



Facultad de Agronomía
Depto. de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables
Universidad de Chile

**INFORME DE AVANCE DEL ESTUDIO
ÁREAS DE RELEVANCIA AMBIENTAL VINCULADAS AL AGUA
EN LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ**

Jorge Pérez Quezada
Luis Faúndez Yancas
Rodrigo Fuster Gómez
Gabriel Lobos Villalobos
Alejandra Alzamora Dinamarca
Diego Demangel Miranda

5 de Diciembre de 2008

Índice

I.	Resumen	3
II.	Información de base entregada por CONAMA, DGA y CONAF	4
III.	Descripción general de la cuenca	5
IV.	Desarrollo de campaña a terreno.....	17
V.	Descripción preliminar de vegetación del humedal de Copiapó	18
VI.	Descripción segunda etapa del estudio	19
VII.	Anexos	20

I. Resumen

El presente informe contiene la primera etapa del Estudio de Áreas de Relevancia Ambiental vinculadas al agua en la Cuenca del Río Copiapó, desarrollado por el equipo liderado por el Departamento de Ciencias Ambientales de la Universidad de Chile, por encargo de la Estrategia de Cuencas Hidrográficas de CONAMA Central. En esta primera etapa se recibió información de base por parte del Departamento de Estudios de la DGA, estudios anteriores desarrollados en la cuenca para distintos servicios, y los puntos a muestrear de interés para CONAF Regional. Se incluye en este informe una descripción preliminar de la cuenca que aborda aspectos físicos, hidrográficos y de calidad de agua. Dado que la campaña de terreno se sigue desarrollando al momento de entrega de este informe, se entrega solo la planificación de la campaña y la cartografía de vegetación del humedal de Copiapó y algunas observaciones generales.

II. Información de Base entregada por CONAMA, DGA y CONAF

La información recibida por el equipo de trabajo provino inicialmente del Departamento de Estudios de la DGA, dirigida por el Sr. Pedro Rivera, quien a través del señor Guillermo Tapia entregó la siguiente información:

- Cartas Base: caminos; centros poblados; división político-administrativa (DPA); fuentes (ríos); lagos; curvas de nivel.
- DGA: mapa hidrográfico (cuencas, subcuencas, subsubcuencas); red hidrométrica, áreas de protección; SNASPE (sistema nacional de áreas silvestres protegidas); información del balance hídrico (BH) de 1987; información sobre las precipitaciones máximas.
- Imágenes satelitales: 6 imágenes RGB que cubren el área de estudio.

El día 1 de Diciembre el equipo de investigación de terreno se reunió en CONAMA Regional con los profesionales Alvaro Parra (Estrategia de Cuencas), Gerardo Jara (Encargado de Recursos Naturales) y Roberto Villablanca (Proyecto GEF Marino). En dicha reunión se analizó la metodología y la complementariedad del presente estudio en relación con estudios realizados anteriormente en la zona de estudio. En dicha reunión se le entregó al equipo de la Universidad de Chile la siguiente información:

- Estudio de ensamble de aves y mamíferos marinos al interior del AMCP-MU Isla Grande de Atacama
- Limnología del humedal de la desembocadura del río Copiapó
- Línea de base de flora y fauna terrestre del AMCP-MU Isla Grande de Atacama
- Geomorfología del AMCP-MU Isla Grande de Atacama (incluye cartografía)
- Carta geológica de Caldera
- Ortofotomosaico del AMCP-MU
- Imágenes CIREN del AMCP-MU
- Imagen Landsat
- Polígonos del complemento terrestre del AMCP-MU Isla Grande de Atacama

En la reunión mencionada se solicitó la visita del experto en flora y vegetación a cinco sitios de interés de CONAF regional, en los cuales se había detectado la presencia de formaciones boscosas relevantes por su superficie. Se conversó con el Sr. Félix Avaria el día 4 de Diciembre, quien aclaró que los puntos a visitar eran los siguientes:

