacional, dado principalmente por los actores públicos presentes en la Mesa del Agua. Entre ellas, destacan la Estrategia Regional de Desarrollo de Atacama, la Estrategia Regional de Biodiversidad de Atacama y el Plan de acción para el cambio climático.

El costo de operación y administración de la Mesa del Agua no tiene financiamiento definido, por lo que es absorbido por la Secretaria Ejecutiva DGA con apoyo de CONAMA para darle continuidad al proceso a nivel de Comité Técnico.

A nivel de Consejo Directivo, el Gobierno Regional ha liderado y absorbido los costos de operación y administración para la ejecución de reuniones en conjunto con la Secretaria Ejecutiva. Ninguno de estos aportes es directo y no aseguran ninguna clase de continuidad. Para la realización de gestión de la cuenca y los recursos hídricos no existe financiamiento alguno, y aun no hay compromisos económicos de los actores que se benefician de los recursos de la cuenca.

A nivel de financiamiento para proyectos la Mesa del Agua se han logrado algunos importantes acuerdos de colaboración público – privados, como por ejemplo el Programa de estimulación de lluvias y el Programa de transferencia de capacidades para mejorar el riego. La mayoría de las fuentes de financiamiento que se manejan, por estar a un nivel más cercano a los actores participantes, son el Fondo Nacional de

Desarrollo Regional (FNDR), mediante el cual el Gobierno Central transfiere recursos fiscales a la región de Atacama. Otra importante fuente de financiamiento para proyectos son las líneas que entrega CORFO – INNOVA CHILE. La mayor problemática detectada en este tipo de financiamientos es que no asegura la continuidad de los distintos procesos de gestión, por ejemplo en el caso de monitoreo las campañas son a largo plazo para lograr resultados adecuados.

Si bien son un aporte considerable a la gestión regional en la materia de recursos hídricos, no se debe olvidar el buscar un financiamiento mayor y continuo que asegure la permanencia de las distintas iniciativas. Se debe buscar la generación de cobranzas y de apoyo a los usuarios de la cuenca. Todas estas preocupaciones en torno al financiamiento buscan asegurar la continuidad de los procesos de gestión para lograr pasar de una situación actual a una deseada en un periodo de tiempo acordado. Un paso futuro a considerar en la búsqueda de financiamiento basal es generar una contabilidad económica, social y ambiental del efecto de las decisiones tomadas por el Consejo Directivo.

#### **4. PRONÓSTICO DEL ESTADO DE LA CUENCA**

La presente sección incluye una breve descripción de los proyectos de inversión en carpeta en la cuenca del río Copiapó y una proyección del comportamiento del acuífero sobre distintos escenarios de consumo.

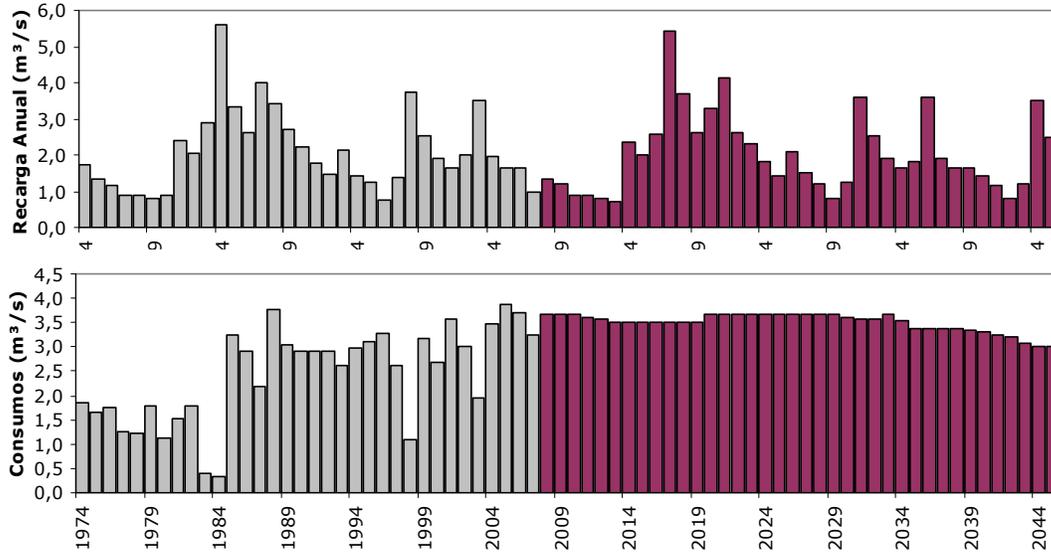
##### **4.1 Proyección disponibilidad hídrica en el acuífero del río Copiapó**

A continuación se presenta una proyección de la disponibilidad hídrica en el acuífero del río Copiapó bajo tres distintos escenarios de consumo.

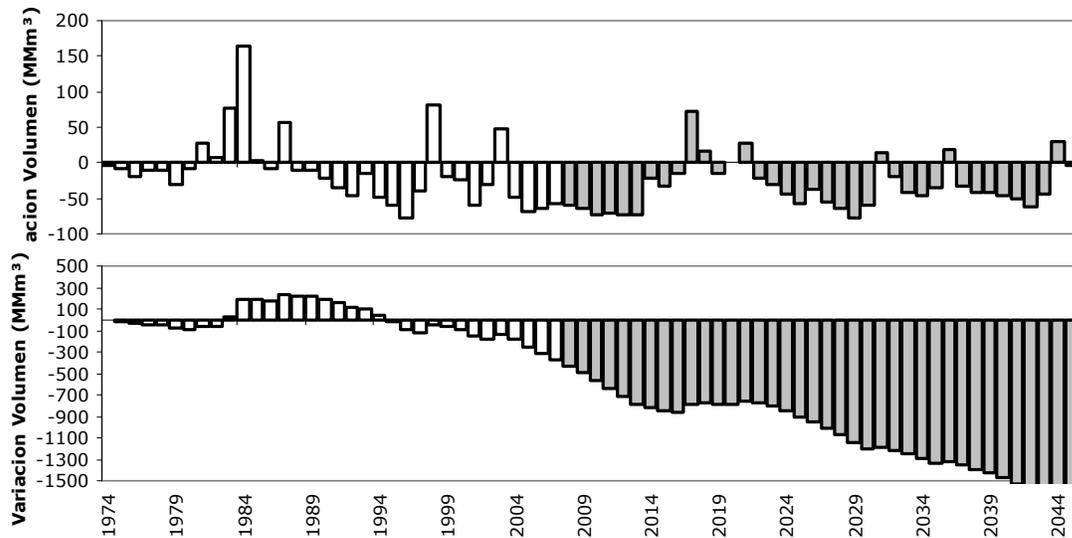
###### **4.1.1 Escenario Base**

Supone una recarga similar a la histórica y un consumo que se mantiene en el tiempo como el consumo actual. Se observa que en este escenario continúan predominando los períodos de pérdidas del volumen almacenado y un descenso sostenido del volumen acumulado en el acuífero.

**Figura 59. Recarga y consumo actual**



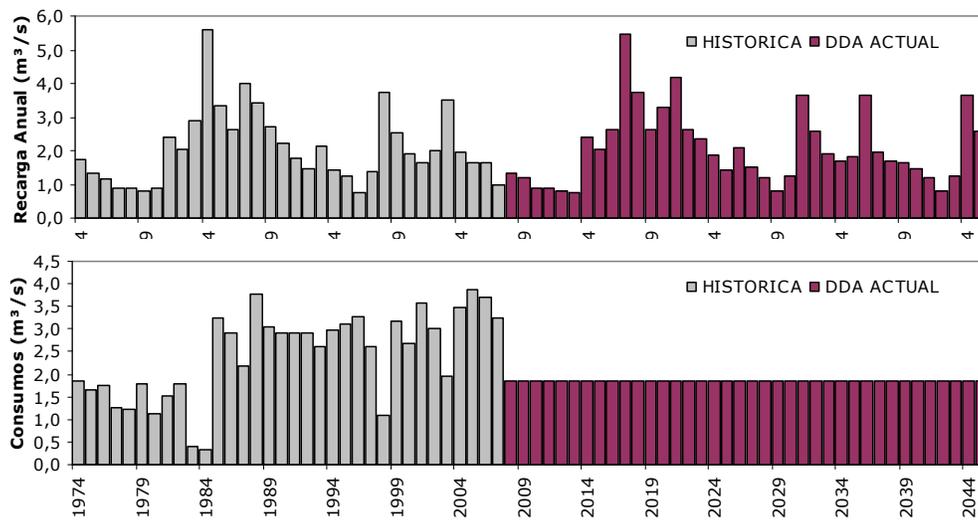
**Figura 60. Variación del volumen del acuífero**



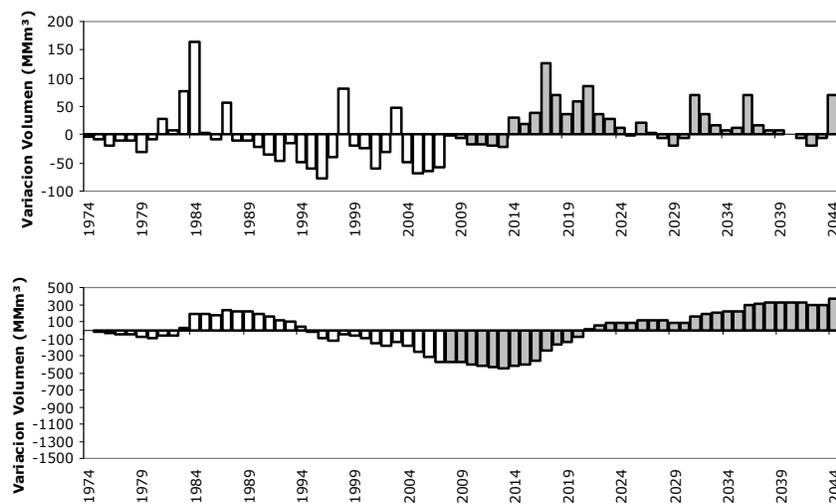
### 4.1.2 Recuperación brusca

Supone una disminución del consumo en un 50% a partir del año 2010. Se observa que el acuífero comienza un período sostenido de ganancias, alcanzando a partir del 2020 positivos volúmenes almacenados.

