

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

BIBLIOTECA
de la
DIRECCION GENERAL AGUAS

ANALISIS Y EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDROGEOLOGICOS

VALLE DEL RIO COPIAPO - III REGION

REH-591
Anexo 7
c.2

MODELACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS

TOMO ANEXO 7

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DETALLADO DEL SECTOR :

MANFLAS , JORQUERA Y PULIDO

DICIEMBRE - 1987

ALAMOS Y PERALTA INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

CON LA ASESORIA DE : IPLA LTDA. E HIDRELEC LTDA.

INDICE GENERAL DEL ESTUDIO

<u>TOMO I</u>	MODELO DE RECURSOS HIDRICOS : CONSTRUCCION, AJUSTE Y OPERACION DEL MODELO
<u>TOMO II</u>	ESTUDIOS BASICOS : HIDROLOGIA DEMANDAS DE AGUA HIDROGEOLOGIA GENERAL DEL VALLE
<u>TOMO ANEXO 1</u>	Estadísticas Hidrológicas Infraestructura de Riego Planos de Uso Actual y Potencial del Suelo
<u>TOMO ANEXO 2</u>	Estudio Hidrogeológico Detallado del Sector Piedra Colgada - Angostura
<u>TOMO ANEXO 3</u>	Estudio Hidrogeológico Detallado del Sector Copiapó - Piedra Colgada
<u>TOMO ANEXO 4</u>	Estudio Hidrogeológico Detallado del Sector Malpaso - Copiapó
<u>TOMO ANEXO 5</u>	Estudio Hidrogeológico Detallado del Sector La Puerta - Malpaso
<u>TOMO ANEXO 6</u>	Estudio Hidrogeológico Detallado del Sector Embalse Lautaro - La Puerta
<u>TOMO ANEXO 7</u>	Estudio Hidrogeológico Detallado del Sector Manflas, Jorquera y Pulido
<u>TOMO ANEXO 8</u>	Modelo de Recursos Hídricos : Listados de los Modelos Resultados de las Pasadas de Ajuste

TOMO ANEXO Nº 7
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DETALLADO DEL SECTOR
MANFLAS, JORQUERA Y PULIDO

INDICE

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETO DEL ESTUDIO	2
3. GEOLOGIA	3
3.1 Geología de Superficie	4
3.2 Geología de Subsuperficie	7
4. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO	12
4.1 Antecedentes Empleados	12
4.2 Metodología de Análisis	13
4.3 Interpretación Hidrogeológica de los Resultados	14
5. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO	15
5.1 Antecedentes Empleados	15
5.2 Metodología de Análisis	15
5.3 Presentación de Resultados	17

INDICE

	Página
6. CARACTERISTICAS DE LA NAPA	18
6.1 Profundidad del Nivel Estáticos	18
6.1.1 Antecedentes Empleados	18
6.1.2 Metodología de Análisis	18
6.1.3 Presentación de Resultados	19
6.2 Superficie Piezométrica y Sentido de Escurrimiento de las Aguas Subterráneas	19
6.2.1 Antecedentes Empleados	19
6.2.2 Metodología de Análisis	20
6.2.3 Presentación de Resultados	21
6.3 Variaciones del Nivel Estático	21
6.3.1 Antecedentes Empleados	21
6.3.2 Metodología de Análisis	21
6.3.3 Presentación de Resultados	22
6.4 Calidad Química	22
6.4.1 Antecedentes Empleados	22
6.4.2 Metodología de Análisis	23
6.4.3 Presentación de Resultados	23
6.4.4 Posibles Usos del Agua	23
7. FUNCIONAMIENTO DEL EMBALSE SUBTERRANEO	24
7.1 Entradas de Agua al Acuífero	24
7.2 Salidas de Agua desde el Acuífero	27
8. BALANCE HIDRICO DEL EMBALSE SUBTERRANEO	29
8.1 Entradas de Agua al Acuífero	29
8.2 Salidas de Agua desde el Acuífero	44
8.3 Balance Hídrico	46
8.4 Discusión de Resultados	48

INDICE

	Página
ANEXO 1 : Niveles Estáticos y Conductividades Medidos en Diciembre de 1986 y Enero de 1987	50

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Estudio Hidrogeológico del Sector Nantoco - Copiapó para el Mejoramiento Integral del Servicio de Agua Potable de Copiapó, ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores, Ltda., ISAMU KODAMA Ingenieros Civiles Consultores - SENDOS, Junio 1986.
2. Informe Hidrológico e Hidrogeológico de la Hoya del río Manflas del Copiapó, Estancia Hacienda Manflas, INYGE, Diciembre 1985.
3. Catastro de Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas Concedidas, en Trámite y sin Solicitar en la Hoya Hidrográfica del río Copiapó. Dirección General de Aguas - M.O.P., Agosto 1985.
4. Balance Hídrico Nacional, Regiones III y IV. IPLA, Dirección General de Aguas - M.O.P., 1984.
5. Catastro de Pozos de la Región de Atacama. Dirección General de Aguas - M.O.P., Mayo 1983.
6. Plan Maestro de Acción Inmediata para el Desarrollo de los Recursos de Agua y Suelo de Valle de Copiapó. Región de Atacama. Uri Hammer y Asociados, Dirección de Riego - M.O.P., 1980.
7. Tasa de Riego de Uso Racional y Beneficioso y Rol de Regantes del Valle de Copiapó. Domingo Queirolo Díaz, Dirección General de Aguas - M.O.P., Diciembre 1977.
8. Proyecto Mejoramiento Servicio de Agua Potable de Copiapó. Factibilidad. Tomo I. J.V.C., SENDOS - M.O.P, Noviembre 1979.
9. Estadísticas de Análisis Químicos y de Sedimentos 3a. Región. Dirección General de Aguas - M.O.P., Julio 1978.
10. Catastro de Pozos al 31 de Mayo de 1971. Hoya N° 302 Copiapó. Departamento de Recursos Hidráulicos - CORFO, 1971.
11. Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en el Valle de Copiapó. Gastón Mahave y otros - Dirección de Riego - M.O.P, Julio 1969.
12. Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en el Valle de Copiapó. Relación General, 2 Tomos, ITALCONSULT Argentina, CORFO, Diciembre 1963.
13. Recursos de Agua del Valle de Copiapó. P. Kleiman y J. Torres, CORFO, Marzo 1962.

14. Antecedentes Generales sobre la Evolución del Litoral de Chile del Norte durante el Plioceno y el Cuaternario. R. Pascoff, Universidad de Chile, 1967.
15. Los Cambios Climáticos Plio-Cuaternarios en la Franja Costera de Chile Semi-árido. R. Pascoff, Universidad de Chile, 1967.
16. Geología de las Hojas Copiapó y Ojos del Salado. K. Segerstrom, IIG - Boletín Nº 24, 1968.
17. Le Chili Semi-aride. R. Pascoff, Bordeaux - Francia, 1970.
18. Cordillera de la Costa entre Chañaral y Caldera. Carta Geológica de Chile Escala 1:100.000. M. Mercado, IIG, 1978.
19. Evolución Geomorfológica del Desierto de Atacama entre los 26º y 33º de Latitud Sur. Revisión Cronológica. J.Naranjo y R.Pascoff, Revista Geológica de Chile, 1980.
20. Hojas Vallenar y parte Norte de La Serena. Carta Geológica de Chile Escala 1:250.000. R.Moscoso, P.Nasi, P.Salinas, SERNAGEOMIN, 1982.
21. Hojas Taltal y Chañaral. Carta Geológica de Chile Escala 1:250.000. J.Naranjo y A.Puig, SERNAGEOMIN.
22. Norma Chilena de Agua Potable NCh 409/1 Of.84.
23. Water Quality Sourcebook. A Guide to Water Quality Parameters. R.N.McNeely, V.P.Neimanis and L.Dwyer, Water Quality Branch, Minister of Supply and Services Canada, Ottawa, Canada, 1979.
24. Calidad Química de las Aguas de la IV Región. Proyecto CHI-535, Investigación de Recursos Hidráulicos en la IV Región, SERPLAC - DGA - ONU - CORFO, Abril 1979.
25. Las Necesidades de Agua de los Cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje Nº 24. J.Doorenbos y W.O.Pruitt, FAO - ONU, 1986.
26. Estudio Hidrogeológico del Valle del río Choapa. Sector Salamanca - Cuncumen. Informe Final. Anexo Nº 3 de 4. Análisis y Resultados de las Infiltraciones por Regadío. ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda., ANACONDA CHILE S.A., Noviembre 1982.
27. Antecedentes del Catastro Vitivinícola y Declaraciones al 31 de Diciembre de 1985. Valle de Copiapó. Uva Vinífera y Uva de Mesa. Sin autor, sin fecha.

- 1 -

1. INTRODUCCION

El valle del río Copiapó ha sufrido en los últimos 6 años un drástico cambio en su agricultura, transformándose en un importante productor de uva de exportación.

Hoy en día se estima en 4500 las hectáreas de parronales plantados, de las cuales unas 3000 hectáreas se riegan con aguas subterráneas. Para regar estos parronales, que en general emplean el método del goteo, se ha construido una gran cantidad de nuevos pozos y solicitado para ellos las mercedes de aprovechamiento correspondientes. Hasta Febrero de 1987, de acuerdo a los antecedentes de la DGA, se había otorgado concesión sobre el uso de 142 pozos en el valle entero, para caudales que en total suman casi 9000 (l/s). No obstante, según las informaciones recopiladas durante la elaboración del presente estudio, hoy existen en el valle de Copiapó 290 pozos, de los cuales se ocupan sólo 107.

A la luz de las cifras anteriores se ve la necesidad de contar con un estudio acabado respecto de los recursos hídricos del valle, y, en particular, un análisis y evaluación de los recursos hidrogeológicos, que son los que aparentemente han empezado a explotarse en forma más intensa en los últimos años.

2. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto del estudio que sigue a continuación es analizar y evaluar en detalle los recursos hidrogeológicos del sector de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido, afluentes cordilleranos del río Copiapó.