Puntos de interés de CONAF Regional

Acceso	Contacto	Sector	Coordenadas	
			E	N
Ruta 5 Norte	Leopoldo Escudero	Piedra Colgada	352771	6978300
Ruta C-358 Camino Puerto Viejo	Sociedad Agrícola Maria Isabel	Hacienda Maria Isabel	325457	6774707
Camino San Pedro	Comunidad Colla Serranía Poblete	San Pedro	348669	6975656
Ruta C-453 Río Montosa (Afluente del Pulido)	Sisto Arostica	Río Montosa	420851	6878010
Ruta C-453 Río Ramadilla (Afluente del Pulido)	Lumina Cooper	Río Ramadilla	432983	6889240

III. Descripción general de la cuenca

Descripción física de la cuenca

Geología y Morfología

La cuenca del Río Copiapó se ubica en la región de Atacama entre los 27 y 29 ° de latitud sur y los 69 y 71 ° de longitud oeste; abarca una superficie aproximada de 18.535 km², con una altura promedio de alrededor de 2.700 m.s.n.m. No presenta las unidades tradicionales del relieve de Chile, por el contrario su relieve es muy irregular y accidentado predominando la alternancia de los valles en sentido transversal con interfluvios montañosos denominados serranías. Sus cumbres más importantes son el Nevado Jotabeche con 5862 m.s.n.m. y en el Volcán Copiapó con 6050 m.s.n.m.

Según Golder Associates (2006) y SERNAGEOMIN (1999), La geología de 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. 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.

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 como es de esperar varía según la pendiente de los valles y de la erosividad de los cursos de agua. 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 en el régimen de escurrimiento subsuperficial y subterráneo de las aguas. (Italconsult, 1963 citado por Golder Associates 2006).

En la zona inferior de la cuenca se encuentran formaciones arenosas de origen eólico. Estas arenas provendrían de la terraza marina que se extiende a lo largo de la costa, en la zona de la desembocadura del Río.

Clima

De acuerdo a la Dirección Meteorológica de Chile (s/a) la Región de Atacama presenta climas desérticos pero que con el incremento de las precipitaciones hace que la condición de desierto no sea tan rigurosa, destacándose 3 condiciones climáticas: una en el sector costero, con influencias marítimas, otra en la pampa intermedia y por último el sector cordillerano con incremento de las precipitaciones y régimen térmico frío.

a. 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 también 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 y en el Totoral 32).

b. CLIMA DESÉRTICO MARGINAL BAJO.

Este clima 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, que atenúa las características desérticas.

La amplitud térmica entre el mes más cálido y el más frío es de 7° a 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 12 mm en Copiapó (291 metros de elevación), 19 mm en El Salvador (2.400 m), 32 mm en Vallenar (470 m) y 34 mm en Los Loros (948 m).

c. CLIMA DESÉRTICO MARGINAL DE ALTURA.

Se manifiesta sobre los 2.000 m 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, lo que motivó la instalación del observatorio astronómico de Las Campanas.

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.

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, por lo que a los más altos picachos de la cordillera de la región, localmente se les denomine "nevados", como el Incahuasi, Tres Cruces, Ojos del Salado, etc.

Hidrografía

El valle del río Copiapó tiene una longitud de 160 km. 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. Los principales afluentes del río Copiapó son los ríos Manflas, Jorquera y Pulido. Estos afluentes aportan caudales superficiales continuos, aunque normalmente desaparecen parcial o totalmente en algunas zonas. Los afluentes que interceptan en el curso medio e inferior del río Copiapó, como la quebrada Paipote ubicada en el sector norte de la cuenca del Copiapó, generalmente se encuentran secos en superficie, excepto después de una tormenta. Esta cuenca cuenta con regulación artificial dada por la presencia del embalse Lautaro cuya capacidad de almacenamiento es de 40 millones de m³ (IGM, 1984).