**Figura 61. Recarga actual y consumo del 50%**



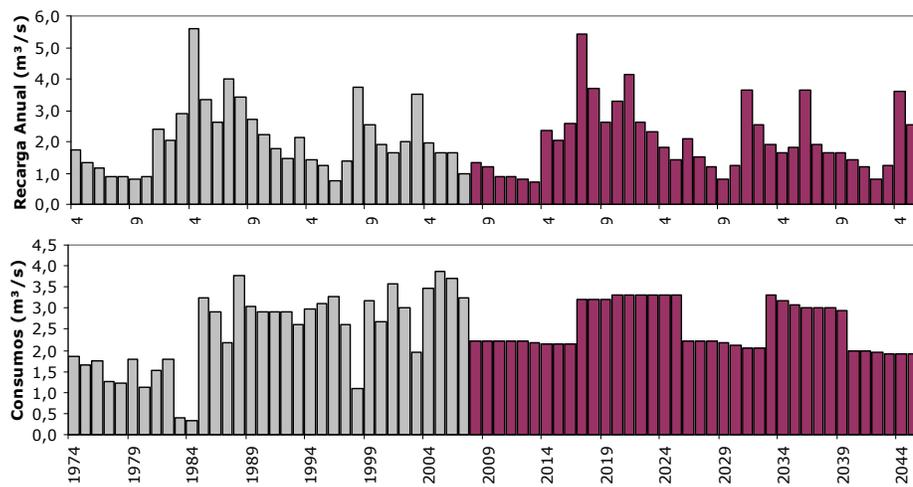
**Figura 62. Variación del volumen del acuífero**



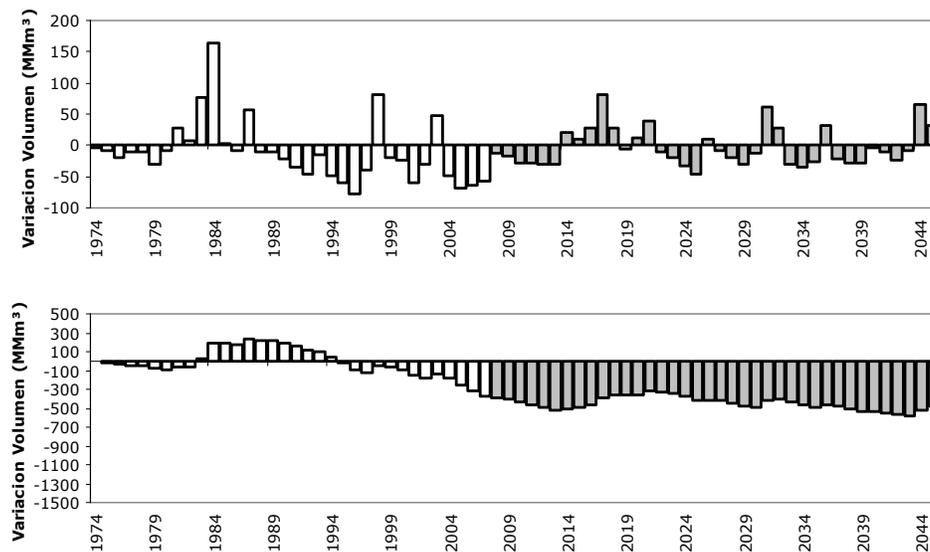
### 4.1.3 Mantenimiento del acuífero

Supone un consumo variable de acuerdo la disponibilidad hídrica. Se observa que los volúmenes almacenados del acuífero se mantienen en el tiempo, controlándose el vaciamiento del acuífero y manteniéndose períodos consecutivos de pérdidas.

**Figura 63. Recarga actual con consumo diferenciado**



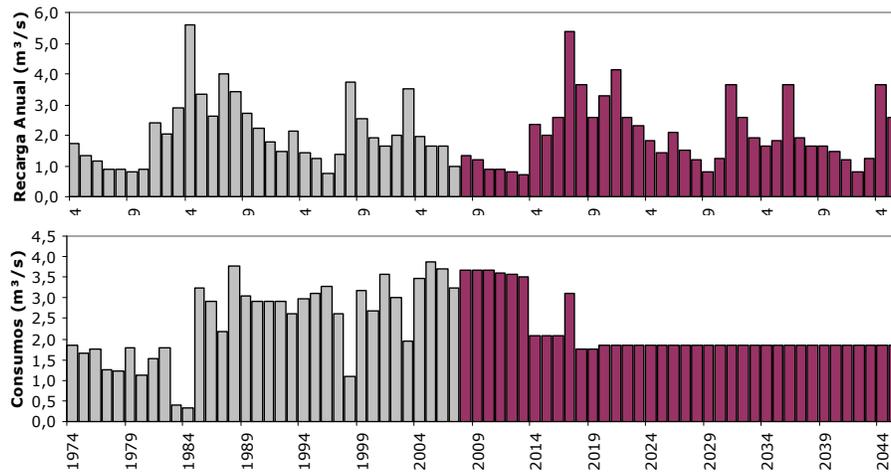
**Figura 64: Variación del volumen del acuífero**



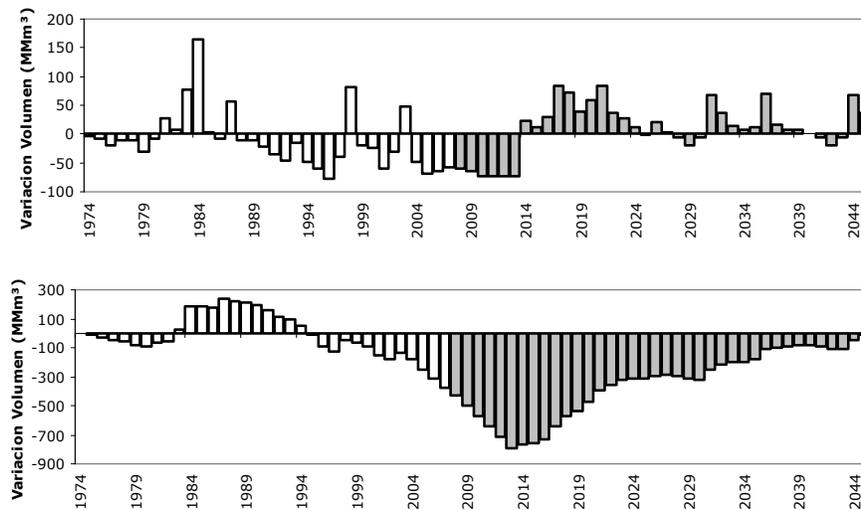
#### 4.1.4 Recuperación del acuífero

Supone un consumo variable de acuerdo la disponibilidad hídrica. Se observa que los volúmenes almacenados del acuífero comienzan una recuperación sostenida, con mayores períodos de ganancia y variaciones positivas del volumen almacenado.

**Figura 65. Recarga actual y consumos diferenciados**



**Figura 66. Variación del volumen del acuífero**



## **4.2 Proyectos de inversión en la cuenca del río Copiapó**

### **4.2.1 Proyecto Cerro Negro Norte**

El proyecto contempla la extracción de recursos hídricos subterráneos desde el sector acuífero de Copiapó – Piedra Colgada por un caudal efectivo de 54,3 litros por segundo, considerando que el 50% del aporte de agua provendrá de agua desalada o aguas servidas tratadas de Caldera.

Se ha estimado que con un consumo de 108,6 l/s de agua subterránea no se verán afectados los cultivos agrícolas aguas abajo, por cuanto no disminuirán los caudales de los pozos de los agricultores y tampoco representará un daño biológico a las plantas ni económico a las actividades agrícolas.

Resultados del estudio señalan que la depresión producida por los bombeos, al cabo de 20 años, para los pozos más cercanos, a 200 y 300 metros de distancia, presentarían un descenso máximo en el nivel estático de 0,06 metros por año, inferior a 1,2 metros en 20 años.

Este cálculo se ha realizado bajo la hipótesis de que no existe ninguna recarga en el periodo de 20 años. Dicho descenso, además, no afectará al caudal de producción de éstos, ya que las permeabilidades son muy altas y el espesor saturado del acuífero supera los 250 metros.

Lo anterior, será corroborado a través del programa de monitoreo de los niveles de la napa y un plan de contingencia que considera incrementar el abastecimiento de agua para el proyecto a un 75% de agua desalada y/o aguas servidas tratadas o el reemplazo total de la extracción de agua desde los pozos de extracción por agua desalada y/o aguas servidas tratadas de Caldera.

A partir de la obtención de la RCA aprobatoria del EIA del Proyecto el Titular se ha comprometido a comenzar el desarrollo del Proyecto de Ingeniería para abastecer con agua desalada este proyecto y complementariamente aprovechar las aguas servidas tratadas de Caldera.

La descripción de las fuentes de agua para uso industrial dice relación con las condiciones establecidas por la COREMA al momento de la calificación del proyecto.

Los derechos de agua para el Proyecto se obtendrán de dos pozos existentes en el sector Toledo de la Parcelación Piedra Colgada, en la comuna de Copiapó. Los pozos se encuentran en el 2º distrito de aguas subterráneas de la cuenca del río Copiapó y suman un caudal de 150 l/s.