En particular se pretende caracterizar hidrogeológicamente el embalse subterráneo del sector y conseguir el conocimiento necesario para implementar un modelo matemático que permita simular su funcionamiento.

El estudio hidrogeológico que se ha desarrollado se compone de las siguientes partes:

- Geología superficial y subsuperficial del sector.
- Características geométricas del embalse subterráneo, que vienen dadas por la ubicación del basamento rocoso, del nivel estático y la identificación de los estratos más representativos del relleno.
- Características de las napas representadas por la profundidad del nivel estático, la superficie piezométrica, las variaciones del nivel estático y la calidad química de las aguas subterráneas.
- Funcionamiento del embalse subterráneo, donde se indica las distintas fuentes de recarga y descarga del embalse subterráneo.
- Balance, donde se evalúa los volúmenes de recarga y descarga identificados en el funcionamiento del embalse subterráneo.

Junto al texto, donde se describe lo anterior, se presenta un conjunto de 12 planos que ilustran las características hidrogeológicas del embalse subterráneo. Adicionalmente se presenta una serie de anexos, con los datos originales de terreno recopilados en el presente estudio y la parte más relevante de la información extraída de estudios anteriores.

3. GEOLOGIA

En este capítulo se describe las características geológicas existentes en los valles tributarios principales del río Copiapó, los valles de los ríos Jorquera, Pulido y Manflas y a la junta de estos hasta el Embalse Lautaro, de manera de conocer su relación con la existencia de unidades hidrogeológicas capaces de almacenar y transmitir el agua subterránea, es decir, constituir acuíferos de importancia en el área.

Para este estudio geológico, se ha tenido presente todos los antecedentes recopilados y que dicen relación con las características geológicas del área. Estos antecedentes han sido mencionados en el Tomo II, en la Hidrogeología General del Valle. En todo caso, para el sector del valle que se analiza, ha sido particularmente importante la "Geología de las Hojas Copiapó y Ojos del Salado". (Ref.16)

Por otra parte, se ha realizado un levantamiento fotogeológico para definir unidades en términos hidrogeológicos, a partir de fotografías aéreas verticales a escala 1:60.000 del Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea de Chile (SAF).

Este estudio fotogeológico fue controlado en el terreno, con lo que se ha obtenido un buen conocimiento del valle del río Copiapó y sus tributarios, los ríos Jorquera, Pulido, Manflas y Juntas, especialmente en lo relativo al contacto entre la roca fundamental y el relleno sedimentario.

Con ello, ha sido posible conocer los tipos litológicos que afloran en el sector, así como sus características de permeabilidad, su espesor y principalmente los límites del embalse subterráneo de los valles tributarios.

Lo que se expone a continuación, comprende las características geológicas que existen en la superficie del terreno y sobre ella, así como las condiciones que se encuentran bajo la superficie del terreno. Ello se entrega en lo que se denomina Geología de Superficie, por una parte, y Geología de subsuperficie, por otra.

3.1. Geología de Superficie

En relación con las características geológicas existentes en la superficie del terreno, puede distinguirse en este sector de la hoya hidrográfica del río Copiapó, dos grandes unidades: roca fundamental y sedimentos.

3.1.1. Roca Fundamental

La roca fundamental se presenta en el Plano N° 2, como roca fundamental indiferenciada, situación relevante desde el punto de vista hidrogeológico. Sin embargo, sobre la base de la información existente, es posible diferenciar esta roca fundamental en las siguientes unidades litológicas que afloran en este sector estudiado, desde aguas arriba hacia aguas abajo:

- Granodiorita (principalmente) del Batolito Andino. Aflora en el Valle del río Jorquera y en los valles de los ríos Pulido y Manflas.

- Formación Lautaro, que corresponde a volcanitas y sedimentitas hacia la base; areniscas fosilíferas rojas pardo amarillentas con intercalaciones de caliza, conglomerado, fisible y andesitas en la parte media lava andesítica con intercalaciones de brecha, conglomerado tobáceo y escasas capas de arenisca fosilífera, en la parte superior. Aflora en franjas en los tres valles, hasta el embalse Lautaro.

- Formación La Ternera, conformada por conglomerados, lavas básicas, areniscas, brechas y en forma muy subordinada, carbón. Aflora probablemente en los tres valles estudiados.

Para los efectos del presente estudio hidrogeológico, estas rocas reseñadas serán consideradas impermeables y constituirán en consecuencia, los límites del reservorio de agua subterránea.

3.1.2. Sedimentos

En este sector de la hoya hidrográfica del río Copiapó, se ha reconocido depósitos sedimentarios de variadas génesis y de edades distintas. En lo que sigue, se describirá cada uno de estos sedimentos, señalando la nomenclatura utilizada en la cartografía en el Plano N° 2.

Cabe señalar que en este tramo de la cuenca del río Copiapó no afloran los sedimentos antiguos que corresponden a los remanentes de los que ha definido precedentemente como Gravas de Atacama y que afloran hacia aguas abajo de esta área, en Mal Paso y hacia aguas abajo.

- Conos de Deyección (CD): Este tipo de depósitos sedimentarios se encuentran siempre asociados a los flancos de los valles. En los valles estudiados, se han generado por erosión de rocas y/o sedimentos preexistentes, resultan ser muy frecuentes prácticamente en ambos costados de cada valle.

Su característica morfológica más relevante consiste en su alta pendiente y en presentar forma de abanico con un extremo superior (parte apical) y un extremo inferior (parte distal) con la forma de un abanico. A veces su extremo inferior es disectado por el curso actual de los ríos.

En su génesis interviene principalmente la fuerza de gravedad, que con la ayuda de las esporádicas precipitaciones que caen en el área, generan corrientes de barro o avenida, denominadas localmente "bajadas de las quebradas". Por ello, su granulometría se caracteriza principalmente por presentar clastos angulosos a subangulosos, una matriz fina, y un grado de heterogeneidad muy alto.

Estos conos de deyección se han generado sobre las rocas fundamentales, por erosión. Por otra parte, se interdigitan en su extremo distal con los sedimentos que se depositan en la llanura aluvial de los valles.

Desde el punto de vista hidrogeológico, poseen permeabilidad media y son importantes en cuanto a que colectan la escorrentía de las quebradas, parte de la cual se infiltra a través de ellos.

Cabe señalar la importancia que revisten como unidad geomórfica estos conos de deyección, en algunos casos, en los tres valles estudiados, donde existe una coalescencia de conos de deyección, generando estructuras muy relevantes.

- Escombros de Falda (EF): en general, son poco frecuentes en este sector del valle, de forma que no han podido ser representados en la escala de trabajo de la cartografía.

- Llanura Aluvial (LA): es el rasgo más relevante en este sector del valle, tanto por su extensión, como por su importancia hidrogeológica.

Corresponde al fondo relativamente plano de cada valle. Su génesis está asociada directamente a la capacidad de transporte, arrastre y depositación que ha tenido cada río en épocas pretéritas y aún en la actualidad.

Su granulometría es variable desde bloques chicos hasta limos y arcillas. La condición media es de ripios y gravas con matriz arenosa-limosa. Poseen una permeabilidad media a alta.

- Terraza Aluvial: se presenta en el valle del río Manflas, en la hacienda de igual nombre. Tiene una extensión relativamente restringida.

3.2. Geología de Subsuperficie

La geología de subsuperficie se refiere al conocimiento de las características geológicas que existen en los sedimentos depositados en los valles tributarios del valle del río Copiapó, los que han sido descritos según se han reconocido en superficie.

Este conocimiento se refiere principalmente a las características de espesor y por lo tanto, profundidad a que se encuentra el basamento rocoso en el sector estudiado. Ello, ha sido posible principalmente sobre la base de los Sondeos Eléctricos Verticales realizados en el sector, así como de los sondeos mecánicos existentes.

Los SEV se realizaron configurando perfiles, los que fueron interpretados en términos geoelectrónicos en una primera aproximación y luego, en términos de la geología del área. Los SEV correspondientes a este sector de la cuenca del Copiapó son los siguientes:

TABLA N° 3.1.

SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES

VALLE	S.E.V. N°	PERFILES
Manflas	1 al 10	1 al 4
Pulido	11 al 15	5 al 7
Jorquera	16 al 21	8 al 10
Juntas	22 al 34	11 al 15

Con estos antecedentes, se ha confeccionado los planos siguientes:

PLANO N° 3: Perfiles transversales y longitudinales de los valles de los ríos Pulido y Manflas.

PLANO N° 4: Perfiles transversales y longitudinales del valle del río Jorquera, el que se ha extendido hasta el Embalse Lautaro.

De los perfiles donde se presenta destacadamente el basamento rocoso referido al nivel del mar, se advierte claramente la existencia de ciertas estructuras de gran relevancia para los efectos hidrogeológicos, ya que estarían indicando la existencia de grandes espesores de sedimentos.

- Valle del río Manflas: se aprecia claramente una profundidad relativamente homogénea desde la Hda. Manflas hasta La Junta. Hacia aguas arriba, el valle se estrecha notablemente y es probable la existencia de un relleno sedimentario muy exiguo. En el perfil longitudinal de este valle, presentado en la Lámina N° 1, se evidencia una profundización algo mayor en el tramo inicial del perfil, pero sin embargo, esto es una situación puntual que se presenta en el sector de la Hacienda Manflas, solamente.

En el Plano N° 3 se verifica esta situación en los perfiles numerados del N° 1 al 4.

Estas características nos permiten probablemente inferir la existencia de estructuras condicionadas por una tectónica intensa. De hecho, resulta importante destacar el claro alineamiento del valle del río Manflas, desde la Hacienda del mismo nombre hasta por lo menos Juntas y prácticamente hasta poco antes del Embalse Lautaro.

De igual forma, se advierte en los perfiles transversales, que en general existiría una mayor profundidad de basamento rocoso en la margen izquierda del valle.

Debe tenerse presente, por otra parte, que existe una profundidad importante del

basamento rocoso también en este valle, situación que se visualiza claramente en los planos indicados.