Cuencas y subcuencas

El Río Copiapó en la zona alta tiene como principal cuenca aportante la del Río Jorquera, cuya superficie alcanza aproximadamente 4.185 km², a ésta le sigue la cuenca del río Pulido con alrededor de 2000 km² y la cuenca del río Manflas con una superficie de 1200 km². En el tramo medio del río Copiapó, el afluente que presenta una mayor superficie de drenaje corresponde a la quebrada del río Paipote, con una superficie de aproximadamente 6.600 km², le sigue en extensión la cuenca del río Carrizalillo con 1120 km² de superficie y la sub cuenca del río Copiapó (entre el embalse Lautaro y la quebrada de Paipote) con una superficie de 1464 km² aproximadamente (Golder Associates, 2006).

Hidrogeología

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:

- Sedimentos aluviales. Corresponden a aquellos depositados en el fondo de los valles por la propia acción del río. Están compuestos por diferentes elementos, desde bolones grandes y pequeños, en las partes más altas, hasta limos y arcillas depositados en el sector de la desembocadura.
- Llanuras aluviales. Estas están formadas por sedimentos depositados en valles tributarios, con baja pendiente y gran extensión. A diferencia del caso anterior los elementos que la constituyen son más regulares en forma y tamaño, presentando bolones y arcillas.

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

La roca basal impermeable es irregular y cuenta con una topografía de horst y graben (Figura 1). En precisamente en estas últimas donde se encuentran las mayores profundidades del acuífero las que alcanzarían hasta los 500 m. Las zonas con mayor espesor se encuentran el sector de "Hornito–Elisa de Bordos", "Paipote–Copiapó", Chamonate y Piedra Colgada. Desde el sector de Piedra Colgada hasta Angostura la profundidad del acuífero disminuye hasta valores inferiores a 150 m. (DGA, 2003).

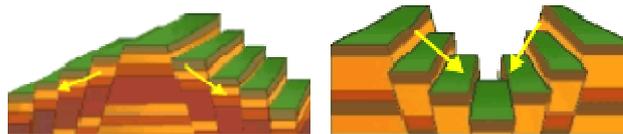


Figura 1: Horst y Graben. Fuente: Naturaleza educativa

De acuerdo a DGA (2003) los estratos que componen el acuífero contienen una cantidad de arcilla que no supera el 50% de la formación y cuando aparece en mayor porcentaje, lo hace en compañía de arenas y gravas, lo que permite descartar una condición de impermeabilidad dentro del acuífero.

Las propiedades hidráulicas del acuífero son:

La transmisividad (T) que corresponde a la cantidad de agua por unidad de anchura del valle, que atraviesa horizontalmente el acuífero a través del espesor saturado, considerando un gradiente hidráulico igual a 1. DGA (1987) citada por SERNAGEOMIN (1999) señalan que los valores de T en el valle del río Copiapó son medios a altos, del orden de 1.000 (m³/día/m) hasta 20.000 (m³/día/m).

La permeabilidad (P) que corresponde al cociente entre transmisividad y el espesor saturado, en el acuífero del valle del Río Copiapó fluctúa entre 10 y 200 m/día (Sernageomin 1999).

El nivel freático del agua en el acuífero es medido mensualmente por la DGA a través de aproximadamente 40 pozos de observación ubicados en la cuenca del río Copiapó.

De acuerdo a Golder Associates (2006) la evolución de los niveles freáticos en 30 años al 2005 se puede resumir de la siguiente manera:

- Aguas Arriba del Embalse Lautaro. En este sector la mayoría de los pozos registrados presentan profundidades del nivel freático que van entre los 10 y 30 m, ocurriendo algunos casos de niveles que se acercan a la superficie con la ocurrencia de precipitaciones importantes. En esta zona habría un bajo número de pozos construidos, por consiguiente los descensos corresponderían a períodos naturales de descarga del acuífero.
- Desde el Embalse Lautaro a la estación fluviométrica Río Copiapó en "La Puerta". En este sector el nivel freático se mantiene en promedio a menos de

20 m de profundidad con fluctuaciones menores en las proximidades del embalse. Aguas abajo, al angostarse el valle, la profundidad de la roca basal impermeable disminuye generándose una zona de vertientes llamada "Los Loros".