El Pozo 1 se ubica en la Parcela Nº 32 y tiene derechos de aprovechamiento consuntivo de aguas subterráneas, de ejercicio permanente y continuo, por un caudal de 60 l/s. La localización de los pozos se indica a continuación: Pozo Nº 1 (357.836 E; 6.979.633 N UTM PSAD56), dentro de la parcela 32. Pozo Nº 2 (359.753 E; 6.979.303 N UTM PSAD56), se ubica en el sector poniente del camino que accede al aeródromo Chamonate, al llegar al empalme con la Ruta 5.

El Titular ha señalado que posee derechos de agua por 207,5 l/seg, de los cuales utilizará 54,3 l/seg para el proyecto en condiciones normales de operación. En caso que ocurra una situación de contingencia, que obligue a detener la planta de magnetita, este consumo aumentará a 150 l/seg. aproximadamente.

La operación normal del Proyecto considera un consumo de 196 l/seg, las cuales provendrán desde las siguientes fuentes:

- 54,3 l/seg, desde los pozos ubicados en Chamonate.
- 88 l/seg de agua recirculada desde Puerto en Punta Totalillo
- 54,3 l/seg de fuentes alternativas (aguas servidas tratadas de Caldera o agua desalada), alcanzando un total de 196,6 l/seg.

Este caudal total (196,6 l/seg) será utilizado de la siguiente forma:

- 122,6 l/seg serán consumidos en el área de Cerro Negro.
- 74 l/seg serán utilizados para transportar el concentrado de hierro al puerto vía concentrado.



gatilla el PMD cuando se obtiene un descenso superior al 20% por sobre lo estimado en el modelo hidrogeológico, con un mínimo de 1 m/año. Al gatillarse los umbrales las extracciones del proyecto disminuirán en el sector afectado y aumentará en otros sectores en función de los derechos disponibles.

Si el ejercicio de los derechos totales de MLCC en el área de sus extracciones no permite suplir el abastecimiento del Proyecto, la Compañía solicitará la prorrata del recurso aguas arriba de La Puerta.

Según el titular, el proyecto no genera impacto ambiental derivado de la utilización de aguas subterráneas, ya que no genera los efectos adversos significativos sobre el recurso agua de acuerdo a lo indicado en el RSEIA. El proyecto causa un efecto máximo sobre la escorrentía en La Puerta producto de las extracciones, adicionales a las que ya están en operación. Fue considerado el nivel inicial de monitoreo como situación actual, es decir  $518 - 190 \text{ l/s} = 328 \text{ l/s}$ . Este efecto está modelado y genera una curva ascendente que se aproxima al máximo al final de la vida útil del proyecto. Aguas abajo de La Puerta el efecto se reparte entre subterráneo (aprox. 7% - 20-25 l/s) y superficial.

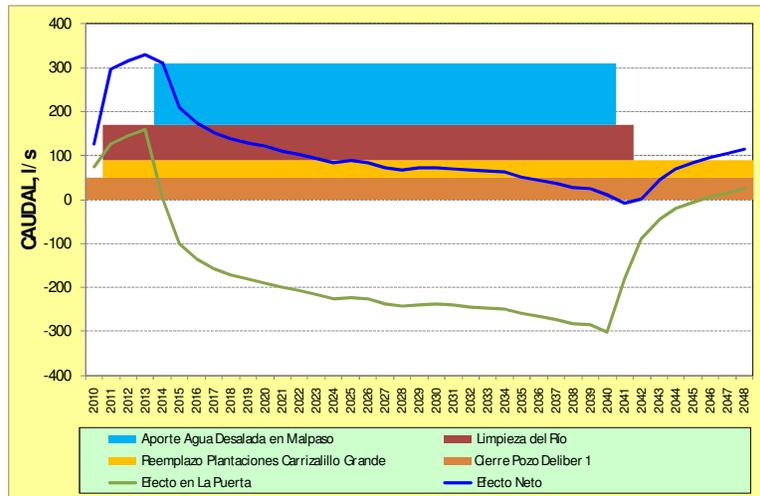
Consistente con la voluntad del proyecto de contribuir a la sustentabilidad hídrica del valle y como respuesta a la inquietud de la autoridad respecto a la certeza de las medidas propuestas, se presentan a continuación medidas voluntarias de apoyo a la sustentabilidad hídrica del valle:

- 140 l/s de agua desalinizada entregados en el canal Mal Paso.
- 40 l/s por el reemplazo de plantaciones en el fundo Carrizalillo Grande.
- 50 l/s por la suspensión de la extracción del pozo Deliber 1, con derechos por 100 l/s con un uso agrícola.
- 80 l/s producto de un Programa de Mejoramiento Gestión Hídrica.

En conjunto con lo anterior, retiramos el esquema denominado Balance Neutro y las siguientes medidas allí indicadas: Construcción de un canal de bajo flujo en el embalse

Lautaro, Programa de Estimulación de Precipitaciones y Adquisición de Derechos Superficiales para Infiltración.

Según lo expuesto por la empresa caso de que el efecto del Proyecto corregido en La Puerta supere 310 l/s, el Proyecto aportaría hasta 18 l/s de acuerdo al Plan de Contingencia.



#### 4.2.3 Proyecto Acueducto Chamonate – Candelaria

Actualmente, CCMC suministra agua fresca a su proceso productivo a razón de 0,35 m<sup>3</sup>/TMS. Esta agua es extraída de 3 pozos en Tierra Amarilla y 2 en Paipote, todos ubicados en el Sector 4 del acuífero del Valle del río Copiapó, en donde la compañía posee derechos de agua otorgados por la DGA.

El proyecto Acueducto Chamonate plantea una obra de ingeniería de CCMC para el suministro continuo de agua diseñado para un caudal máximo de 500 l/s. No obstante ello, el proyecto considera una primera etapa de transporte de 150 l/s, pero la ingeniería se ha desarrollado pensando en una expansión a 300 l/s, la que finalmente podría llegar a los 500 l/s indicados anteriormente.

Inicialmente el Proyecto planteaba trasladar por el ducto, una la primera etapa, agua desde los sectores 5 y 6. Sin embargo, durante el proceso de evaluación, en virtud de la observaciones realizadas por el Comité Técnico, el Titular se comprometió a operar el acueducto solo conduciendo aguas tratadas desde el sector de Bodega en una

cantidad de 175 l/s de la Empresa Aguas Chañar S.A., y ante un eventual cambio en la fuente de abastecimiento de agua, el Titular se comprometió a ingresar al SEIA dicha modificación para la evaluación de sus impactos.

Así mismo se comprometió a que considerando que su requerimiento de agua fresca es de 300 l/s como promedio, el agua que no se obtenga de Aguas Chañar continuará siendo abastecida desde el Sector 4.

Las instalaciones del Proyecto, consistirán básicamente en:

- Un sistema de impulsión correspondiente a la estación de bombas, constituida por un estanque de acumulación de agua y un grupo de bombas centrífugas horizontales multietapas conectadas en paralelo;
- Tubería de transporte, correspondiente a tubería de acero para gran parte del trazado y HDPE hacia la llegada a la Planta de Procesos de CCMC de diámetro 24 pulgadas;
- Instalaciones Auxiliares, correspondientes a una subestación eléctrica, sala eléctrica y línea eléctrica, caminos de acceso y operación, equipos menores y equipos de servicio, entre otras.

Cabe señalar que el agua será conducida hasta el estanque de agua de proceso (TK30) existente de 8.500 m<sup>3</sup> de capacidad, localizado en la planta de procesos de CCMC.

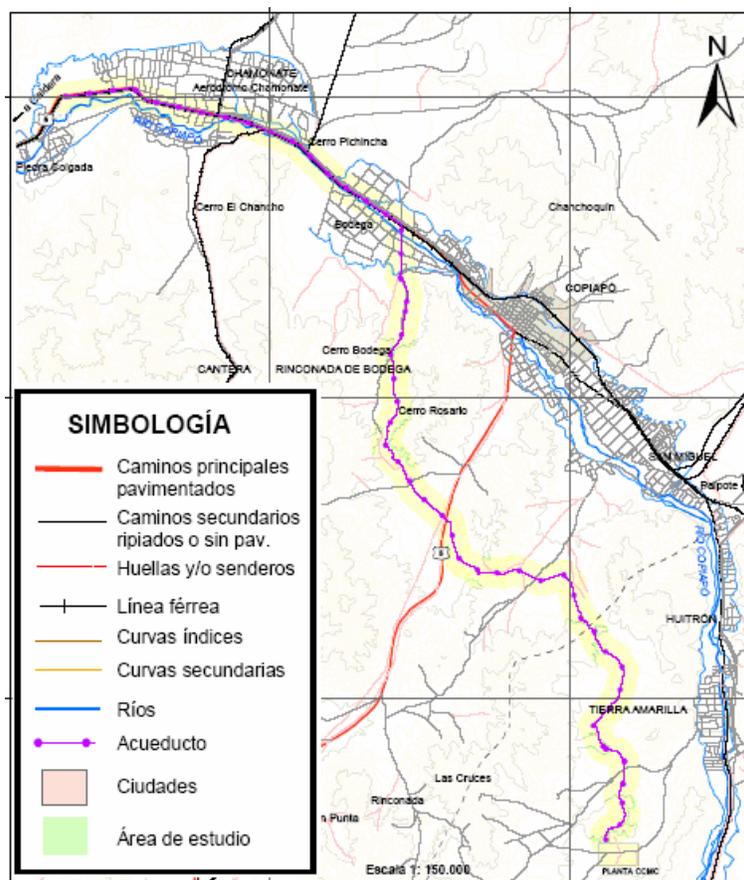
El Proyecto tendrá una extensión de 27,5 km de longitud, considerando que el proyecto parte desde el Sector de Bodega. Irá soterrado a 1,5 m nivel del suelo en algunos tramos y, en otros, a nivel de suelo con cobertura tipo lomo de toro, junto con obras e instalaciones accesorias.