La cota del basamento en el sector de la Hacienda es del orden de 1150 metros sobre el nivel del mar, siendo la cota del terreno de 1400 m.s.n.m. Esto representa un espesor del relleno sedimentario del orden de 250 metros, situación que se mantiene aproximadamente igual hasta la confluencia de Manflas.

- Valle del río Pulido: en este valle se presenta una situación similar a aquella descrita para el valle del río Manflas. Se aprecia claramente una profundidad relativamente homogénea desde Los Hornos hasta Resguardo de Copiapó. Hacia aguas arriba de Los Hornos, el valle se estrecha en forma significativa para volver a ensancharse en la localidad de Iglesia Colorada.

En Resguardo Copiapó el valle del río Pulido presenta una profundidad importante, por cuanto el basamento rocoso se encuentra a una cota del orden de 600 metros sobre el nivel del mar, siendo la cota del terreno de 1.250 m.s.n.m. Ello implica un espesor de sedimentos importantes, del orden de 650 metros.

Cabe destacar que, en la misma localidad, la cota del basamento se encuentra a bastante mayor profundidad en el flanco izquierdo del valle, especialmente a la localidad ubicada a unos dos kilómetros aguas arriba de Resguardo Copiapó. Específicamente esta situación se ha planteado en el perfil N° 7 del plano N° 3, como una falla inferida en el costado izquierdo del valle.

Estas características nos permiten probablemente inferir la existencia de estructuras condicionadas por una tectónica intensa. De hecho, resulta importante destacar el claro alineamiento del valle del río Pulido por lo menos desde Los Hornos hacia aguas abajo hasta Juntas.

Debe tenerse presente por otra parte, que existe una profundidad importante del

basamento rocoso también en este valle, situación que se visualiza claramente en los perfiles indicados.

La cota del basamento en el sector Los Hornos es del orden de 1050 metros sobre el nivel del mar, siendo la cota del terreno de 1350 m.s.n.m. Esto representa un espesor del relleno sedimentario del orden de 300 metros, situación que se mantiene aproximadamente igual hasta el Vertedero del río Pulido, desde donde el basamento adquiere una cota inferior de hasta un valor del orden de 550 metros, siendo la cota de la superficie del terreno de 1250 metros, lo que arroja un espesor de 700 metros.

- Valle del río Jorquera: Este valle posee una orientación prácticamente perpendicular al valle del río Pulido. Se caracteriza desde el punto de vista de la geología de sub-superficie, por presentar un notable umbral rocoso en su confluencia con el valle del río Pulido.

En Resguardo de Copiapó, presenta el basamento rocoso una cota de aproximadamente 1200 metros sobre el nivel del mar, en circunstancias que la cota del terrenos es del orden de 1.250 m.s.n.m., lo que implica un espesor de sedimentos de más o menos 50 metros. Esta circunstancia aquí expuesta, solo ha sido reconocida en este lugar, con una potencia de sedimentos tan exigua en un perfil transversal.

En el perfil del río Jorquera, en el Plano N° 4, se advierte claramente esta situación expuesta, al igual que en el perfil N° 10 del mismo Plano.

Hacia aguas arriba, la cota del basamento se profundiza hasta la cota más baja reconocida de 880 metros sobre el nivel del mar en la localidad de Molino. Esta situación implica evidentemente la existencia de una fosa de probable origen tectónico.

- Juntas: Se ha designado con este nombre al tramo desde la Junta del río Pulido con el río Jorquera, hasta el Embalse Lautaro, tramo en el cual confluye también el río Manflas. Está representado este tramo por los perfiles N° 13, 14 y 15.

- 11 -

En todo este tramo la profundidad del basamento rocoso es grande, detectándose la máxima profundidad en 550 metros sobre el nivel del mar, aproximadamente, poco aguas arriba del Embalse Lautaro. Ello implica una profundidad de unos 600 metros, ya que la cota del terreno se encuentra a 1.150 m.s.n.m.

Es interesante destacar que se ha inferido una estructura del tipo de falla normal, en el tramo desde el río Manflas hasta el punto donde el valle cambia de dirección poco aguas arriba del Embalse Lautaro, situación que se presenta en el perfil N° 13 del Plano N° 4.

La mayoría de los sondajes construídos en el sector, permiten reconocer la existencia de una interestratificación de sedimentos gruesos del tipo bloques, bolones, ripios y gravas, con estratos donde la proporción de finos es mayor. A través de los SEV ha sido posible, en general, distinguir dos grandes unidades sedimentarias constitutivas del relleno sedimentario de estos valles tributarios del valle de Copiapó. Una unidad que se encuentra parcialmente saturada, cuyo techo es la superficie del terreno y cuya base es el techo de una segunda unidad que se encuentra completamente saturada. La base de esta segunda unidad sería el basamento rocoso.

Las conductividades de estas unidades son las siguientes:

UNIDAD 1	50 a 100	μ /m
UNIDAD 2	100 a 200	μ /m
ROCA	1000	μ / m

Los perfiles trazados en los Planos N° 3 y 4, no reflejan la existencia de roca fundamental que pudiese encontrarse a poca profundidad. Por el contrario, muestran un paleorelieve muy uniforme, de gran profundidad y extensión.

4. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

El término de geometría o características geométricas del embalse subterráneo se refiere a los límites o bordes impermeables que posee un sistema hidrogeológico o acuífero.

En el presente caso, las condiciones de borde están dadas por las rocas fundamentales que se ha descrito en capítulos precedentes y que afloran en los costados de los valles de los ríos Jorquera, Pulido y Manflas.

Los límites en superficie se encuentran representados en el Plano N° 2, donde se ha trazado el contacto en superficie entre la roca fundamental o basamento impermeable y unidades sedimentarias de distintas génesis, según se ha explicado en el correspondiente capítulo de geología.

El límite o condiciones de borde bajo la superficie del terreno se han representado en los Planos N° 3 y 4. En ellos se ha dibujado perfiles geológicos que representan claramente las características geométricas del embalse subterráneo.

4.1. Antecedentes Empleados

Para obtener los planos y perfiles señalados se ha contado con los siguientes elementos adicionales:

- Plano topográfico del sector a escala 1:25.000, obtenido de una ampliación del plano a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar.
- Estratigrafía de una serie de sondajes mecánicos construidos en el área. Particular importancia posee el hecho de que solo dos de los sondajes perforados en este sector de la cuenca del Copiapó ha llegado hasta la roca fundamental. La profundidad máxima alcanzada por sondajes mecánicos es en torno a los 100 metros. Los sondajes que han llegado a la roca son los siguientes:

TABLA N° 4.1.

SONDAJES PERFORADOS HASTA LA
ROCA FUNDAMENTAL EN EL AREA DE ESTUDIO

COORDENADAS SONDAJE	UBICACION	PROFUNDIDAD ROCA (m)
28° 00' - 69° 50' D-3	Iglesia Colorada	62.50
28° 00' - 69° 50' A-6	Valle del Manflas	80.00

- Campaña geofísica de resistividad eléctrica, desarrollada a través de sondeos eléctricos verticales, localizados a perfiles transversales al valle.

4.2. Metodología de Análisis

Sobre la base de los antecedentes que entregan estos sondeos existentes en el valle, y principalmente de la información aportada por los resultados y posterior interpretación geológica de los Sondeos Eléctricos Verticales, se ha trazado los perfiles transversales y longitudinales que se entregan en:

PLANO N° 3 : Perfiles valles de los ríos Manflas y Pulido

PLANO N° 4 : Perfiles valle del río Jorquera, Juntas y Copiapó

Estos perfiles geológicos permiten establecer las características geométricas del embalse subterráneo en este sector del valle del río Copiapó.

En ellos se ha diferenciado principalmente tres unidades, las que son

- Sedimentos aluviales, permeables, de gran espesor
- Sedimentos coluviales, permeables, conos de deyección
- Roca fundamental impermeable, indiferenciada

4.3. Interpretación Hidrogeológica de los Resultados

Las conclusiones hidrogeológicas más importantes que se puede obtener de las características geométricas del embalse subterráneo que existe en el valle del Copiapó desde el Embalse Lautaro hasta La Puerta, son las siguientes:

- a) Existe un importante embalse subterráneo, en atención a la alta potencia o espesor que poseen los sedimentos depositados en el fondo de cada uno de los valles estudiados.
- b) La profundidad alcanzada por los sondajes perforados en estos valles es relativamente reducida en comparación con el espesor de sedimentos medido a través del método geoeléctrico, en la mayor parte de los tramos estudiados en cada uno de estos valles tributarios del río Copiapó.
- c) La profundidad habilitada en los sondajes por debajo del nivel estático es baja; sin embargo los sondajes entregan caudales importantes.
- d) Por encontrarse saturado todo el paquete sedimentario, resulta importante concluir que es posible obtener un volumen adicional de agua subterránea.
- e) Los espesores máximos de relleno sedimentario se encuentran de preferencia en el centro del valle y los espesores menores, hacia las márgenes.
- f) El espesor máximo reconocido es de 725 metros en el perfil N° 12, en Junta de Manflas.
- g) Entre el perfil N° 13 y N° 14 se aprecia la existencia del basamento a menor profundidad que hacia aguas arriba y que hacia aguas abajo, con un espesor mínimo de poco más de 250 metros, hecho que ha permitido establecer la existencia de otro umbral rocoso. En este caso, a diferencia del umbral rocoso de Resguardo de Copiapó, se trata de un espesor de sedimentos considerable.
- h) El espesor mínimo se encontraría en Resguardo de Copiapó, con un espesor de sedimentos de sólo 75 metros, aproximadamente.

5. CATACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

Por características hidráulicas del embalse subterráneo se entiende su capacidad de transmitir y almacenar agua. Estas capacidades se reflejan en los valores de los coeficientes de transmisividad y de almacenamiento, y sólo es posible conocer los mediante ensayos de terreno.

En lo que sigue se analiza, para el sector estudiado, los valores de estos parámetros y su significado.

5.1. Antecedentes Empleados

No se cuenta en el sector de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido con pruebas de bombeo de caudal constante, de cuyo análisis se obtienen valores de los coeficientes de transmisividad y almacenamiento.