- Desde "La Puerta" a la estación fluviométrica Río Copiapó en "Mal Paso". En este sector se subdividen dos zonas, una cuyo nivel freático se mantiene profundo (25-60 m) que va entre La Puerta y río Carrizalillo. Desde este punto hasta "Mal Paso", los niveles estáticos vuelven a acercarse a la superficie generándose vegas y vertientes. Según los datos, desde 1988 se genera un fuerte descenso de niveles freáticos en varios de los pozos, revirtiéndose la situación en 1997 por las precipitaciones caídas.
- Desde "Mal Paso" a la ciudad de Copiapó. En este sector el acuífero presenta fuertes variaciones de la profundidad del nivel freático y valores cercanos a la superficie en el sector de Tierra Amarilla que luego se profundizan hacia el sector de Paipote, aunque manteniendo fuertes fluctuaciones de nivel. Los niveles freáticos en este sector siguieron la misma tendencia del sector anterior entre los años 1988 y 1997 y desde el año 2000 varios de los pozos utilizados para el registro DGA se encuentran secos (por ejemplo el pozo Villa Maria en Hornitos y Fundo Palermo
- Desde Copiapó a estación fluviométrica Río Copiapó en Puente "Piedra Colgada". En este sector se pueden diferenciar dos zonas en el acuífero: Bodega – Chamonate donde los niveles son profundos (25 y 30 m), para ir ascendiendo a la superficie a medida que se avanza hacia el poniente y Chamonate-Piedra Colgada, con niveles menos profundos (10 a 20 m) a la altura del aeropuerto, para ir reduciéndose a medida que se avanza hacia Piedra Colgada donde los niveles alcanzan menos de 10 metros de profundidad.
- Desde "Piedra Colgada" a la estación fluviométrica Río Copiapó en Angostura. Este sector presenta el nivel freático cercano a la superficie y con baja fluctuación, permitiendo que se genere una zona de descarga de la napa subterránea a través de la evapotranspiración de las vegas y principalmente por afloramientos de vertientes que se ubican en el lecho del río.

Descripción Hidrológica

Distribución normal de precipitaciones

En la cuenca del río Copiapó, en un año normal puede distinguirse una estación seca, con casi ausencia total de precipitaciones, que dura desde octubre a marzo; y una estación húmeda con precipitaciones que ocurren desde abril a septiembre.

Durante el invierno, el desplazamiento del Anticiclón del Pacífico Sur hacia el norte, permite la llegada esporádica de centros migratorios de bajas presiones que son capaces de aportar precipitaciones. Estas resultan bastante escasas alcanzando promedios de 19,6 mm/año en Copiapó (380 m.s.n.m.). Sin embargo gracias al efecto orográfico de la cordillera de los Andes las precipitaciones pueden aumentar al doble o más (Garreteaud et al., 2007) por ejemplo alcanzando 46 mm/año en la estación Jorquera (a 1.800 m.s.n.m). Más hacia el este, en el sector cordillerano, la altura permite la precipitación en forma de nieve. Esta precipitación ocurre tanto por los frentes migratorios que proviene del sur oeste como en verano por la influencia aunque en menor escala de lluvias convectivas asociadas al "invierno Boliviano".

Las estadísticas muestran precipitaciones superiores a lo normal cuando las condiciones de temperatura del mar en el Pacífico se asocian a la presencia del Niño, como ocurrió en los años 1982, 1987, 1992 y 1997.