El estanque de acumulación de agua, se localizará en el sector denominado Bodega salida norte de Copiapó y tendrá un volumen aproximado de 1.800 m<sup>3</sup>, considerando 1 hora de reserva de agua a caudal máximo.

Este estanque recibirá aguas desde la planta de tratamiento de Aguas Chañar en el sector de Bodega en una cantidad de 175 l/s de agua, para ser enviados por el sistema

de bombeo y línea de impulsión al estanque de agua de proceso (TK30) existente, localizado en la planta de procesos de CCMC.

Respecto a los Efectos sobre el Humedal del Río Copiapó CCMC elaboro un Plan de Monitoreo del Humedal de la desembocadura del Río Copiapó, que permita verificar la evolución y comportamiento de dicho ecosistema a partir de la calificación favorable y por toda la vida útil del Proyecto, el cual ya esta siendo ejecutado por el equipo de Fundación Chile y entregando los resultados a CONAMA región de Atacama.



#### 4.2.4 Proyecto Abastecimiento de Agua para la Minería del Valle de Copiapó

La Planta Desalinizadora se emplazará en un sitio ubicado en el sector costero, aproximadamente a 2,5 km al sur del Puerto Punta Totalillo, en la comuna de Caldera, Región de Atacama.

Las obras del proyecto en este sector incluyen: la planta desalinizadora propiamente tal y sus obras asociadas, la captación de agua de mar, y el emisario submarino de descarga de salmuera. El acueducto proyectado, entre la Planta Desalinizadora y la Estación Terminal en Tierra Amarilla, en las cercanías de la Planta de Magnetita, tiene una longitud aproximada de 117 km y compartirá la faja del acueducto/concentraducto del proyecto "Cerro Negro Norte", en sus primeros 11 km, para luego compartir la faja existente del concentraducto "Hierro Atacama". Existirá una estación de bombeo o impulsión ubicada en el sector Planta Desalinizadora y una estación de reimpulsión en el sector de Cardone. El tramo final del acueducto, aproximadamente unos 2.615 m, tendrá escurrimiento gravitacional desde la cámara de carga que se ubicará en el km 114,0. La inversión estimada del proyecto es US\$ 248 millones. Se estima que la salmuera a generar será de un máximo de 845 l/s (73.000 m<sup>3</sup>/día) para una producción de agua desalinizada de 600 l/s.

El sistema de impulsión de agua desalinizada considera dos estaciones de bombeo, de las cuales una se ubicará adyacente a la planta desalinizadora y la otra en las inmediaciones de la Central Cardone. La primera de estas estaciones elevadoras captará el producto final de la planta de osmosis inversa desde su estanque de acumulación y la elevará hasta la siguiente estación de bombeo. Desde ahí esta bombeará a una cámara de carga que se ubicará en el punto más alto del trazado. Desde esta cámara de carga, el agua desalada bajará gravitacionalmente hasta la estación terminal.

#### **4.2.5 Proyecto Aldebarán - Cerro Casale**

De acuerdo con el estudio de impacto ambiental (EIA), Aldebarán, también conocido como Cerro Casale, está diseñado para producir 17 Moz de oro, 32 Moz de plata y 2 Mt de cobre en concentrados durante 18 años. El EIA fue aprobado y se estima que requerirá US\$ 1.400 mm para ser desarrollado.

El proyecto requiere una enorme demanda de agua. La compañía minera cuenta con derechos de agua provenientes de pozos ubicados en Piedra Pómez, desde donde se extraerán cerca de 900 litros por segundo, que se extraen fuera de la Cuenca. Además se utilizará agua desde el río la Gallina en la Cuenca del río Copiapó.

Una cantidad demasiado elevada para la zona, que significará una alta demanda para las fuentes que también abastecen de forma superficial y subterránea a los ríos y napas que alimentan al Río Copiapó, el que permanentemente presenta niveles deficitarios.

El acueducto que Aldebarán planea habilitar, de 121 kilómetros de longitud, atravesaría además dos parques nacionales (Nevado Tres Cruces y Laguna del Negro Francisco).

El proyecto, a 3.800m sobre el nivel del mar, daría empleo a 4.500 personas durante la fase de construcción de tres años y a 1.250 cuando inicie las operaciones, según el EIA. Las enormes dimensiones de este proyecto involucran a varias comunidades: la mina a tajo abierto y sus instalaciones, incluida la planta y el ducto para el transporte del mineral, se emplazarían -de ser aprobado éste- entre las comunas de Tierra Amarilla y Caldera, mientras que la producción minera se embarcaría por el Puerto de Candelaria, propiedad de Phelps Dodge. Se espera que pronto reingrese el nuevo Estudio de Impacto ambiental.

#### **4.2.6 Proyecto Caspiche**

El proyecto realizó prospecciones contemplando la utilización del campamento Caspiche, emplazado a 3.500 m.s.n.m., a 110 kilómetros al este de la ciudad de Tierra Amarilla. El proyecto de exploraciones, considera una campaña de sondajes, los que se localizan a 4.300 metros sobre el nivel del mar, a unos 120 kilómetros al este de Tierra Amarilla, en el sector denominado Caspiche. El Proyecto Ampliación Caspiche Central consiste en la realización de una campaña de prospección minera, donde se perforará un máximo de 90 sondajes, acumulando aproximadamente 80.000 metros<sup>3</sup> de material, de 400 m<sup>2</sup> cada una. Se requerirá la construcción de 10 kilómetros de nuevos accesos. El proyecto tiene como objetivo validar y ampliar los resultados de exploraciones y prospecciones anteriores, incluyendo la realizada recientemente por el Titular en el mismo sector.

#### **4.2.7 Otros proyectos de inversión minera**

A continuación se presenta el análisis de inversión minera en la región de Atacama según el estudio Identificación Inversiones Productivas en Atacama realizado por la

Corporación de Desarrollo Tecnológico de Bienes de Capital. La Figura 67 presenta la localización de los proyectos de inversión y la Tabla 25 sus principales características.

**Figura 67. Proyectos de inversión minera**



**Tabla 25. Proyectos de inversión minera**

	<b>R35</b>	<b>R56</b>	<b>R60</b>	<b>536</b>	<b>R52</b>	<b>R65</b>	<b>R34</b>	<b>R58</b>	<b>R49</b>	<b>R51</b>	<b>R59</b>
<b>Proyecto</b>	Hierro Atacama	Ampliación Capacidad Fundición	Terminal Multipropósito Caldera	Mina Cerro Negro Norte	Ampliación Capacidad Tratamiento de Riles Fundición	Cerro Casale	Ampliación Planta Cerrillos	Exploraciones Quebrada Seca	Confidencial	Confidencial	CASERONES
<b>Empresa</b>	CMP	ENAMI Paipote	Sociedad Minera Santa Bárbara	CMP	ENAMI	KINROSS	Cía. Minera COEMIN S.A.	Minera BEMA Gold Chile	Confidencial	Confidencial	Minera Lumina Copper S.A.
<b>Inversión</b>	202 MM US\$	25 MMUS\$	18 MMUS\$	300MMUS\$	13,8 MM US\$	2.324 MMUS\$	10 MMUS\$	5 MMUS\$	25 MMUS\$	900 MMUS\$	700 MMUS\$
<b>Producción</b>	Hierro	Fundición Concentrados de Cobre	Terminal Minero	Pellet de Hierro	Tratamiento Riles Fundición	Oro y Cobre	Cu	Oro	Concentrado de Cobre	Au, Cu y Ag	Cátodos de Cobre
<b>Capacidad</b>	3.000 Ton/año	75.000 TPA	160.000 ton	Por definir	20 m <sup>3</sup> /h	975.000 Oz Au y 125 ktpa concentrados de cobre	220.000 Ton/Mes	Por definir	Sin Información	Por definir	100 KTPA
<b>Construcción</b>	Mayo 2008	Agosto 2010	Octubre 2009	Mayo 2010	Octubre 2008	2011	Abril 2008	Marzo 2014	Mayo 2008	Marzo 2013	Mayo 2011

**Figura 68. Calendario de puesta en marcha proyectos mineros<sup>16</sup>**

Año Puesta en Marcha	EMPRESA	PROYECTOS	INVERSIÓN (Millones US\$)	REGIÓN
2009	QUADRA MINING	Franke	172	II
2010	ANTOFAGASTA MINERALS	Esperanza	1.900	II
		II Ampliación Los Pelambres	600	IV
	CODELCO Andina	Expansión a 94 KTPD (Fase I)	989	V
	CODELCO Norte	R T Sulfuros Fase I	381	II
	CODELCO Teniente	Pilar Norte	125	VI
	COLLAHUASI	Ampliación Fase I	750	I
	TECK	Andacollo Hipógeno	336	IV
2012	XSTRATA	Lomas Bayas II	200	II
	ANGLO AMERICAN	Expansión Los Bronces	1.740	MET
	BARRICK	Pascua	1.500	III
	FREEMONT MC MORAN	El Abra Sulfolix	450	II
2013	VALE	Tres Valles	102	IV
	CERRO DOMINADOR	Diego de Almagro	120	III
	CODELCO Salvador	San Antonio Óxidos	230	III
2014	PAN PACIFIC COPPER	Caserones	1.860	III
	XSTRATA	El Morro	2.500	III
2015	BARRICK	Cerro Casale	2.324	III
	BHP BILLITON	Escondida Fase V	3.250	II
	CODELCO Andina	Expansión a 230 KTPD (Fase II)	4.800	V
	CODELCO Norte	Mina Ministro Hales	1.728	II
	QUADRA MINING	Sierra Gorda	1.600	II
Después del 2015	CODELCO Norte	Chuquicamata Subterránea	2.000	II
	CODELCO Teniente	Nuevo Nivel Mina	1.500	VI