En cambio se ha dispuesto de las Curvas de Agotamiento de 9 pozos, 3 en el valle del río Pulido, 2 en el valle del río Manflas, uno en Pastillo, después del inicio del río Copiapó, uno en el valle del río Jorquera y uno en la zona donde se juntan los ríos Pulido y Jorquera.

5.2. Metodología de Análisis

En primer lugar se ha calculado el caudal específico para cada pozo con curva de agotamiento. Este es un parámetro que se calcula como el caudal máximo bombeado, expresado en litros por segundo (l/s), dividido por la depresión de niveles, en metros, que ese bombeo genera en el pozo. Luego se ha puesto los valores obtenidos en un plano escala 1:25.000, con la ubicación de pozos.

A continuación se ha estimado el coeficiente de transmisividad a partir del caudal específico, a través del siguiente procedimiento.

- 16 -

a) Se ha relacionado el caudal específico con la transmisividad, para los pozos del valle que cuentan con pruebas de caudal variable y constante. En general ésta situación se da en los pozos más antiguos del valle, perforados casi todos en el sector Mal Paso-Copiapó. No obstante se considera extrapolable los resultados obtenidos a otros sectores del valle, dada la homogeneidad hidrogeológica de los embalses subterráneos y similitud en las características constructivas y de habilitación de los distintos pozos.

La relación obtenida es:

$$T = 300 * (Q/d)$$

donde T = Transmisividad ($m^3/día/m$)

(Q/d) = Caudal específico (l/s/m)

Una discusión detallada de cómo se obtuvo esta relación se presenta en el Tomo 4, con la Hidrogeología General del Valle.

b) La transmisividad obtenida de acuerdo con lo anterior se ha corregido, para considerar el efecto de penetración parcial del pozo en el acuífero. La corrección se ha hecho a través de:

$$T_c = T * (1 + 1/3 * E_i/E_s)$$

con T_c = Transmisividad corregida ($m^3/día/m$)

E_i = Espesor del acuífero inferior (m)

E_s = Espesor del acuífero superior (m)

T = Transmisividad calculada a través de las pruebas de bombeo hechas en el pozo (directamente o mediante el caudal específico) ($m^3/día/m$).

Igualmente que en la primera relación, una discusión detallada de cómo se obtuvo esta relación se presenta en el Tomo II Capítulo Hidrogeología General del Valle.

En cuanto al coeficiente de almacenamiento se ha adoptado un valor de 10% que co-

responde a acuíferos libres similares a los encontrados a lo largo del valle. Este valor se basa en los datos obtenidos de unas pocas pruebas de bombeo cuyos resultados están comprendidos entre 0.16 y 11%. La presentación de estos valores se encuentra en el Tomo II Capítulo Hidrogeología General del Valle.

5.3. Presentación de los Resultados

Los resultados se presentan en los Planos N° 9 y 10, lámina N° 1. En ambos se observa que, en general, los caudales específicos y transmisividades son más bien altos, y que sus valores se distribuyen en forma relativamente aleatoria en el sector.

En estos planos no se ha trazado curvas de isotransmisividad debido a la poca cantidad de datos y a su distribución espacial de éstos. Se considera que los datos expuestos son, por si sólo, suficientemente explicativos para la escala de trabajo usada en este sector.

En el Anexo 4 se presenta un listado con los caudales específicos y transmisividades calculadas para cada pozo.

Volumen Embalsado

Basándose en el plano de isopacas se ha determinado el volumen total de relleno del acuífero, el que para este sector alcanza un valor de 7036 Mm^3 . Ahora bien, debido a que el coeficiente de almacenamiento se ha determinado en un 10%, el volumen total embalsado en este sector es de 704 Mm^3 .

6. CARACTERISTICAS DE LA NAPA

Las características de la napa quedan representadas por la profundidad del nivel estático, su variación estacional, el sentido de escurrimiento de las aguas subterráneas y su calidad química. Cada uno de estos aspectos se analiza a continuación por separado.

6.1 Profundidad del Nivel Estático

6.1.1 Antecedentes Empleados

Para conocer la profundidad del nivel estático se realizó una corrida de mediciones en terreno en Enero de 1987. En esta corrida se controló el nivel de 13 pozos ubicados en los valles de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido. En el Anexo 1 se adjunta un listado de los niveles medidos en terreno.

6.1.2 Metodología de Análisis

Los niveles estáticos medidos se han referido al nivel del terreno, restándoles la altura del punto de medida al terreno. Estos valores se han puesto en un plano escala 1:25000 con la ubicación de pozos, para luego trazar sobre ellos las curvas de isoprofundidad del nivel estático.

Es necesario destacar que se ha empleado el criterio hidrogeológico en el trazado de las curvas para inferir lo que ocurre en zonas con poca información. En estos casos la profundidad del nivel estático se ha obtenido de superponer a la topografía del terreno la superficie piezométrica representada en el plano de Isopiezas.

6.1.3 Presentación de los Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en el Plano N°6, Lámina 1, denominado Isoprofundidad del Nivel Estático. Allí se observa que, para Enero de 1987, los niveles del sector Manflas, Jorquera y Pulido se presentan entre 9 y 54 metros de profundidad. Analizado por sectores se tiene lo siguiente:

- Los niveles más profundos, cercanos a los 50 metros, se presentan en las cercanías de la confluencia de los ríos Pulido y Jorquera. Estos niveles se hacen rápidamente más superficiales, para llegar a una profundidad cercana a los 25 metros en las cercanías de la junta con el río Manflas.

- En la parte alta del valle del río Pulido los niveles fluctúan entre 25 y 10 metros de profundidad, encontrándose los valores más superficiales en Quebrada Seca e Iglesia Colorada.

- El valle del río Manflas, de acuerdo a los antecedentes existentes, tiene niveles a una profundidad relativamente pareja, cercana a los 25 metros.

- Luego de la junta de ríos señalada, que da origen al río Copiapó, se tiene que los niveles se van haciendo más superficiales a medida que se avanza hacia el embalse Lautaro, encontrándose a 10 metros de profundidad en las cercanías de la cola del embalse.

6.2 Superficie Piezométrica y Sentido de Esguerrimiento de las Aguas Subterráneas

6.2.1 Antecedentes Empleados

Se denomina superficie piezométrica a la superficie de la napa subterránea, que se obtiene dando cota respecto de una referencia única al nivel del agua

- 20 -

medido dentro de pozos. Los antecedentes empleados para conocer la superficie piezométrica son los niveles estáticos medidos en una corrida de mediciones hecha en Enero de 1987, la misma que se usó para conocer la profundidad del nivel estático, y la cota de terreno de cada pozo, extraída de los planos escala 1:50000 con la ubicación de los pozos.

6.2.2 Metodología de Análisis

Partiendo de los antecedentes antes mencionados se ha calculado la cota piezométrica de cada pozo, como la diferencia entre su cota de terreno y la profundidad medida del nivel estático respecto del terreno.

Cabe señalar que no se comete un error apreciable al extraer las cotas de terreno de los pozos de los planos escala 1:50000, ya que en este caso se tiene una napa con un fuerte gradiente hidráulico y la forma de la superficie piezométrica por lo tanto no se ve influida por el error de más menos 5 metros con que se puede obtener la cota de terreno.

Las cotas piezométricas así determinadas se han puesto en planos escala 1:25000 y por interpolación entre puntos se ha obtenido las curvas isopiezas, que son las que representan la superficie piezométrica. En el trazado de las isopiezas se ha respetado la perpendicularidad al contacto roca - acuífero, para cumplir con la teoría del flujo subterráneo que señala que las isopiezas son perpendiculares a las líneas de flujo y que el borde impermeable es la línea de flujo nulo.

6.2.3 Presentación de los Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en el Plano N*7, Lámina 1. En él se observa que, en líneas generales, las isopiezas se disponen perpendiculares al eje longitudinal del valle, lo que significa que el escurrimiento subterráneo es fundamentalmente paralelo al eje del valle.

Respecto del gradiente hidráulico de la napa, la situación por sectores es la siguiente:

- 21 -

- En el valle del río Pulido el gradiente es de aproximadamente 2,5 ‰ hasta la junta con el valle del río Jorquera, donde baja bruscamente a 0,8 ‰ .

- En el valle del río Manflas se tiene un gradiente cercano a 3 ‰ en la zona de la Hacienda Manflas, cifra que baja a 1,5 ‰ hacia el inicio del río Copiapó, en la junta del río Manflas con el Jorquera.

- Desde el inicio del río Copiapó hasta el embalse Lautaro el gradiente es más o menos constante y vale aproximadamente 0,7 ‰ .

6.3 Variaciones del Nivel Estático

6.3.1 Antecedentes Empleados

Para conocer las variaciones del nivel estático de la napa, la Dirección General de Aguas (DGA) controla, desde hace un año, algunos de los pozos no explotados del sector, en los cuales mide mes a mes el nivel estático. En el sector en estudio se cuenta actualmente con 6 de estos piezómetros, que se han medido sólo desde 1986.

6.3.2 Metodología de Análisis

La información proveniente de todas las fuentes citadas se ha graficado en limnigramas, donde se ha incluido la totalidad de antecedentes disponibles. Luego se ha ubicado los gráficos en planos escala 1:25000, identificando en ellos los pozos correspondientes a los distintos limnigramas.

- 22 -

6.3.3 Presentación de los resultados

Las variaciones del nivel estático se presentan en el Plano N°8, Lámina 1. En él se observa lo siguiente:

- Prácticamente todos los limnigramas muestran para 1986 un descenso sostenido de niveles. Estos descensos son de distinta importancia según sea la zona considerada. En Pulido, al llegar al río Jorquera, se ha registrado un descenso de 12 metros, que son los mayores del sector en estudio. Esta cifra alcanza a sólo 4 metros en Rodeo, en el río Jorquera, y 7 metros en el río Manflas, al llegar a la confluencia con el río Jorquera. Aguas abajo de este punto, en las cercanías del embalse Lautaro, los descensos registrados alcanzan a 3,5 metros.