Las precipitaciones en la cuenca del Río Copiapó son registradas por 8 estaciones meteorológicas que miden precipitación pluvial y una que registra precipitación nival las que son administradas por la DGA y de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC).

Probabilidades de excedencia de precipitaciones

Promedio y Probabilidad de Excedencia Pluviométrica en 8 estaciones pluviométricas de la cuenca del río Copiapó.

Estación	Altitud (m.s.n.m.)	Años de Observación	Media anual (mm)	Varianza	Prob. de Exced . 10 % (mm)	Prob. de Exced . 50 % (mm)	Prob. de Exced . 85 % (mm)
Jorquera en Guardia Vieja	1800	35	46,2	1871,4	124,9	34,5	11,9
Iglesia Colorada	1950	13	58,3	4098,5	182,2	29,5	6,1
Hacienda Manflas	1410	35	47,7	2454,2	124,5	32	6,2
Embalse Lautaro	1199	44	39,7	2125,2	112,5	27,7	3,3
Los Loros en Retén	950	34	37,7	2177,1	103,3	24,5	1,6
Eliza de Bordos	745	23	32,6	2237,2	81	6	0
Pastos Grandes	2000	35	34,6	1338	89,4	21,5	3,4
Copiapó	380	30	19,6	949,2	59,5	8,4	0,3

Fuente: DGA 2003

Fluviometría

Antecedentes

La existencia de un embalse de regulación y la extracción de agua que realizan las distintas actividades productivas presentes en la cuenca, hace que los caudales medidos en las estaciones no representen la condición hidrológica natural. En este sentido entonces, los caudales se ven influenciados por la operación del Embalse Lautaro, las extracciones de agua para riego mediante pozos, norias, canales, y el uso del agua en procesos mineros.

La siguiente tabla muestra las estaciones fluviométricas en la cuenca del río Copiapó

Nombre de la Estación	Coordenadas		Altitud (m s.n.m.)	Área (Km ²)
	Este	Norte		
Río Jorquera en Vertedero	406.060	6.897.739	1.250	4.150
Río Pulido en Vertedero	407.600	6.892.980	1.310	2.108
Río Manflas en Vertedero	402.510	6.885.893	1.550	1.180
Río Copiapó en Pastillo	404.151	6.902.323	1.300	7.467
Río Copiapó en By Pass Lautaro	401.850	6.905.180	1.200	8.348
Río Copiapó en la Puerta	389.169	6.924.018	758	8.348
Copiapó en Mal Paso	375.167	6.955.767	431	10.186
Canal Mal Paso Después de Bocatoma	375.120	6.955.863	-	-
Copiapó en la Ciudad	367.579	6.972.680	-	-
Río Copiapó en Angostura	318.130	6.976.824	48	18.324

Fuente: DGA 2003

Los caudales que ingresan al embalse Lautaro, registrados en la Estación Río Copiapó en Pastillo alcanzan un valor medio anual de 2,3 m³/s, mientras los caudales de salida del embalse alcanzan un valor medio de 1,3 m³/s registrados en la estación Río Copiapó en By Pass Lautaro. Esa diferencia se explica en parte por la variación en el volumen.

Al avanzar hacia el oeste, el caudal medio anual en el sector de la estación Río Copiapó en La Puerta aumenta, esto debido a los afloramientos de aguas subterráneas que se producen en este sector.

Aguas abajo, desde la estación Río Copiapó en La Puerta a la ciudad de Copiapó los caudales disminuyen debido a la extracción de las aguas superficiales que realizan las organizaciones de regantes (Golder Associates, 2006), alcanzando un caudal promedio anual de 1 m³/s, aunque por largos períodos el cauce se mantiene seco.

Ya en su tramo final, el río a la altura de la estación Río Copiapó en Angostura presenta afloramientos de agua subterránea que alcanzan un promedio anual de 0,5 m³/s.