**Figura 69. Producción Regional de Cobre Mina en Chile al año 2020<sup>17</sup>**

Región	Estado	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ATACAMA	Base	352	329	354	326	265	300	215	219	214	204	204	194	164
	Proyectos	0	0	0	0	11	103	306	421	558	541	533	518	514
	<b>Sub total</b>	<b>352</b>	<b>329</b>	<b>354</b>	<b>326</b>	<b>276</b>	<b>403</b>	<b>521</b>	<b>640</b>	<b>772</b>	<b>745</b>	<b>737</b>	<b>712</b>	<b>678</b>
TOTAL NACIONAL	Base	5.328	5.381	5.781	5.924	5.798	5.868	5.703	5.632	5.525	5.336	5.079	4.902	4.610
	Proyectos	0	0	0	16	118	271	504	1.280	2.083	2.291	2.464	2.669	2.765
	<b>Sub total</b>	<b>5.328</b>	<b>5.381</b>	<b>5.781</b>	<b>5.940</b>	<b>5.916</b>	<b>6.139</b>	<b>6.207</b>	<b>6.912</b>	<b>7.608</b>	<b>7.627</b>	<b>7.543</b>	<b>7.571</b>	<b>7.375</b>

<sup>16</sup> Elaborado en COCHILCO, sobre la base de los antecedentes de cada proyecto de fuentes públicas

<sup>17</sup> Cifras estimadas en COCHILCO

## 5. VISION DE LA CUENCA

El día 1º de octubre de 2009, la Intendencia convocó a reunión extraordinaria de la Mesa del Agua para la construcción de una visión de la cuenca del río Copiapó. Los participantes (sector público, privado y sociedad civil) aportaron ideas sobre su visión de la cuenca en el futuro en el ámbito social, económico y ambiental, sobre lo cual se elaboró una única visión.

Las ideas planteadas por los participantes en relación a los **aspectos sociales** relacionados al recurso hídrico son las siguientes,

- El agua debe estar asegurada para el consumo humano y distribuida en forma equitativa entre todos los usuarios de la cuenca.
- La calidad del recurso hídrico y el agua potable será de óptima.
- Los usuarios son responsables en el uso del agua y concientes de la situación del recurso en la cuenca.
- Servicios ambientales y recreativos del recurso asegurados para la población.

Las ideas planteadas por los participantes en relación a los **aspectos ambientales** relacionados al recurso hídrico son las siguientes,

- Los requerimientos hídricos productivos y sociales consideran la mantención de un caudal ecológico.
- Conservación de los ecosistemas y biodiversidad de la cuenca en buen estado ecológico. Desembocadura río Copiapó como área costera protegida.
- Recuperación del patrimonio ambiental de la cuenca.

Las ideas planteadas por los participantes en relación a los **aspectos productivos** relacionados al recurso hídrico son las siguientes,

- Se abastece de forma sustentable el agua para las distintas actividades productivas de la cuenca. Los requerimientos hídricos irán en atención a la

distribución efectiva del agua y con respeto a los requerimientos sociales y ambientales.

- Todos los emprendimientos productivos satisfacen sus requerimientos hídricos en atención a la distribución efectiva del agua y con respeto a los requerimientos sociales y ambientales.
- Eficiencia en la utilización del recurso hídrico por parte de las actividades productivas. Desalinización de agua para usos productivos.
- Uso de energías renovables y alternativas tecnológicas.

La construcción de la visión para la cuenca del río Copiapó destaca la necesidad de una institucionalidad fuerte y apropiada que permita cumplir estas ambiciones. En este sentido, las ideas respecto de **aspectos institucionales** se resumen en lo siguiente,

- Mesa del Agua. Consolidada como organismo técnico y con tecnología que permita una buena administración de la cuenca, con respaldo legal y financiero, que realice gestión ambiental local hídrica.
- Evaluación ambiental. Evaluación ambiental estratégica que asegure la conservación del agua. Priorización del consumo humano por sobre las actividades productivas.
- Políticas ambientales. Claridad para proyectos productivos, rigidez con actividades que no cumplan con la legislación ambiental vigente, actividades reguladas en el uso de recursos naturales con compromisos de sostenibilidad.
- Ordenamiento territorial aplicado. Fuentes de captación de agua potable priorizadas según cuenca, acuífero, vertiente, etc.
- Pago por servicios ambientales. Agua del estado y él cobra por su consumo. Subsidios por altos costos. Incentivos para el ahorro del agua. Normativa de ahorro en dirección de obras municipales.
- Educación. Educación ambiental ciudadanía sobre situación actual y difusión de la visión elaborada para la cuenca.

- Fiscalización. Fiscalización y castigo por mal uso del agua. Incentivo para mejorar el uso. Prácticas regionales para fiscalizar el grado de cumplimiento de la entrega del recurso agua.
- Agua como bien nacional de uso público. Reforma del código de aguas, en relación al rango constitucional del agua como bien nacional de uso público y que garantice el consumo humano.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, los participantes elaboraron la siguiente visión para la cuenca del río Copiapó (2025),

- El acceso responsable al uso del agua en calidad y cantidad será garantizado.
- Se habrán recuperado y conservado los ecosistemas de la cuenca.
- Las actividades productivas satisfacen sus requerimientos hídricos de forma eficiente, de acuerdo a la disponibilidad hídrica de la cuenca.

**Figura 70. Taller Visión para la cuenca del río Copiapó**



## **6. OBJETIVOS Y METAS**

### **6.1 Objetivos estratégicos**

El agua es una responsabilidad de todos, y exige que el Organismo de Cuenca asegure y fomente la participación pública de la sociedad general en el proceso de planificación hidrológica. Es así que se desprenden cuatro objetivos estratégicos, de los cuales a su vez, se desprenden distintos lineamientos con objetivos específicos.

1. Garantizar el acceso responsable al agua en cantidad y calidad óptimas.
2. Recuperación y conservación de ecosistemas de la cuenca del río Copiapó vinculados al agua.
3. Requerimientos hídricos de actividades productivas garantizados de acuerdo a disponibilidad hídrica.
4. Fortalecer y validar a la Mesa del Agua como el Organismo de Cuenca del río Copiapó, el cual deberá contribuir al mejoramiento, creación y fomento de las herramientas de gestión e instrumentos legales y de herramientas de gestión para lograr la visión de la cuenca.

### **6.2 Criterios para establecer prioridades en medidas de gestión**

Dado el resultado del capítulo de diagnóstico que presenta la situación en que se encuentra la cuenca en relación al recurso hídrico según las situaciones y problemas detectados, se deben establecer las prioridades en cuanto a requerimientos de atención urgente. Para priorizar las medidas que se propongan es necesario tener los siguientes criterios presentes:

- Va a mejorar la calidad de vida de las personas en torno al acceso y a la calidad del recurso hídrico para consumo humano.
- Tiene impacto en una mayor cantidad de gente o usuarios;
- Dará seguridad alimentaria;
- Es un asunto importante relacionado con igualdad;

- Va a promover el desarrollo y reducir la pobreza;
- Tiene impacto en la competitividad de las actividades económicas locales insertas en la Cuenca;
- Va a aumentar la eficiencia en forma significativa;
- Va a tener un efecto positivo en el medio ambiente;
- Va a mejorar la disponibilidad del recurso hídrico.

### **6.3 Énfasis operativos del plan de medidas de gestión**

- Mayor impacto de la difusión en la población. Generar información con contenidos pertinentes en materias como eficiencia hídrica, cuidado del medio ambiente y conocimiento de la cuenca.
- Entrega de insumos pertinentes para la educación ambiental formal y no formal.
- Fortalecimiento del Rol de los actores territoriales. Propiciar instancias de coordinación y participación en los temas relevantes vinculados a la gestión de los recursos hídricos en cantidad y calidad en el marco de la Gestión Ambiental Local.
- Establecer propuestas de medidas de mitigación y/o compensación como orientación al SEIA y que aporte eficazmente a lograr un equilibrio cero de consumo de recurso hídrico para la cuenca, por medio de medidas pertinentes y técnicamente justificadas que busquen el mayor bien común para la cuenca, social y ambientalmente.
- Mejoramiento del conocimiento de áreas de valor ecológico vinculadas al recurso hídrico.
- Generación de masa crítica con formación académica pertinente con especialidad en eficiencia hídrica en zonas áridas.
- Fortalecimiento de la comunicación y la coordinación de las acciones de los Servicios Públicos.

- Promover e implementar Prácticas Productivas Sustentables voluntarias con un enfoque de eficiencia hídrica y mejoras productivas.
- Monitoreo de permanente de cantidad y calidad, que permita hacer controles y análisis en línea para una mejor gestión del recurso hídrico.
- Gestión de monitoreos preventivos de los humedales con enfoque de cuencas y/o subcuencas en variables meteorológicas, físicas, químicas y biológicas.
- Lograr conciencia en el medio urbano de un adecuado uso del recurso hídrico en zonas áridas, generando conciencia en la población y mejorando el entorno y la habitabilidad.
- Implementar un sistema de metas e indicadores para evaluar los resultados de la implementación de medidas de gestión.
- Aumentar el financiamiento sectorial de las instituciones públicas con competencias en la gestión y administración del recurso hídrico.
- Búsqueda de financiamiento basal para lograr tener un Comité Técnico permanente y preparado.
- Identificar y postular a financiamientos nacionales e internacionales para la generación de proyectos.
- Generar redes internacionales con organismos vinculados a la gestión del recurso hídrico por cuenca, con el fin de mejorar la gestión actual, buscar nuevas fuentes de financiamientos, tener ejemplos de experiencias de éxito, contar con apoyo de expertos, etc. (World Water Council, POWER, Global Water Partnership, Cap-Net UNDP, GWA, Gender and Water Alliance, American Water Resources Association, IWA, Internacional Water Association, ABRH, Asociación Brasileira de Recursos Hídricos, Water web Consortium, AIDIS, RELOC – RELOB, RIRH – IWRN).