- Cabe señalar que lo anterior es el resultado de sólo un año de mediciones, período estadístico definitivamente poco significativo, más aún tratándose de aguas subterráneas, donde existe una fuerte inercia en las variaciones de estado de los embalses subterráneos.

6.4 Calidad Química

6.4.1 Antecedentes Empleados

Para el estudio de la calidad química de las aguas subterráneas se ha contado con los antecedentes recopilados en terreno en Enero de 1987 donde se ha medido la conductividad eléctrica de las aguas de 7 pozos y los 3 ríos afluentes al río Copiapó.

6.4.2 Metodología de Análisis

Los antecedentes antes señalados se han ubicado en un plano escala 1:25000 con la ubicación de pozos.

6.4.3 Presentación de los Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en el Plano N*12, Lámina 1, denominado Plano de Conductividades.

El Plano de Conductividades muestra que en el sector Manflas, Jorquera y Pulido, los valores para aguas subterráneas se encuentran entre 340 y 580 (umhos/cm), los que se distribuyen en forma prácticamente aleatoria en el área. Para las aguas superficiales se midió conductividades de 250 (umhos/cm) en el río Manflas, 280 (umhos/cm) en el río Pulido y 800 (umhos/cm) en el río Jorquera, valor muy alto que puede ser fruto de un error de medición. En el río Copiapó se registró 320 (umhos/cm) en Pastillo y 410 (umhos/cm) aguas abajo del embalse Lautaro.

6.4.4 Posibles Usos del Agua

No existen normas de calidad de agua respecto de su conductividad. No obstante, por las relaciones que hay entre conductividad y total de sólidos disueltos y la experiencia obtenida en el resto del valle, se puede decir que es poco probable que haya restricciones en el uso de las aguas subterráneas y superficiales del sector Manflas, Jorquera y Pulido.

7. FUNCIONAMIENTO DEL EMBALSE SUBTERRANEO

En los capítulos precedentes se ha descrito e ilustrado el comportamiento del embalse subterráneo a través de las variables que lo caracterizan. Corresponde ahora integrar todos estos elementos para conocer cómo funciona el acuífero y poder definir la mejor forma de explotarlo.

A continuación se describe las fuentes de recarga y descarga, o entradas y salidas, del acuífero, las que luego se cuantificarán en la medida de lo posible, en el capítulo del Balance Hídrico del Embalse Subterráneo. En la figura 7.1 se presenta un esquema de funcionamiento del acuífero.

7.1. Entradas de Agua al Acuífero

Estas se producen básicamente por cinco conceptos, que son:

- Recarga Lateral desde Acuíferos Vecinos
- Infiltraciones de Riego
- Infiltraciones del río Copiapó
- Infiltraciones Directas de Lluvias

Más en detalle estos elementos se refieren a lo siguiente:

a) Recarga Lateral desde Acuíferos Vecinos

Estos se refieren a dos tipos de recarga lateral: la que proviene del escurrimiento subterráneo de los acuíferos de aguas arriba del sector estudiado y aquella que entregan subterráneamente las quebradas que llegan al valle del río Copiapó.

La primera, que es la más importante de las dos, depende de la situación de los embalses subterráneos de aguas arriba. Normalmente su valor es relativamente constante, tanto mensual como anualmente, variando lentamente frente a los cambios de la hidrología superficial debido a la inercia que tienen los embalses

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO
DEL EMBALSE SUBTERRANEO DE:

RIOS : MANFLAS , JORQUERA Y PULIDO

I. LLUVIA I. DESDE LOS RIOS I. RIEGO I. CANALES

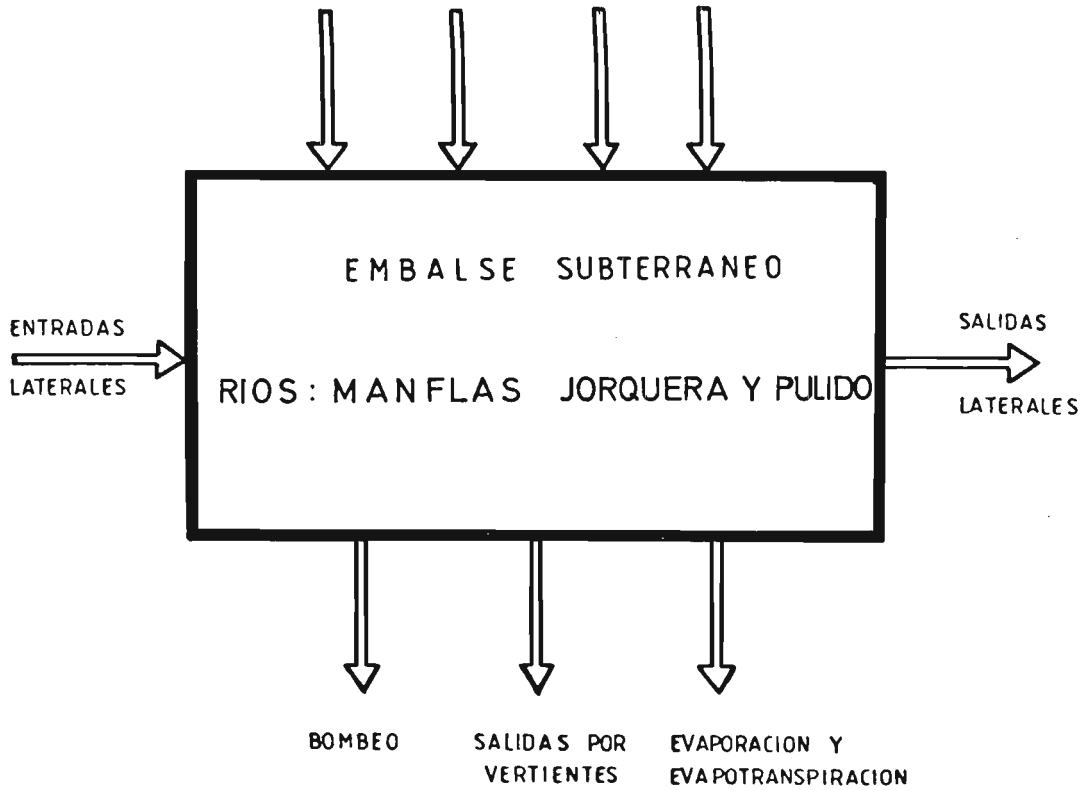


FIGURA 7.1

subterráneos.

Las recargas subterráneas desde quebradas están muy influenciadas por el régimen de lluvias, y corresponden al drenaje de las aguas lluvias que se infiltran en el relleno permeable bajo sus cauces. Por su origen, esta recarga es tan esporádica como las lluvias que las provocan.

b) Infiltraciones de Riego

Corresponde a uno de los factores de recarga más importantes en el área y puede dividirse en dos según la etapa del regadío en que se produce la infiltración.

En primer lugar se tiene las infiltraciones provenientes por pérdidas en canales, tanto en los principales como en toda la red de distribución secundaria.

El otro tipo de infiltraciones son aquellas que ocurran a nivel predial, por la percolación profunda de parte del exceso de agua aplicada al riego. Este tipo de infiltraciones depende de la textura del suelo, el método de riego y su eficiencia.

En cuanto al método de riego se debe decir que en el sector estudiado se ha introducido en los últimos años el riego tecnificado de alta eficiencia, particularmente el riego por goteo, que significa menores infiltraciones de riego pero que, al mismo tiempo, demanda menos agua.

c) Infiltraciones del río Copiapó

Como se analizó en el capítulo anterior, constituyen, junto con las infiltraciones de regadío, la principal fuente de recarga del acuífero.

Cada uno de los tres ríos que hay en el sector puede infiltrar prácticamente a lo largo de todo el área en estudio, debido tanto a los niveles de la napa más profundos que el agua en los ríos como a la limpieza de sus cauces y sus aguas, que producen una buena comunicación hidráulica de cada uno con el acuífero.

d) Infiltraciones Directas de Lluvias

En el área de estudio las lluvias son tremendamente esporádicas y escasas. Por esto se ha considerado irrelevante su aporte al acuífero, particularmente por su irregularidad en el tiempo.

7.2. Salidas de Agua desde el Acuífero

Las descargas del acuífero son las siguientes:

- Descarga Lateral hacia Acuíferos Vecinos
- Descarga por Evaporación y Evapotranspiración en Zonas de nivel Estático Alto.
- Descarga por Bombeo
- Descarga por Vertientes

Su significado se explica a continuación

a) Descarga Lateral hacia Acuíferos Vecinos

En forma análoga a las entradas laterales, las descargas laterales son los caudales subterráneos que el embalse subterráneo entrega a los acuíferos que se hallan aguas abajo de él.

En este caso la única descarga lateral viene dada por el escurrimiento subterráneo desde el acuífero estudiado hacia el embalse subterráneo vecino hacia aguas abajo.

b) Descarga por Evaporación y Evapotranspiración

Donde la napa presenta altos niveles estáticos, se producen descargas tanto por evaporación directa como evapotranspiración de la vegetación natural que se alimenta con las aguas del acuífero (llamados freatófitos).

Ahora bien, en el área estudiada no existen sectores con niveles estáticos altos, lo que no permitiría este tipo de descarga del acuífero.

c) Descarga por Bombeo

Como se sabe, el agua subterránea representa una importantísima fuente de abastecimiento en el Valle del río Copiapó.

En el área estudiada se bombea desde el embalse subterráneo para el abastecimiento de dos tipos diferentes de usuarios: el agua potable y regadío agrícola. De estos dos el primero es utilizado para abastecer las necesidades de algunos fundos, pero debido a su pequeña magnitud se despreciarán. El regadío en cambio, usa tanto recursos superficiales como subterráneos. En el área de estudio el bombeo de pozos para riego normalmente se usa para suplir la escasez de aguas superficiales, lo que se traduce en que casi no se usen estos pozos en años húmedos como han sido los del período 1981-1985.

d) Descarga por Vertientes

En el área de estudio tal como se vio en el punto de descargas por evaporación y evapotranspiración no existen sectores con niveles estáticos altos, esto hace que no existan vertientes en ninguno de los 3 valles que conforman el sector.