Probabilidades de excedencia fluviométricas

De acuerdo a DGA (2003) para la cuenca del río Copiapó el año hidrológico abarca el período mayo-abril.

Para cada una de las estaciones de la cuenca la DGA estimó, mediante la función de distribución Weibull, los caudales asociados a las distintas probabilidades de excedencia considerando los registros sólo a contar del año 1963.

La siguiente tabla muestra los valores medios y con probabilidades de excedencia P(x) del 10, 20 y 50% para los caudales medios anuales.

Estación	Años de Registro		Nº de Obs.	Promedio (m3/s)	Caudal en m3/s		
					Prob. de Excedencia		
					10%	20%	50%
Río Jorquera en Vertedero	1947 - 2000	54	36	0,710	1,171	0,905	0,629
Río Pulido en Vertedero	1954 - 2000	37	36	1,449	3,251	2,256	1,009
Río Manflas en Vertedero	1964 - 2000	37	36	0,571	1,518	0,809	0,383
Río Copiapó en Pastillo	1927 - 2000	74	37	2,319	4,551	3,591	1,833
Río Copiapó en By Pass Lautaro	1931 - 2000	70	37	1,287	2,664	1,650	0,936
Río Copiapó en la Puerta	1927 - 2000	74	37	2,396	5,337	2,887	1,654
Copiapó en la Ciudad	1983 - 2000	18	36	1,017	3,128	1,218	0,542
Río Copiapó en Angostura	1963 - 2000	38	37	0,500	1,768	0,322	0,132

Fuente: DGA 2003

Análisis Fluviométrico

El análisis fluviométrico completo incluirá la estimación de los Q ecológicos para cada una de las estaciones según los diferentes criterios. Se incluirá además un análisis de la variabilidad temporal (mensual y anual) de Q.

Recarga de acuíferos

La recarga del acuífero de la cuenca del río Copiapó se produce por la infiltración proveniente de diferentes fuentes que según DGA (1987, 2003) serían las siguientes:

Recarga producida por infiltración desde los ríos.

Esta fuente de recarga sería una de las más importantes presentando una gran variación dependiendo de la zona de la cuenca. Así, se señala que en la zona alta, en el río Jorquera no habrían infiltraciones como tampoco afloramientos de las aguas subterráneas hacia el río, en cambio en los ríos Manflas y Pulido sí se producirían infiltraciones a la napa.

Luego, desde el embalse Lautaro hasta el sector de La Puerta no se producirían infiltraciones importantes, dado que el agostamiento que experimenta el valle y el acercamiento de la roca basal impermeable hacia la superficie favorecerían los afloramientos de aguas subterráneas al río. En cambio al avanzar aguas abajo entre los sectores de La Puerta y Malpaso, las infiltraciones alcanzarían aproximadamente al 30% del caudal del río en la Puerta.

Ya entre Malpaso y la ciudad de Copiapó la captación de agua que hace Canal Matriz Malpaso, que está revestido, impediría la infiltración a la napa. Luego de la ciudad de Copiapó, el río hasta la desembocadura en varios tramos prácticamente no lleva agua superficialmente limitando la infiltración.

Recarga producida por infiltración desde los Canales.

La infiltración que se produce ocurre en los Canales según lo señalado por DGA, se estima del orden de 16 Hm³/año desde la red de canales matrices, mientras que desde Canales Secundarios se estimó en 9,15 Hm³/año

Recarga producida por infiltración de riego intrapredial.

Se determinó la infiltración producida por el riego, considerando que los cultivos regados por goteo, no pierden agua por percolación y que los predios en que se riega por surcos o por bordes el 50 % del agua se infiltra. Aplicando estos criterios la DGA (1987) estimó en 18,71 Hm³/año la infiltración de agua procedente de las áreas cultivadas en la cuenca.

Sin duda, desde 1987 cuando se realizaron las estimaciones hasta la actualidad, el aumento de la superficie de riego con sistemas de riego por goteo se ha masificado en la cuenca con lo cual debieran esperarse aportes actuales menores a lo señalado.