## **7. PROGRAMA DE MEDIDAS**

El programa de medidas para la gestión del recurso hídrico se presenta agrupado en 14 lineamientos estratégicos que responden a los objetivos planteados anteriormente. Cada uno se compone de una que alcanzar, medidas de gestión a implementar, indicadores de cumplimiento de las medidas que permitan el seguimiento de los resultados obtenidos, los responsables de su aplicación, período de ejecución y financiamiento.

### **7.1 Conservación y restauración de ecosistemas asociados al agua**

#### **7.1.1 Meta**

Asegurar la conservación y la restauración de los ecosistemas de manera de reducir en forma importante el ritmo actual de pérdida de la diversidad biológica vinculada al agua en la cuenca del río Copiapó.

#### **7.1.2 Medidas**

- Identificar y caracterizar los humedales presentes en la cuenca para su valoración y resguardo.
- Proteger y monitorear los humedales de la cuenca del río Copiapó.
- Mitigar el avance de la desertificación conservando los ecosistemas y promoviendo su restauración y reforestación con especies nativas.
- Resguardar los ecosistemas de humedales altoandinos como reservas de agua dulce, promoviendo la protección y el uso sustentable en las actividades productivas.
- Promover la conservación de la biodiversidad incorporando criterios ambientales en la Gestión del Recurso Hídrico.
- Promover y gestionar la creación de Áreas Protegidas que aporten al resguardo de los ecosistemas vinculados al recurso hídrico con baja representación oficial y de alta relevancia

- Protección efectiva de glaciares
- Establecer un plan de identificación y caracterización de la biota acuática como base para su conservación.
- Proponer la protección legal de los humedales, vegas y bofedales en el marco del Código de Aguas y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Apoyar el diseño y elaboración del estudio provincial sobre servicios ambientales, usos y valoración económica de la biodiversidad atacameña, propuesto por la ERBA para la provincia de Copiapó.
- Establecer el estado de conservación de los ecosistemas vinculados al recurso hídrico.
- Protección borde costero y humedales costeros.

## **7.2 Prácticas productivas sustentables**

### **7.2.1 Meta**

Promover las prácticas productivas sustentables que aseguren el adecuado uso del recurso hídrico.

### **7.2.2 Medidas**

- Identificar y definir en conjunto con los distintos sectores productivos, pequeños, medianos y grandes productores, prácticas productivas sustentables de aplicación voluntaria que puedan ser implementadas permanentemente en los sectores.
- Generar y difundir Manuales con Buenas Prácticas para que sean aplicadas en actividades de crianjería (pastoreo), pirquinería, pesca artesanal, agricultura, producción de hierbas medicinales, turismo de intereses especiales, producción de carbón, etc.
- Reforzar y fiscalizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en todos los ámbitos productivos que utilizan recurso hídrico en sus procesos.

- Fomentar el equilibrio entre el crecimiento urbano y los espacios de valor natural insertos o aledaños.
- Verificar las proyecciones de demanda y dimensión de soluciones.
- Armonizar el desarrollo sustentable de la región con demandas de agua
- Mitigar las consecuencias de la falta de identidad territorial y de gestión territorial
- Desarrollo de modelos de inversiones.
- Promocionar programas de intermediación financiera
- Estipular objetivos a nivel de cuenca o provincia de productividad eficiente y sustentable.
- Determinar parámetros para las condiciones de una zona desértica como Copiapó
- Promover adelantos tecnológicos que contraigan aumentos de metros cúbicos de agua a la cuenca.
- Calcular el desplazamiento de los patrones de producción hacia cultivos de más alto valor u otros productos
- Remediar la falta de visión de economía regional sustentable sobre la gestión del agua.
- Promocionar programas de inversiones para buenas prácticas.

### **7.3 Herramientas de gestión del recurso hídrico**

#### **7.3.1 Meta**

Generación de un sistema de administración del recurso hídrico como una herramienta de apoyo en la construcción del plan de medidas de gestión, en virtud de su potencial identificación y priorización de problemáticas asociadas a la disponibilidad hídrica.

### **7.3.2 Medidas**

- Capacitar a actores relevantes en torno a metodologías de captura, almacenamiento, procesamiento de información y diseño de un modelo de administración de la demanda hídrica en cuenca.
- Desarrollo de una cultura de la información y proponer estrategias de transferencia de información y maneras conjuntas de trabajo con los actores de la mesa del agua.
- Desarrollar capacidad de planificación de los recursos hídricos para articular y compatibilizar la gestión de los recursos hídricos con las políticas económicas, sociales y ambientales en zonas áridas con escasez hídrica.
- Definición y desarrollo de modelos de estimación de caudales mínimos, caudales promedios, caudales ecológicos, caudales máximos de reparto y caudales de reparto sustentable para las corrientes principales.
- Definición y desarrollo de índices que permitan conocer las relaciones existentes entre la oferta hídrica real y la demanda de agua para fuentes hídricas superficiales.
- Recopilar y sistematizar la información existente
- Definir necesidades de información o catastros
- Estandarización de inventarios de recursos hídricos.

## **7.4 Modificación del marco legal e institucional**

### **7.4.1 Meta**

Modificar el marco legal e institucional regulatorio del uso del recurso hídrico regional, de manera de garantizar la sustentabilidad de este recurso en la cuenca.

#### **7.4.2 Medidas**

- Creación y mantención de un Comité político regional para proponer y gestionar modificaciones legales y regulatorias (con directa llegada a comité interministerial de Recursos Hídricos)
- Modificar instrumentos legales para reducir el desbalance del acuífero de Copiapó.
- Organizaciones de usuarios para la gestión y gobernabilidad del agua.
- Establecer Procedimiento para generar Propuestas de Medidas de mitigación y/o compensación como orientación al SEIA y que aporte eficazmente lograr un equilibrio cero de consumo de recurso hídrico para la cuenca, por medio de medidas pertinentes y técnicamente justificadas que busquen el mayor bien común para la cuenca, tanto social y ambientalmente.
- En el marco del SEIA, proponer a titulares públicos o privados, Compromisos Ambientales voluntarios y medidas de compensación que aporten con la realización de estudios en la cuenca, compra de derechos para disminuir la brecha de sobreotorgamiento, monitoreo de calidad y cantidad, aporte con agua fresca por medio de desalinización, entre otras medidas.
- Apoyar y asesorar las probables modificaciones al código de aguas para que considere las condiciones de las cuencas en zonas áridas y semiáridas
- Revisar las potestades y estatutos de las organizaciones de agua para aplicarlas, modificarlas o mejorarlas y así contribuir a una mejor fiscalización
- Implementación de Incentivos tributarios por buen manejo hidrico de actividades productivas.
- Criterios de pertinencia de entrada al SEIA para actividades agrícolas.
- Regularización y transparencia mercado del agua (Generar un banco de derechos de agua o una bolsa de derechos de agua)

## **7.5 Estrategias de eficiencia hídrica**

### **7.5.1 Meta**

Desarrollar estrategias que apunten a hacer más eficiente el uso de los recursos hídricos en la cuenca.

### **7.5.2 Medidas**

- Creación de un registro de usuarios poco eficientes, creación de "Dicom" del agua.
- Desarrollar capacidad de economía regional sustentable. Tiene la misión de establecer guías y recomendaciones para que llegaran a metas clásicas de eficiencia y desarrollo sustentable, que permitan el salto a una economía integrada regionalmente.
- Incentivar y promover el desarrollo y uso de tecnologías o la investigación aplicada, en el reciclado de las aguas servidas, industriales u otras, a objeto de optimizar y hacer más efectivo el uso del recurso hídrico.
- Concurso de innovaciones para ahorro y eficiencia en el uso del agua.
- Arquitectura urbana bajo concepto de eficiencia.

## **7.6 Nuevas fuentes de recursos hídricos**

### **7.6.1 Meta**

Detección y desarrollo de nuevas fuentes de recursos hídricos, con el fin de mejorar y controlar la cantidad del recurso hídrico en la cuenca.

### **7.6.2 Medidas**

- Investigación del altiplano de la región de Atacama y sus fuentes hídricas y relevancia ambiental vinculada
- Exploración de las cuencas costeras de la región de Atacama

- Conocimiento y monitoreo de glaciares
- Incentivos para el uso de tecnologías de tratamiento de agua para mejorar la oferta.
- Programa de estimulación de precipitaciones en la hoya hidrográfica del río Copiapó.
- Desalinización de agua para proyectos mineros, riego y agua potable en el marco de medidas compensatorias o voluntarias del SEIA u otros acuerdos publico privados.
- Estudiar factibilidad de uso de atrapa nieblas para actividades productivas pequeñas.
- Redefinir traspaso de derechos según factores de uso mas apropiados según actividades productivas y sus requerimientos.

## **7.7 Programas de desarrollo de infraestructura**

### **7.7.1 Meta**

Implementar programas de desarrollo infraestructural para lograr una mejor utilización o incremento del recurso hídrico, considerado requisito previo para estabilizar la productividad y la reducción paulatina del desastre ecológico de la cuenca.

### **7.7.2 Medidas**

- Estrategia Regional de Riego. Plan de infraestructura de obras de conducción de aguas y de mantención de las obras ya ejecutadas, limpieza de canales.
- Homologación de procedimientos de licitación de obras
- Mejoras completas o en tramos de algunos de los canales conductores o matrices
- Rehabilitación, impermeabilización y mantención de tranques de acumulación nocturnos.