8. BALANCE HIDRICO DEL EMBALSE SUBTERRANEO

Por Balance Hídrico se entiende la cuantificación de las diferentes entradas y salidas de agua hacia y desde el embalse subterráneo.

Su evaluación se ha hecho en base a la información disponible, que es limitada. Por esto el grado de precisión de las cifras que se presenta queda restringido a la calidad de los antecedentes empleados.

8.1. Entradas por Agua al Acuífero

Como se ha dicho en el capítulo anterior, corresponden a:

- Recarga Lateral desde Acuíferos Vecinos
- Infiltraciones de Riego
- Infiltraciones del Río Copiapó
- Infiltraciones Directas de Lluvias

a) Recarga Lateral desde Acuíferos Vecinos

Para cuantificar las entradas laterales que tiene el acuífero en el sector estudiado se deben tener en cuenta que el área en estudio se compone por tres valles independientes, su confluencia y el valle formado por la unión de los tres. Los tres ríos que confluyen para formar el río Copiapó son: río Jorquera, río Manflas y río Pulido.

Es por esto que esta recarga se estudiará en forma independiente para cada uno de los ríos nombrados, considerando el límite superior del área estudiada el lugar en que se encuentra el último pozo con información de cada valle.

Para cuantificarla se ha empleado la relación:

$$Q = T \cdot i \cdot L \text{ (m}^3\text{/s)}$$

con T = Transmisividad del relleno (m³/s/m)

i = Gradiente Hidráulico de la Napa (°/1)

L = Ancho del Valle (m)

- 30 -

En el caso del río Jorquera, la fórmula se ha evaluado en la sección donde se ubica el pozo 28°00' - 69°50' A-5. Aquí el ancho del valle es de 360 mt. aproximadamente, el gradiente hidráulico de 1,13% y la transmisividad de 10.350 (m³/día/m), equivalentes a 0.12 (m³/s/m), con lo que se llega a:

$$Q = 0.12 \times \frac{1.13}{100} \times 360 = 0.488 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

En el río Pulido, la fórmula se ha evaluado en la sección donde se ubica el pozo 28°00' - 69°50' D-4. Aquí el ancho del valle es de 270 mt. aproximadamente, el gradiente hidráulico de 1,79% y la transmisividad 2.370 (m³/día/m) equivalentes a 0.0274 (m³/s/m), con los que se llega a:

$$Q = 0.0274 \times \frac{1.79}{100} \times 270 = 0.132 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Por último en el río Manfías la fórmula se ha evaluado donde se ubica el pozo 28°00'-69°50' C-1. Aquí el ancho del valle es de 220 mt. aproximadamente, el gradiente hidráulico de 3,3% y una transmisividad, estimada por similitud con el río Pulido de 2400 (m³/día/m), equivalentes a 0.0278 (m³/s/m) con lo que se llega a:

$$Q = 0.0278 \times \frac{3.3}{100} \times 220 = 0.202 \text{ m}^3\text{/s}$$

Por lo tanto la recarga total proveniente de acuíferos vecinos es de 822 l/s, equivalentes a 25.92 Mm³/año.

b) Infiltraciones de Riego

Evaluar las infiltraciones de riego es una labor realmente compleja por la gran cantidad de factores involucrados.

Un conocimiento acabado del fenómeno involucra un extenso trabajo de terreno, con aforos diferenciales en canales, y a la entrada y salida de predios seleccionados para conocer los volúmenes infiltrados.

Es por esto que se han realizado corridas de aforos diferenciales en algunos canales del valle, las que junto a un estudio sobre tasas de riego y superficies cultivadas realizado para este informe, permitirán calcular las infiltraciones del riego con la precisión requerida.

Se debe tener en cuenta que el cultivo predominante en el área estudiada es el de vides, por lo que los requerimientos del riego corresponden a las variaciones de la demanda de agua de los parronales, con las consecuentes variaciones de los caudales en los canales de riego.

Con respecto al riego, se debe decir que es abastecido en casi su totalidad con aguas superficiales, las que son conducidas por una red de canales que se reparten el agua del río de acuerdo a los derechos de cada uno. Existe además algunos pozos que sirven para abastecer los requerimientos de 170 há de cultivos, y otros pozos, actualmente sin uso, que se mantienen como reserva para suplir la posible escasez de aguas superficiales.

El cálculo del volumen anual infiltrado por concepto de riego se ha realizado dividiéndolo en tres temas:

- Infiltraciones por regadío predial
- Infiltraciones desde Canales Matrices
- Infiltraciones desde la red secundaria.

Cada uno de los cuales se ha basado en estudios realizados en terreno y en informes relacionados que se habían desarrollado con anterioridad al presente estudio.

Infiltración por Regadío Predial

El caudal de agua que ingresa al acuífero por concepto de regadío predial depende de los siguientes factores principales:

- Características de Capacidad de Infiltración del Suelo en que se efectúa el Cultivo.

- 32 -

- Tipo de Cultivo y Dotaciones de éste.
- Eficiencia de Riego a Nivel Predial

Para el primer aspecto, basado en las observaciones de terreno y de fotos aéreas se considera que los suelos cultivados en el área de estudio tienen una capacidad de infiltración homogénea.

Por otro lado, el tipo de cultivo que predomina en el sector es el de vides, las que son regadas por medio de goteo. Además existen algunas hectáreas con hortalizas y praderas regadas por medio de surcos y tendido respectivamente, pero debido a su pequeña cantidad no son de importancia frente a los primeros.

Ahora bien, para los sectores regados por medio de goteo se considerará que todo el exceso de agua aplicado al cultivo percola, no produciéndose escorrentía superficial.

Para el riego por surcos en cambio, se considerará en una primera aproximación que el exceso de agua aplicada a los cultivos se divide en partes iguales entre escurrimiento superficial y percolación. Lo anteriormente expuesto se resume en las siguientes relaciones:

Riego por Goteo:

$$P = Tr - ETr$$

Riego por Surcos:

$$P = 0,5 \times (Tr - ETr)$$

en que:

P = Percolación

Tr = Tasa de Riego

ETr = Evapotranspiración real del Cultivo

El valor del 50% de infiltración obedece a una consideración de orden práctico, en que se asume que para el total del sector esto puede ser cierto. No obstante existirán grandes diferencias a nivel predial entre uno y otro predio y para diferentes cultivos. De tal manera que en un sector amplio como el que nos ocupa,

esta cifra representa un valor medio de los diferentes predios, el cual se encuentra avalado por estudios y mediciones efectuados en otros valles de similares características.

Los cultivos a que se dedican los suelos del área de estudio se encuentran definidos en los Planos de Uso Actual de la Tierra, que se presentan en el Tomo N° 1, En donde se observa que la mayoría de éstos corresponden a Vides, existiendo además algunas hectáreas con Praderas y Hortalizas. Las superficies ocupadas por cada uno de estos rubros de cultivos se entrega en el Cuadro adjunto N° 8.1.

CUADRO N° 8.1

DISTRIBUCION DE CULTIVOS DEL SECTOR

RIOS MANFLAS-JORQUERA Y PULIDO

TIPO DE CULTIVO	SUPERFICIE (Há)
Vides	513,2
Hortalizas	3,1
Praderas	6,3
T O T A L	522,6

Como puede apreciarse, del total de 522,6 Há cultivadas en el área de estudio un 98,3% corresponde a Vides y un 1,7% a Praderas y Hortalizas.

En relación con la dotación, debido a que la finalidad de este capítulo es obtener un balance a nivel anual, no se incluye la distribución mensual de las demandas de agua de cada cultivo, entregándose solamente los valores anuales de los requerimientos reales del cultivo.

En el Cuadro N° 8.2 adjunto, se entrega para cada tipo de cultivo, la evapotranspiración real (ETr).

CUADRO N° 8.2DOTACIONES POR CULTIVOS (m³/Há/año)

TIPO DE CULTIVO	ETr
Vides	8.790
Hortalizas	8.163
Praderas	17.379

Con respecto a las eficiencias de riego se considera que los cultivos de vides son regados en un 80% con sistema de goteo, en un 17% por surcos y un 3% por tendido, porcentajes similares al promedio del valle, y que las eficiencias de cada uno de estos métodos es la siguiente:

CUADRO N° 8.3EFICIENCIAS DE RIEGO

SISTEMA	EFICIENCIA (%)
Goteo	80
Surcos	50
Tendido	45

En base a las consideraciones expuestas anteriormente con respecto a dotaciones, sistemas de riego, eficiencias, superficies cultivadas y porcentajes de infiltración según el método de riego, se confecciona el cuadro adjunto que resume los datos anteriores y entrega como resultado el total infiltrado en el área de estudio.

CUADRO N° 8.4INFILTRACION EN EL SECTORRIOS MANFLAS-JORQUERA Y PULIDO

TIPO DE CULTIVO	ETr (m ³ /Há/año)	Tr (m ³ /Há/año)	P (m ³ /Há/año)	S Há	Pt (Mm ³ /año)
Vides	8.790	12.365	2.666	513.2	1.37
Hortalizas	8.163	16.326	4.082	3.1	0.01
Praderas	17.379	38.620	10.620.5	6.3	0.07
T O T A L					1.45

Según los resultados obtenidos en el cuadro anterior, en el sector de los ríos Manflas-Jorquera y Pulido se tiene una entrada de 1.45 Mm³/año por concepto de infiltración por riego a nivel predial, valor que deberá verse aumentado por las infiltraciones de las redes primarias y secundarias de canales de riego.

Infiltraciones en Canales Matrices

Para el análisis de infiltración en canales matrices se han realizado algunas corridas de aforos en diversos canales del valle de Copiapó, las que se resumen en el Cuadro N° 8.5.