Recarga producida por infiltración desde el Embalse Lautaro.

De acuerdo a DGA (2003) las pérdidas del embalse que se traducen en aportes a la napa debieran alcanzar los 6,3 Hm³/año.

Descripción de la calidad de Agua

Aguas superficiales y subterráneas

La DGA publicó el 2004 el diagnóstico y clasificación de los cursos de agua para una serie de cuencas en Chile, dentro de ellas la Cuenca del Río Copiapó.

La calidad es estudiada clasificándola dentro de 5 categorías según las Normas de Calidad Secundarias

Clase	Calificación General	Usos prioritarios
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

Siguiendo esta clasificación, para cada tramo de la cuenca se establecieron las clases actuales y las clases objetivo. Además, para las estaciones de muestreo, se indica el Índice de Calidad de Agua Superficial (ICAS)¹

¹ La metodología detallada de para el establecimiento de índices de calidad de aguas aparece en el Anexo 5 del Volumen 1 del Informe Final del estudio Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad. DGA 2004

BIBLIOGRAFÍA

Dirección General de Agua (DGA). 1987. Análisis y evaluación de los recursos hidrogeológicos valle del río Copiapó - III región: modelación de los recursos hídricos. Departamento de Hidrología, Alamos y Peralta Ingenieros Consultores y IPLA e HIDRELEC.

Dirección General de Aguas (DGA). 1995. Análisis y evaluación de los recursos hídricos en el valle del río Copiapó, III región. Departamento de Estudios y Planificación, Alamos y Peralta Ingenieros Consultores.

Dirección General de Aguas (DGA). 2003. Evaluación de los recursos hídricos subterráneos del valle del río Copiapó, Departamento de Estudios y Planificación. Informe Técnico. S.I.T. N° 87.

Dirección General de Agua (DGA). 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del río Copiapó. Realizado por Cade-Idepe Consultores en Ingeniería.

Dirección Meteorológica de Chile (DMC). S/a. Climas de Chile, Región de Atacama. Leído el 02 de diciembre del 2008 en http://www.meteochile.cl/climas/climas_tercera_region.html

Espíldora, B., Brown E., Cabrera, G. y P. Isensee. 1975. Elementos de Hidrología. Universidad de Chile, Facultad de Cs. Físicas y Matemáticas, Departamento de Hidrología.

Garreaud, R., Vuille, M., Compagnucci, R. & Marengo, J. 2007. Present day South American Climate. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 3: 1-10.

Golder Associates. 2006. Diagnóstico de los Recursos Hídricos de la Cuenca del río Copiapó y Proposición de un modelo de Explotación Sustentable. INFORME FINAL.

Instituto Geográfico Militar (IGM). 1984. Geografía de Chile. Tomo VIII, Hidrografía. Naturaleza educativa S/A. Geología, GEODINÁMICA INTERNA, Tectónica de placas - 6ª parte. Leído 26 de noviembre en: http://www.natureduca.com/geol_geodinint_tectonica6.php

Sernageomin. 1999. Estudio Hidrogeológico del valle del Río Copiapó. Segmento Embalse Lautaro – Piedra Colgada.

IV. Desarrollo de campaña a terreno

A partir del día 1 de Diciembre se está realizando la campaña de terreno en dos equipos. El primer grupo está conformado por los profesores Jorge Pérez y Luis Faúndez, quienes revisaron la flora, vegetación y paisaje de la cuenca. Al comienzo se realizó la descripción detallada del humedal de la desembocadura del río Copiapó. A continuación se realizaron recorridos y descripciones en los afluentes del río Copiapó: río Pulido, río del Potro, río Pircas Coloradas, río Cachitos, río Figueroa, quebrada de San Andrés, quebrada Cortadera, quebrada Codocedo, La Puerta.