- Instalación de Dispositivos de Control y Medición de Caudal. Instalación de Aforadores para todas las comunidades de aguas.
- Estudios Instalación de Dispositivos de Control y Medición de Caudal
- Poner en marcha un programa de facilitación y desarrollo de inversiones públicas y privadas en torno a la infraestructura hídrica.
- Programas de desarrollo o conservación de infraestructura hídrica
- Promocionar programas para la reversión del desastre ecológico de la cuenca.
- Desarrollo infraestructural con actividades reguladas en el uso sustentable de recursos naturales.
- Arquitectura urbana bajo concepto de eficiencia
- Construir y mejorar infraestructura de riego adecuada (canales, embalses, otros)
- Invertir en estudios que evalúen las medidas de infraestructura y zonificación necesarias para facilitar la recarga de agua subterránea en igual calidad durante eventos de lluvias excepcionales

## **7.8 Programa de educación**

### **7.8.1 Meta**

Promover y desarrollar un programa de educación y cultura de buen uso del recurso hídrico en zonas áridas y buena utilización del recurso por parte de los sectores productivos y sociedad civil.

### **7.8.2 Medidas**

- Diseñar Programa de Gestión Ambiental local, comunal, con énfasis en gestión hídrica.
- Educar y comunicar a los niños de las escuelas de los Loros, Tierra Amarilla y Paipote, para que no concurren a bañarse en los canales y aprendan acerca de la

importancia que es cuidar el recurso hídrico en zonas áridas, generando un cambio cultural de un mejor uso del recurso por parte de nuestra población.

- Homologación de criterios de participación ciudadana.
- Fortalecer la educación ambiental y conciencia pública para incrementar la responsabilidad ambiental ciudadana.
- Diseñar un Sistema de Información sobre los recursos hídricos de la cuenca que esté al alcance de todos los actores de la sociedad (centro de documentación ambiental ERDA).
- Elaborar Planes de Difusión y Educación ambiental que involucre un alto porcentaje de la población atacameña.
- Generar información pertinente sobre biodiversidad vinculada al sistema acuático que se ponga a disposición de educadores y que sea posible de incorporar al curriculum.
- Gestionar la Creación de una nueva línea de financiamiento vinculada al buen uso del recurso hídrico, en torno a los Fondos de Protección Ambiental (FPA), dados por CONAMA a la comunidad.
- Incentivar e informar a las Organizaciones sociales, comunidades locales y pueblos indígenas para desarrollar proyectos del Fondo de Protección Ambiental (FPA) vinculados con el recurso hídrico.
- Difundir la legislación ambiental y la normativa vigente para la conservación de la Biodiversidad.
- Incrementar el acceso de la población vulnerable a áreas de interés ambiental vinculadas al agua bajo los conceptos del Programa de "Espacios Naturales para la Equidad" (en conjunto con la ERBA).
- Promover y Difundir las ventajas de las especies arbóreas nativas, respecto a su crecimiento, demandas de suelos, calidad de la sombra y consumos de agua, por sobre otras especies que consumen mas agua y dan menores beneficios.

- Impulsar y apoyar acciones de difusión, educación que permitan desarrollar conciencia sobre la importancia y vulnerabilidad del recurso hídrico.

## **7.9 Estrategia de uso sustentable del agua para riego**

### **7.9.1 Meta**

Generar una estrategia de uso sustentable del recurso hídrico para riego según las características del suelo y diversificación de tipos de cultivo según suelo en zonas áridas que sean competitivos y consuman menos agua.

### **7.9.2 Medidas**

- En la quinta y sexta sección del río Copiapó por medio de la generación de una Parcela experimental de estudio de cultivos, suelo, regadío y salinidad para proyectar sustitución de cultivos, mejora en eficiencia de riego según cultivos, conocer de mejor forma el suelo y su dinámica con el agua, utilización de mejor forma suelos salinos, buscar mejoras en la forma de uso de suelos salinos, cambio de productos que consuman menos recurso hídrico.
- Uso de sustratos con baja CIC, técnicas intensivas de cultivos, épocas de cosecha, nuevos cultivos y/o variedades adaptadas a la salinidad, transferencia de tecnología.
- Estudio del suelo y los cultivos del valle de Copiapó (parronales) y verificar el uso eficiente del agua, según el suelo, y generar una propuesta de mejora para dicha actividad productiva, proponer mejoras en los sistemas de regadío (tecnificado) según las condiciones del suelo existentes.
- Validar un paquete tecnológico que optimice la utilización del suelo, el agua e insumos en, hortalizas y nuevos cultivos.
- Establecer criterios de manejo del agua y el suelo en condiciones de alta salinidad.
- Evaluar nuevas especies de alta rentabilidad utilizando sustratos inertes, cultivos sin suelos y técnicas de hidroponía.

- Difundir y transferir los resultados a agricultores, profesionales del agro, la comunidad de regantes e instituciones afines

## **7.10 Mesa del agua como ente administrativo y de consulta**

### **7.10.1 Meta**

Mesa del Agua posicionada como el ente administrativo de gobernación y consulta sobre el recurso hídrico y el portafolio de proyectos.

### **7.10.2 Medidas**

- Aprobación de procedimientos para acreditar los representantes en las mesas de agua.
- Relevar el rol que le corresponde a cada actor de la sociedad en la gestión del recurso hídrico en la cuenca
- Aprobación de estándares, criterios, procedimientos para elaborar planes maestros
- Acreditación de programas de capacitación en gestión de cuencas
- Aprobación de escalas de mapas y simbologías.
- Clasificación de actores según su intervención en una cuenca.
- Elaborar acuerdos y directrices normativas para formalizar los procesos de acreditación de organizaciones de cuenca, el reforzamiento de los organismos creados, la legalidad de los acuerdos entre actores, entre otros.
- Institucionalizar la firma de acuerdos entre los miembros de una mesa de Agua entre privados, así como entre privados y organismos del Estado.
- Establecer la composición y financiamiento basal del grupo técnico de apoyo a la mesa de agua.

- Seguimiento y priorización de proyectos. Control y actualización de matriz de iniciativas de gestión de la cuenca del río Copiapó.

## **7.11 Calidad del recurso hídrico**

### **7.11.1 Meta**

Asegurar una adecuada calidad del recurso hídrico

### **7.11.2 Medidas**

- Coordinar y controlar los procesos y/o problemas de contaminación hídrica y prevenir riesgos asociados al medioambiente, salud humana, ecosistemas acuáticos.
- Plan de vigilancia calidad de agua
- Programa de tratamiento para obtener la calidad deseada
- Mejoras en la red de monitoreo
- Generar una Zona de prioridad de agua potable para mejorar su cantidad y calidad.
- Punto de captación del agua potable en un mejor sector acuífero, en donde se obtenga agua de mejor calidad y de forma segura.

## **7.12 Uso patrimonial del recurso hídrico**

### **7.12.1 Meta**

Beneficios sociales y uso patrimonial del recurso hídrico

### **7.12.2 Medidas**

- Gestionar y coordinar acciones y recursos para mitigar daños producidos por eventos hidrológicos extremos.

- Establecer espacios de recreación para bañistas y sociedad en general para hacer disfrute del recurso hídrico en su componente social.
- Resguardar áreas de alto valor patrimonial vinculados a paisajes o ecosistemas relevantes que den un servicio a la comunidad.

### **7.13 Gestión eficiente del recurso hídrico**

#### **7.13.1 Meta**

Gestión eficiente del recurso hídrico

#### **7.13.2 Medidas**

- Diagnóstico recarga artificial de acuíferos de la provincia de Copiapó.
- Plan de monitoreo, vigilancia y control en los canales de Regadío, con el fin de evitar pérdidas o disminución en el flujo de agua debido a desbordes de canales, ocasionados principalmente por bañistas en lugares no habilitados o autorizados.
- Diagnóstico y vigilancia embalse Lautaro.
- Mantenimiento y reparaciones mayores red hidrométrica regional.
- Instalación y certificación de aforadores agua superficial.
- Actualización inventario público de usuarios de agua
- Prospección y difusión de innovaciones institucionales y formación de capacidades para la gestión integrada de recursos hídricos.
- Prospección y difusión de herramientas e instrumentos innovadores en apoyo a la gestión integrada de recursos hídricos en la cuenca del río Copiapó.
- Difusión y transferencia tecnológica para el uso eficiente del agua de riego en la región de Atacama.

## **7.14 Monitoreo de Cuenca**

### **7.14.1 Meta**

Establecer una adecuada red de monitoreo en la cuenca del río Copiapó.

### **7.14.2 Medidas**

- Diseño de operación de una plataforma de monitoreo hidrológica satelital en cantidad y calidad.
- Homologación de indicadores para el monitoreo de la cuenca y el agua.
- Clasificación de glaciares y programa de monitoreo
- Monitoreo de los humedales de la cuenca del río Copiapó.

## **8. SEGUIMIENTO Y ACTUALIZACIÓN**

Corresponde al seguimiento de la implementación de las medidas de gestión del recurso hídrico en la cuenca del río Copiapó y a la actualización del plan de gestión.

## 9. GLOSARIO

### **Adaptado de la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE.**

**Acuífero:** una o más capas subterráneas de roca o de otros estratos geológicos que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad para permitir ya sea un flujo significativo de aguas subterráneas o la extracción de cantidades significativas de aguas subterráneas.

**Aguas de transición:** Masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce.

**Aguas subterráneas:** Incluye todas las aguas que se encuentran bajo la superficie del suelo en la zona de saturación y en contacto directo con el suelo o el subsuelo.

**Aguas superficiales:** Se refiere a las aguas continentales, excepto las aguas subterráneas; las aguas de transición y las aguas costeras.

**Buen estado de las aguas subterráneas:** el estado alcanzado por un cuerpo de agua subterránea cuando tanto su estado cuantitativo como su estado químico son, al menos, buenos.