CUADRO N° 8.5TASAS DE INFILTRACION MEDIDAS EN CANALESAÑO 1986 VALLE DEL RIO COPIAPO

CANAL	LONG. TRAMO	Q(l/s) Entrada	Q (l/s) Salida	Infiltraciones		
				l/s	%/km	
Punta Negra	20.11.86	465	23	17	6	40.4
Hijuela Abello	01.12.86		93	96	-3	
El Arenal	27.11.86	670	78	83	-5	
El Arenal	01.12.86	670	89	87	2	3.4
El Buitrón	11.12.86	750	201	190	11	7.3
Bodega	29.11.86	883	341	339	2	0.7
Piedra Colgada 2	11.12.86	1325	174	122	52	22.6
Perales	11.12.86	1510	26	21	5	12.7

Se debe tener en cuenta la validez relativa de las medidas entregadas en el cuadro anterior, debido a que éstas son sólo puntuales y que en los casos de diferencias pequeñas entre los caudales entrantes y salientes, el error producido en cada aforo (realizado con molinete), puede no ser despreciable frente a las infiltraciones en el tramo.

Ahora bien, basados en los datos del Cuadro N° 8.5 y en datos de aforos diferenciales realizados en estudios anteriores, se determinó la infiltración media de los canales del sector, la que se entrega en el Cuadro N° 8.6. La obtención de estos resultados se explica en detalle en el Tomo # 3 "Infraestructura de Riego" y está basada en el método de Moritz.

- 37 -

CUADRO N° 8.6TASAS DE INFILTRACION DETERMINADASSEGUN EL METODO DE MORITZ

CANAL	PERDIDAS POR INFILTRACION (%/Km)
Manflas N° 1	7.5
Gringo Hijuelas	17.0
Carrizalillo Grande	10.7
Junta de Montosa	7.1
Iglesia Colorada	18.3
Quebrada Seca	12.3
Carrizalillo	10.2
Los Hornos O.I.	9.9
Los Hornos O.D.	8.3
Peña Negra	13.6
Pulido o Molino	10.8
Tarola	8.5
Rodeo	6.9
Pastillo	29.6
PROMEDIO	12.2

Además de los resultados expuestos anteriormente, se considerará estudios anteriores realizados en el valle y estudios realizados en los valles del Elqui y del Choapa.

En el valle de Copiapó se ha realizado experiencias de infiltración en canales ubicados en el sector Nantoco-Copiapó, obteniéndose valores comprendidos entre 4,5 y 25%/Km con una media del orden 10% (Tabla 4.4 Infiltración en canales de Regadío. Plan maestro de acción inmediata para el desarrollo de los recursos de agua y suelo del valle de Copiapó 1980).

Estudios realizados por nuestra empresa en el valle del río Choapa durante el año 1982 incluyeron una serie de experiencias de pérdidas por infiltración en canales, las que dieron valores comprendidos entre 2% y 32% por kilómetro referido al caudal de entrada. Ello para canales en sectores similares a los que se encuentran los del valle de Copiapó.

Por último, también hemos realizado experiencias similares en canales del sector Las Rojas-Punta de Piedra en el valle del Elqui, en los cuales se obtuvieron valores comprendidos entre 1.3% y 29%/km con una media de 9,3%/km referido al caudal de entrada. Esto, al igual que en los casos anteriores, se realizó en canales que se encuentran en terrenos y sectores similares a los que se encuentran en el valle de Copiapó.

Se debe hacer notar que los derechos de aguas de los canales estudiados son expresados como caudal y no como porcentaje. Captándose estos por medio de bocatomas y bombes desde el río.

Junto a esto se debe considerar que los canales del sector no funcionan continuamente, puesto que mantienen un sistema de turnos para captar las aguas que trae el río, el cual consiste en un número de horas semanales de turno para cada canal.

En base a los resultados y consideraciones anteriormente expuestas, parece aconsejable y hasta cierto punto de vista conservador emplear un valor de 5%/km para

cada canal en el sector estudiado, valor que resume la infiltración potencial medida en canales similares y la intermitencia de su uso, y que desde el punto de vista de la recarga del acuífero es un valor conservador.

Por último, para determinar el caudal infiltrado por la red de canales matrices, se ha determinado el caudal de entrada a cada canal basándose en los antecedentes entregados en estudios anteriores.

En el cuadro anterior se resume la situación de 1977, en la cual los canales del río Manflas, canales Manflas y Gringo Hijuelas, tienen derechos sobre las aguas del río mientras ésta no sobrepase los 300 l/s. En ese caso estos se someterán a turnos, de manera de dejar pasar el resto hacia los distritos.

Por otro lado, en 1977 el río Jorquera era dejado pasar completo hacia los distritos de riego. Hoy en día, la situación ha cambiado y se otorgaron derechos al canal rodeo los que corresponden a un caudal continuo de 57.14 l/s.

Por último, en el río Pulido la situación en 1977 es la siguiente. Se derivan 120 l/s durante 24 horas cada 7 días y su saldo hacia los distritos, es decir, se deriva un caudal continuo de 17.14 l/s para los canales del valle del Pulido.

Ahora, si se observa la estadística fluviométrica del río Pulido en vertedero, el caudal derivado corresponde al 2.1% del caudal medio observado en 1977. Se observa además que el río mantiene un régimen bastante parejo durante los años, y como el año 1986 es considerado un año de pluviosidad media, se acepta que el valor derivado en 1977 es equivalente al de 1986.

Con respecto al río Manflas, se considera que durante 1986 el caudal del río excedió los 300 l/s con lo que los derechos de los canales del valle alcanzaron la misma cifra.

Basándose en estas consideraciones, se construye el Cuadro N° 8.8, en el que se determinan los caudales infiltrados parciales y totales.

CUADRO N° 8.8CAUDAL INFILTRADO EN CANALES DEL SECTOR DE
LOS RIOS MANFLAS-JORQUERA Y PULIDO

CANAL	LONGITUD (km)	CAUDAL (l/s)	INFILTRACION (l/s)
Manflas	2.85	272.8	38.9
Gringo Hijuelas	2.5	27.2	3.4
Carrizalillo Grande	1.8	2.86	0.26
Junta de Montosa	0.85	1.43	0.06
Iglesia Colorada	5.36	3.21	0.86
Quebrada Seca	2.64	2.14	0.28
Carrizalillo	1.49	1.79	0.13
Los Hornos	5.31	2.86	0.76
Peña Negra	3.96	1.43	0.28
Pulido o Molino	3.87	2.62	0.51
Tarola	2.49	3.57	0.44
Rodeo	1.50	57.14	4.29
Pastillo	4.32	4.76	1.03
			51.1 l/s
			= 1.61 Mm ³ /año

Infiltración en la Red Secundaria

Este es un tema de difícil cuantificación debido por una parte a la variabilidad de los caudales que circulan por los canales como también el hecho de que no es constante su funcionamiento.

Sobre la base de experiencias aisladas y teniendo presente que los trazados de estos canales van por lechos en general permeables, se puede adoptar una cifra similar a la infiltración por regadío predial de los sectores regados por medio de surcos o por bordes. Esto significa considerar un valor de $0.55 \text{ Mm}^3/\text{año}$ como infiltración en la red de canales secundaria.

En resumen, y de acuerdo con la discusión precedente, se obtiene un total de ingresos al acuífero como producto de infiltración por el sistema de riego ascendente a $3.61 \text{ Mm}^3/\text{año}$, que se desglosa como sigue:

Infiltración en canales matrices	1.61	$\text{Mm}^3/\text{año}$
Infiltración en canales secundarios	0.55	$\text{Mm}^3/\text{año}$
Infiltración por regadío predial	1.45	$\text{Mm}^3/\text{año}$
T O T A L	3.61	$\text{Mm}^3/\text{año}$

c) Infiltraciones desde el río

En el área estudiada las infiltraciones desde los ríos son una fuente importante de recarga del acuífero subterráneo. En este sector se tiene infiltraciones desde los ríos Manflas, Jorquera y Pulido y desde el río Copiapó en el tramo Las Juntas - Embalse Lautaro.

Debido a la inexistencia de información sobre infiltraciones en el sector sobre el Embalse Lautaro, se realizó una corrida de aforos por cada río. La cual arrojó los siguientes resultados.

- Río Jorquera desde "toma el Rodeo" hasta antes "Junta Pulido", se produce alternancia de recuperaciones e infiltraciones de pequeña magnitud. Se considera infiltraciones nulas.
- Río Pulido desde "Iglesia Colorada" hasta "Junta con Jorquera", se tiene infiltraciones de 845 l/s con un 49.6% de pérdidas.

- 42 -

- Río Manflas desde "Vertedero" hasta antes de "Junta", se tiene infiltraciones de 61 l/s con un 9.4% de pérdidas.
- Por último, el sector entre Estación Pastillo y Embalse Lautaro, no reflejó pérdidas ni recuperaciones.

De lo que se puede concluir que:

"A nivel de los tres ríos en conjunto se tiene que las pérdidas totales (897 l/s) equivalen a un 29,9% del total de agua entrada en los tres ríos. Si se considera sólo los tramos desde las respectivas estaciones de control fluviométrico, las pérdidas totales son 596 l/s para un caudal pasante de 2.575 l/s con un 23.1% de pérdidas.

Se debe tener en cuenta que la situación descrita corresponde a una fecha puntual Diciembre de 1986 y no refeleja el comportamiento del año completo. Además, estos aforos por haber sido realizados con molinete y en secciones no aptas para hacerlo, tienen un error implícito que debe tenerse en cuenta.

Por otro lado se tiene estadísticas de los caudales pasantes por las estaciones de aforo de cada uno de los tres ríos y la de la estación Pastillo. Debido a que ésta estadística no está completa para 1986, se adoptará los valores de 1982, año considerado similar al del estudio. Según la cual los caudales medios pasantes por cada estación son los siguientes:

CAUDALES MEDIOS DE 1982

ESTACION	CAUDAL (m ³ /s)
Pulido en Vertedero	1.09
Manflas en Vertedero	0.46
Jorquera en Vertedero	0.51
Copiapó en Pastillo	1.83

La relación existente entre estos caudales es la siguiente:

$$Q_{PUL} + Q_{MAN} + Q_{JOR} - Q_{PAST} = Q_{INF} + Q_{CAN}$$

- En que: Q_{PUL} = Pulido en Vertedero
 Q_{MAN} = Manflas en Vertedero
 Q_{JOR} = Jorquera en Vertedero
 Q_{PAST} = Copiapó en Pastillo
 Q_{INF} = Caudal Infiltrado
 Q_{CAN} = Caudal Extraído por Canales

El caudal extraído por canales (Q_{CAN}) corresponde a la suma de los canales siguientes:

- Manflas	44.8 (l/s)
- Gringo Hijuelas	27.2 (l/s)
- Pulido o Molino	2.62 (l/s)
- Tarola	3.57 (l/s)
- Pastillo	4.76 (l/s)
	<hr/>
	82.95 (l/s)

El canal Manflas, pese a captar 300 l/s, sólo usa 44.9 l/s que corresponde a las necesidades para regar 70 há. de parronales con goteo; 10 há. de Hortalizas por tendido y 10 há. de praderas por tendido. El resto debe ser devuelto al río, por lo que no se debe considerar.