De los puntos sugeridos por CONAF, los que se encontraban en los ríos Montosa y Ramadilla no fueron visitados ya que se tenía información de campañas anteriores. Los sitios visitados fueron el sector de Piedra Colgada y el de la Comunidad Colla Serranía Poblete. En Piedra Colgada se visitaron los remanentes de chañar, los cuales se encontraron en buen estado de conservación. En el sector de la comunidad Serranía Poblete se verificó la muerte de una parte importante de los chañares que se encuentran en las riberas del río Copiapó. La Hacienda María Isabel no pudo ser visitada porque el administrador no permitió el ingreso, sin embargo se pudo observar las formaciones de chañar desde la parte alta de la quebrada, verificándose un buen estado de conservación de los rodales remanentes.

El equipo de fauna, conformado por los profesionales Gabriel Lobos, Alejandra Alzamora y Diego Demangel comenzaron al mismo tiempo los muestreos puntuales en los afluentes del Copiapó para entregar una línea base que incluirá las especies encontradas de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces.

Al momento de entregar el presente informe, ambos equipos aún se encontraban en terreno.

V. Descripción preliminar de vegetación del humedal de Copiapó

Se definieron 83 unidades de vegetación en base a fotointerpretación de imágenes satelitales de alta resolución. Estas unidades fueron visitadas para corregir sus límites en terreno, donde se describió la fisionomía de la vegetación según la metodología de la Cartografía de Ocupación de Tierras.

En el Anexo I se incluye la carta de vegetación del humedal, la cual incluye desde la zona de las salinas hasta unos 1100 metros más arriba del puente Puerto Viejo. Destacó el hallazgo de individuos de una especie de *Prosopis*, determinada como *P. strombulifera*, presencia de chañares y también de espinos (*Acacia caven*), estos últimos representan casi el límite norte de la distribución de esta especie.

El equipo de fauna muestreará el sector del humedal del río Copiapó en las unidades de vegetación más importantes, para relacionar su funcionalidad con respecto a la disponibilidad de nichos para las especies de animales observadas en terreno.

VI. Descripción segunda etapa del estudio

En la segunda parte de este proyecto, el equipo de investigadores realizará las siguientes actividades:

- Profundización de la descripción general de la cuenca (aspectos físicos, hidrográficos y de calidad de agua)
- Sistematización de la información de flora, vegetación, fauna y paisaje obtenida en terreno como parte de este proyecto y la obtenida en campañas anteriores
- Descripción de los pisos vegetacionales ordenados altitudinalmente a lo largo de la cuenca
- Ubicación de los puntos donde se encuentran las formaciones arbóreas mejor conservadas de chañar y algarrobos.
- Descripción de la fauna de la asociada a las unidades de vegetación descritas
- Integración de la información de flora, vegetación, paisaje y hidrología para definir la relevancia ambiental de cada uno de los sistemas descritos
- Sistematización del registro fotográfico obtenido en terreno, en relación a las unidades relevantes descritas (ver anexos)
- Reuniones con equipo de CONAMA para discutir los resultados de la campaña a terreno y del análisis de la información
- Redacción del informe final

Por último cabe reiterar que se cuenta con una gran cantidad de información que ha sido recopilada de fuentes secundarias, en terreno y a través de conversaciones sostenidas con usuarios de los sistemas y profesionales que trabajan en la cuenca hidrográfica del río Copiapó. Esta información será analizada e integrada al informe final.

VII. Anexos

Vistas del recorrido de la cuenca del río Copiapó.



Humedal del río Copiapó



Chañares en sector Hacienda María Isabel



Formación densa de chañares en sector de Piedra Colgada



Sector con alta densidad de algarrobos y chañares en sector de La Puerta



Vega sector río Cachitos



Bofedal sector cercano al portezuelo de río Cachitos

Unidades de vegetación del estuario del río Copiapó.
(ver página siguiente)