**Buen estado de las aguas superficiales:** el estado alcanzado por un cuerpo de agua superficial cuando tanto su estado ecológico como su estado químico son, al menos, buenos.

**Buen estado químico de las aguas subterráneas:** el estado químico alcanzado por un cuerpo de agua subterránea.

**Buen estado químico de las aguas superficiales:** el estado químico necesario para cumplir los objetivos medioambientales para las aguas superficiales.

**Contaminante:** todo elemento, compuesto, sustancia o derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un

riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

**Cuerpo de agua subterránea:** un volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos.

**Cuerpo de agua superficial:** una parte diferenciada y significativa de agua superficial, como un lago, un embalse, una corriente, río o canal, parte de una corriente, río o canal, aguas de transición o un tramo de aguas costeras.

**Cuenca hidrográfica:** la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura, estuario o delta.

**Estado de las aguas subterráneas:** la expresión general del estado de un cuerpo de agua subterránea, determinado por el peor valor de su estado cuantitativo y de su estado químico.

**Estado de las aguas superficiales:** la expresión general del estado de un cuerpo de agua superficial, determinado por el peor valor de su estado ecológico y de su estado químico.

**Estado ecológico:** una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales.

**Impacto:** Alteración sobre el medio ambiente provocada directa o indirectamente por las presiones sobre el recurso hídrico.

**Medidas:** Conjunto de acciones concretas que tienden resolver un estado deficiente de la cuenca para una variable en particular.

**Presiones:** Acciones o actividades antropogénicas que potencialmente pueden producir impactos ambientales.

**Río:** Es un cuerpo de agua continental que fluye en su mayor parte sobre la superficie del suelo, pero que puede fluir bajo tierra en parte de su curso.

**Subcuenca:** la superficie de terreno cuya esorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago o una confluencia de ríos).

**Uso del agua:** todos los servicios en beneficio de los hogares, las instituciones públicas o cualquier actividad económica, consistentes en:

a) la extracción, el embalse, el depósito, el tratamiento y la distribución de aguas superficiales o subterráneas.

b) la recogida y depuración de aguas residuales, que vierten posteriormente en las aguas superficiales.

**Variable:** Parámetros relacionados con el recurso hídrico que describen el estado de la cuenca hidrográfica.

## **10. ANEXOS**

### **10.1.1 Clima**

El clima desértico con nublados abundantes está presente en todo el sector costero de la región y penetra hasta las proximidades de Copiapó ya que el relieve no presenta barreras a la influencia marítima. Se caracteriza por abundante y densa nubosidad que se presenta durante la noche y disipa durante la mañana. Esto define una alta cantidad de días nublados y pocos días despejados. La influencia oceánica produce un régimen térmico moderado con poca amplitud térmica tanto diaria como anual. Las precipitaciones, que ocurren casi exclusivamente en invierno, son principalmente de tipo frontal y aumentan de norte a sur. En Chañaral se alcanzan 12 mm al año, en Caldera 27 mm y en el Totoral 32 mm.

El clima desértico marginal bajo corresponde a la mayor parte de la Región, cubriendo la zona que va desde donde comienzan las tierras altas de la cordillera hasta donde alcanza la influencia marítima intensa por el oeste. De Copiapó al norte es de una rigurosa sequedad, en cambio de Copiapó al sur, la inexistencia de la cordillera de la Costa permite alguna forma de efecto marítimo en la humedad sin nubosidad (mayor humedad relativa), que atenúa las características desérticas. La amplitud térmica entre el mes más cálido y el más frío es de 7 - 8° C en Copiapó mientras se estima inferior a 6° en la zona costera. Mucho mayor es la amplitud térmica diaria que alcanza del orden de 13° a 15°, característica de su continentalidad. Las precipitaciones aumentan con la latitud y con la altura, concentrándose en los meses de invierno. Los totales anuales llegan a 19,6 mm en Copiapó (380 m.s.n.m.), 32 mm en Vallenar (470 m.s.n.m.) y 34 mm en Los Loros (950 m.s.n.m.). El clima desértico marginal de altura, se manifiesta sobre los 2.000 metros de altura. El régimen térmico es más frío pero las oscilaciones térmicas son menores que en el desierto marginal bajo, debido a la altura. La humedad relativa es baja, los cielos son predominantemente despejados, diáfanos y limpios. Las precipitaciones son más abundantes en este clima y se producen casi exclusivamente en los meses de invierno, de mayo a agosto. Estas son de origen frontal y muchas veces son nivosas (Estación Jorquera en la Guardia, (1.800 m.s.n.m.) 46,2 mm/año, Pastos Grandes en la subcuenca Quebrada Paipote (2.260 m.s.n.m.) 34,6 mm/año. Las temperaturas bajas y las apreciables cantidades de nieve en el invierno hacen que la línea de nieves eternas se ubique entre los 5.000 y 6.000

m.s.n.m., por lo que a las más altas cumbres de la cordillera de la región, localmente se les denomina "nevados", como el Incahuasi, Tres Cruces, Ojos del Salado, entre otros.

### **10.1.2 Geología**

Estas formaciones geológicas deberían su génesis a una sucesión de ciclos sedimentarios interrumpidos e intercalados por períodos más o menos largos de ascenso y períodos alternativos de actividad y tranquilidad tectónica que habrían ocurrido durante períodos geológicos que se extienden desde el paleozoico hasta el cuaternario.

La granulometría que se puede encontrar en los depósitos va desde limos hasta grandes bloques. En las zonas donde la sección del valle se estrecha se produce una alteración de las características granulométricas que influiría de manera importante favoreciendo el escurrimiento subsuperficial y subterráneo de las aguas (Italconsult, 1963 citado por Golder Associates 2006).

Según DGA (2003) 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, a saber, sedimentos aluviales, llanuras aluviales y conos de deyección ().

Los 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.

Las llanuras aluviales 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.

Los conos de deyección son resultado de aportes coluviales de quebradas laterales. Se depositan en superficies de mayor pendiente. Se produce el fenómeno de ladera de

soliflucción, el cual se observa en la presencia de bloques secos en los que se encuentran arenas, limos y clastos angulosos y subangulosos.

### **10.1.3 Geomorfología**

La Cordillera de los Andes se presenta con grandes alturas, destacando cerro Piuquenes (5.591 m.s.n.m.) en el sector alto de la subcuenca del río Manflas; cerro Cárdenas (4.280 m s.n.m.) sector alto de la subcuenca del río Jorquera y cerro Estancilla (3.556 m.s.n.m.) perteneciente a la subcuenca del río Pulido.

El sector precordillerano tiene alturas comprendidas entre 3.000 y 4.500 metros, caracterizado por la continuación hacia el Sur de la Cordillera de Domeyko que presenta un conjunto de serranías en sentido transversal. Desde su nacimiento en la unión de los tributarios Jorquera, Pulido y río Manflas (28° latitud Sur), el río Copiapó a lo largo de sus 162 kilómetros posee un curso general en sentido norponiente hasta su desembocadura en el mar (27° 17' latitud Sur).

En sus primeros kilómetros hasta el sector de la localidad de Lautaro, su cauce presenta un escurrimiento de tipo recto y valle escarpado, la precordillera andina en este sector presenta alturas comprendidas entre los 2.500 por el poniente a 2.700 m.s.n.m. por el sector oriente, destacando el cerro Vizcacha con una altura de 2.744 m.s.n.m.

Desde la localidad de Lautaro hasta el sector de Paipote el río sigue con escurrimiento recto, recorriendo sectores del valle central, con terrazas fluviales de mayor amplitud. Las elevaciones que se presentan en este sector del valle central, están comprendidas entre los 1.200 y 2.700 m s.n.m. por el oriente y entre los 900 y 2.300 m s.n.m. por el sector poniente.

En el tramo final del río Copiapó, desde el sector de Paipote hasta la desembocadura, el cauce del río presenta en algunos sectores un escurrimiento recto – meándrico y de tipo anastomosado en el sector de Valle Fértil.

Las alturas más significativas del relieve en esta zona, corresponden a las del cerro Chanchoquín (1.020 m s.n.m.) y Tía Ramos (1.076 m s.n.m.) en el sector norte del río

Copiapó y los cerros Bramador (1.172 m s.n.m.), Pata de Gallina (732 m s.n.m.) y Totoralillo (397 m s.n.m.) en el sector sur del cauce.

Las terrazas laterales del valle en este tramo, específicamente desde el sector de San Pedro hasta San Camilo, son significativamente más extensas con amplitudes comprendidas entre 5 y 11 kilómetros. Las planicies litorales en la desembocadura del río Copiapó, son bastante extensas (MOP- DGA, 2004. Diagnóstico y Clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad).

#### **10.1.4 Riesgo de remoción en masa**

La remoción en masa se refiere a todos los procesos de movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores. Existen antecedentes de la ocurrencia de remoción en masa en la región de Atacama. De acuerdo al estudio de Hauser<sup>18</sup> (1993), éstos estarían localizados en la cuenca del río Copiapó y son principalmente flujos de barro, jökulhlaup o aluviones y subsidencia y hundimientos.

La palabra flujo, designa movimiento en masa de mayor o menor velocidad, propios de materiales sin cohesión, los materiales actúan, temporalmente, como un fluido, experimentando una deformación continua y sin presentar superficies de rotura definida.

Se entiende por subsidencia un descenso lento y paulatino del suelo; hundimiento o colapso es un movimiento brusco en la vertical, más o menos puntual, de una porción del terreno. En Chile, este tipo de remociones se asocia mayoritariamente a la explotación minera de cobre, que se realiza con minas subterráneas (Hauser, 1993).

---

<sup>18</sup> "Remociones en masa en Chile". A. Hauser. Boletín N° 45. SERNAGEOMIN. 1993