Con lo que se obtiene un caudal infiltrado de 147 l/s en el tramo entre los vertederos y la estación Pastillo, valor que corresponde al 7,1% del caudal entrante.

Según los aforos realizados en Diciembre de 1986, el caudal infiltrado total es 1,5 veces mayor al infiltrado entre los vertederos y la estación Pastillo, por lo que se tendría un caudal infiltrado de 220 l/s equivalentes a 6.95 Mm³/año.

d) Infiltraciones Directas de Lluvia

En el área de estudio las lluvias son tremendamente esporádicas y escasas. Por esto se ha considerado irrelevante su aporte al acuífero, particularmente por su irregularidad en el tiempo.

8.2 Salidas de Agua desde el Acuífero

Como se ha dicho antes estas se producen por los siguientes factores:

- Descarga Lateral hacia Acuíferos Vecinos
- Descarga por Evaporación y Evapotranspiración en zonas de Nivel Estático Alto.
- Descarga por Vertientes
- Descarga por Bombeo

a) Descarga Lateral hacia Acuíferos Vecinos

La descarga lateral hacia el acuífero de aguas abajo, que es la única que se tiene, se ha calculado en forma análoga a través de la fórmula.

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

Por el sector de Algarrobo - La Virgen el gradiente de la napa llega a $i = 0.68$ el ancho del valle alcanza $L = 680$ metros y la transmisividad bordea los $T = 4200$ ($m^3/día/m$), equivalentes a $T = 0.0486$ ($m^3/s/m$). Estos valores dan un caudal subterráneo saliente de:

$$Q = 0.0486 \cdot \frac{0.68}{100} \cdot 680 = 0.225 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

equivalentes a un volumen anual de $7,1 \text{ Mm}^3$.

Debe quedar claro que esta cifra es aproximada por la estimación que se ha hecho de los valores de transmisividad en especial. Además se ha calculado para el gradiente hidráulico de Diciembre de 1986, aunque la situación no debiera ser muy diferente para otros niveles.

b y c) Descargas por Evaporación y Evapotranspiración en Zonas de Nivel Estático Alto y descargas por Vertientes.

Tanto las descargas por evaporación y evapotranspiración como las descargas por vertientes ocurren en sectores con niveles estáticos de la napa cercanos a la superficie.

Debido a que esta situación no se presenta en el área de estudio, las descargas por este concepto no existen.

d) Descarga por Bombeo

En el área de estudio el bombeo de aguas subterráneas se utiliza para abastecer las necesidades de riego. Para este fin solo existen 3 pozos que bombean en forma permanente, existiendo otros pozos destinados a suplir la escasez de los recursos superficiales en los períodos que ésta ocurra. En todo caso, durante 1986 estos últimos han estado sin uso.

En el Cuadro 8.10 se entrega las superficies regadas y los volúmenes bombeados por cada pozo destinado a riego.

CUADRO N° 8.10

VOLUMENES BOMBEADOS PARA REGADIO EN EL
SECTOR DE LOS RIOS MANFLAS-JORQUERA Y PULIDO

POZO	SUP. REGADA (Há)	VOL. BOMBEADO (Mm ³ /año)
28°00' -69°50' A-2	50	0.62
28°00' -69°50' A-4	50	0.62
28°00' -69°50' A-6	70	0.87

2.11

8.3 Balance Hídrico

El Balance Hídrico corresponde a la integración de todos los factores de recarga y descarga cuantificados anteriormente, lo que se expresa en la relación.

$$\text{RECARGA} - \text{DESCARGA} = \text{VARIACION DE ALMACENAMIENTO}$$

Como naturalmente esta relación varía de un período a otro, se ha hecho el cálculo para la situación existente en el año 1986.

Se ha determinado que las variaciones de almacenamiento son nulas, debido a que los niveles controlados durante 1986 no presentan una variación significativa con respecto a los del año anterior.

En el Cuadro N° 8.13 se presenta los resultados del Balance Hídrico.

CUADRO N° 8.13BALANCE HIDRICO ANUAL PARA EL EMBALSE SUBTERRANEODEL SECTOR LA PUERTA-MAL PASO

FACTOR	VOLUMEN (Mm ³)
<u>Entradas</u>	
Recarga Lateral	25.92
Inf. Canales Matrices	1.61
Inf. Canales Secundarios	0.55
Inf. Riego	1.45
Inf. Río	6.95
T O T A L	36.48
<u>Salidas</u>	
Descarga Lateral	7.1
Evaporación y Evapotranspiración	0
Vertientes	0
Bombeo	2.11
T O T A L	9.21
<u>Variación de Almacenamiento</u>	
Calculada	+ 27.27
Observada	

8.4. Discusión de los Resultados

Como se ve, existe una diferencia entre las variaciones de almacenamiento observada y calculada. Esto significa que uno o varios factores de recarga y descarga están mal estimados.

Por un lado, la diferencia de almacenamiento observada es negativa, es decir, las salidas del embalse subterráneo son mayores que las entradas. Esto se ve claramente en los gráficos de variación de niveles, en los cuales durante 1986 los niveles estáticos se han ido profundizando.

La variación de almacenamiento calculada en cambio, entrega como resultado una variación positiva, es decir, un volumen de entradas mayor que el de salidas. Este resultado se debe entonces, a la sobrevaloración de las entradas o a la subvaloración de las salidas del acuífero.

Analizando primero las entradas se ve claramente que el valor calculado para las entradas laterales es el que las estaría sobrevalorando. Un valor de esta magnitud produce, en un acuífero de estas dimensiones, un desequilibrio en el balance que no es real.

El cálculo de las entradas laterales se realizó utilizando la información entregada por los pozos existentes en cada uno de los 3 valles que entran al sector.

Esta información, especialmente en lo que se refiere a transmisividad, tiene gran influencia en los resultados obtenidos. Es por esto que se debe tener en cuenta la forma en que se obtuvo.

Debido a que en los pozos del sector no se realizaron pruebas de bombeo de caudal constante que permitieran conocer directamente la transmisividad del acuífero, y solo se realizaron pruebas de gasto variable de los cuales se obtuvo los caudales específicos de cada pozo. Se debió aplicar la relación caudal específico-transmisividad obtenida en el capítulo "Características Hidráulicas de la Napa". Esta relación puede no reflejar el comportamiento del acuífero del sector

estudiado, generando por lo tanto, un error importante en el cálculo en discusión.

Lo mismo ocurre en el cálculo de la descarga lateral, la que fue calculada en la misma forma que las recargas laterales, teniendo por esto las mismas consideraciones con respecto a errores cometidos.

En cuanto a los otros términos del balance, la magnitud de sus volúmenes parecen razonables para un acuífero de estas dimensiones, y no tienen una influencia muy marcada en el resultado final.

Por otro lado, si se analiza las salidas o descargas del acuífero, se ve que estas corresponden solo a la descarga lateral y a los bombeos, no produciéndose descargas por evaporación desde vegas ni vertientes. Esto hace pensar en la existencia de alguna otra salida que permita equiparar las entradas que se tienen. Una posible salida sería la existencia de un acuífero de mayor permeabilidad ubicado bajo el acuífero estudiado, que permita un aumento importante de las descargas laterales.

Debido a la falta de antecedentes que permitan mejorar el resultado del balance, este se estudiará con más detalles cuando se realice el modelo hidrogeológico de este sector.

ANEXO N*1

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES MEDIDOS EN ENERO DE 1987

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUENO	NIV. EST. (m.)	CONDUCT. (uños/cm)	C. TERRENO (m.s.n.m.)	C. PIEZOM. (m.s.n.m.)
ZONA MANFLAS, JORQUERA, PULIDO Y JUNTAS							
2800-6950	A-1	Hacienda Pulido	Tur. y Hot. Cabo de Hornos	47.00		1240.0	1193.0
	A-2	Fundo La Junta	Alfonso Prohens	47.56		1230.0	N.D.
	A-3	Hacienda Manflas	Agr. La Manflas Ltda.	23.34		1180.0	1156.7
	A-4	Fundo Pastillo	Alfonso Prohens	19.65		1150.0	1130.4
	A-5	Fundo Rodeo	Alfonso Prohens	53.62		1260.0	1206.4
	A-6	Hacienda Manflas	Agro 7 Amigos Ltda.		580.0	1230.0	
	A-7	Hacienda Pulido	Tur. y Hot. Cabo de Hornos	51.57	340.0	1245.0	1193.4
	A-8	Hacienda Pulido	Tur. y Hot. Cabo de Hornos	53.95	380.0	1245.0	1191.1
	A-9	Hacienda Pulido	Tur. y Hot. Cabo de Horno				
2800-6950	C-1	Hacienda Manflas	Soc. Agr. Manflas	24.97		1450.0	1425.0
	C-2	Hacienda Manflas	Soc. Agr. Manflas	28.44	520.0	1300.0	1271.6
2800-6950	D-1	Iglesia Colorada	Agroandina	9.10	440.0	1600.0	1590.9
	D-2	Iglesia Colorada	Agroandina	29.53	550.0	1560.0	1530.5
	D-3	Quebrada Seca	Lincoyán Cruz	9.07	440.0	1500.0	1490.9
	D-4	Quebrada Seca	Agroandina	20.89		1530.0	1509.1
	D-5	Los Hornos	Tur. y Hot. Cabo de Hornos				