GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN

INFORME TÉCNICO

# ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA OPERACIÓN DEL POZO SEP-1 DE FCAB SOBRE EL RÍO LOA Y EL ACUÍFERO DE CALAMA

REALIZADO POR:

División de Estudios y Planificación

SDT Nº 347

Santiago, Septiembre de 2013

**Equipo de trabajo**

Michael Finger.

Miguel Ángel Caro H.

Adrián Lillo Z.

TABLA DE CONTENIDOS


**1 INTRODUCCIÓN ..... 1**

**2 OBJETIVO ..... 1**

**3 ANTECEDENTES ..... 1**

**4 ANÁLISIS DE ANTECEDENTES HIDROGEOLÓGICOS ..... 2**

4.1 ANTECEDENTES GEOLÓGICOS ..... 2

4.2 ANTECEDENTES GEOFÍSICOS ..... 4

4.3 ANTECEDENTES HIDROQUÍMICOS ..... 1

4.4 MODELO HIDROGEOLÓGICO ..... 2

4.5 ANTECEDENTES LEGALES ..... 2

**5 BALANCE GENERAL ..... 3**

5.1 RECARGA DIRECTA ..... 3

5.2 RECARGA DE CONTORNO ..... 5

5.3 OFERTA HÍDRICA ..... 5

5.4 DEMANDAS ..... 5

5.5 DISPONIBILIDAD ..... 6

**6 ANÁLISIS DE PARÁMETROS ELÁSTICOS, RADIO DE INFLUENCIA E INTERFERENCIA ..... 6**

6.1 PARÁMETROS ELÁSTICOS ..... 6

6.2 RADIO DE INFLUENCIA ..... 7

6.3 INTERFERENCIA ..... 8

**7 MODELO CONCEPTUAL ..... 9**

7.1 MODELO CONCEPTUAL ESCALA LOCAL ..... 9

7.2 MODELO CONCEPTUAL MACRO ..... 10

**8 RECOMENDACIONES ..... 11**

**9 CONCLUSIONES ..... 12**

## 1 INTRODUCCIÓN

La presente minuta técnica analiza la solicitud de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas de 50 l/s y un radio de protección de 1.000 m, presentada por Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia (FCAB) en el sector denominado "Estación Polapi", ubicado en la cuenca del río Loa, en la región de Antofagasta. La evaluación de la oferta hídrica, se realiza considerando la proximidad con el río Loa y su posible afección. La empresa peticionaria aportó con antecedentes técnicos para apoyar la solicitud, los cuales sirvieron para caracterizar la zona de estudio.

Se analizaron cuidadosamente 10 referencias técnicas y se efectuaron distintos cálculos con el fin de determinar la posible afección al río Loa o al acuífero de Calama, debido al bombeo del pozo de FCAB.

## 2 OBJETIVO

El objetivo es analizar los antecedentes recabados para determinar si existe o no oferta hídrica como para otorgar lo solicitado por FCAB, analizar los efectos locales del ejercicio del derecho y su posible interferencia con el río Loa, además de considerar los impactos globales sobre la cuenca del Río Loa.

## 3 ANTECEDENTES

Los siguientes antecedentes estuvieron disponibles para el análisis.

REF-1. Informe Ejecutivo Pozo SEP-1 "Construcción, Habilitación y Pruebas de Bombeo" Preparado para FCAB por DICTUC, Enero 2002.

REF-2. Estudio Hidrogeológico y Modelo de Simulación, Sector Estación Polapi, II Región, FCAB, Diciembre 2003.

REF-3. Estudio Hidrogeológico y Modelo de Simulación, Sector Estación Polapi, II Región, FCAB, Junio 2004.

REF-4. Informe "Antecedentes Adicionales al Modelo Hidrogeológico para Solicitud de Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas", FCAB, Enero 2005.

REF-5. Geología de la Hoja Ollague. Escala 1:250.000. Carta Geológica de Chile N°40. I.I.G. 1980.

REF-6. Revisión y Generación de Informes "Estudio Hidrogeológico y Modelo de Simulación, Sector Estación Polapi, II Región, Preparado para la DGA por GeoHidrología, Octubre 2006.

REF-7. Informe Técnico N°2 Expediente ND-02-02-2185, DGA-DARH, Enero 2007.

REF-8. Estudio Acuífero de Calama Sector Medio del Río Loa, Región de Antofagasta, Preparado para la DGA por Matraz Consultores Asociados S.A. y La Universidad Politécnica de Cataluña, Diciembre 2012.

REF-9. Investigación de Recursos Hidráulicos en el Norte Grande, V16 Hidrogeología de la Región de Ascotán y Carcote, CORFO, Mayo 1977.

REF-10. Determinación de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneos Factibles de Constituir en Los Sectores de Calama y Llalqui, Cuenca del Río Loa, II Región, SDT N° 153, DARH, Agosto 2003.

# 4 ANÁLISIS DE ANTECEDENTES HIDROGEOLÓGICOS

## 4.1 ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

En base a la estratigrafía del pozo utilizado en la prueba de bombeo, se caracterizaron 5 unidades hidrogeológicas:

1. Un primer estrato de gravas y bolones en una matriz limo-arenosa y un bloque de tobas de 11 m con un espesor total de 50 m. Esta unidad se encuentra seca.

2. Un segundo estrato compuesto principalmente de roca impermeable (tobas de ceniza media y fina) con una potencia de 168 m. Se identifican 2 capas de gravas con espesores de 5 a 10 m. Esta unidad se encuentra en gran parte seca, salvo los últimos (más profundos) 25 metros que indican la existencia de algunas rocas fracturadas saturadas.

3. Un tercer estrato de arenas, gravas y gravillas con un espesor de 53 m con buenas características hidrogeológicas.

4. Un cuarto estrato de roca fracturada con un espesor de 49 m con buenas características hidrogeológicas.

5. Una quinta unidad de roca basal (inferida)

El acuífero considerado en la modelación presentada por FCAB incluye el tercer y cuarto estrato, con una potencia conjunta de aproximadamente 100 m. En el pozo SEP-1 el acuífero considerado se desarrolla entre los 218 m a 320 m de profundidad desde la superficie del suelo. Cabe destacar que el nivel freático se localiza a 141 m desde la superficie del terreno, implicando con esto que se trata de un acuífero confinado con una carga de presión hidráulica del orden de 80 m.

En el informe FCAB-2003 se mostró un perfil geológico que indica que el tercer estrato de arenas, gravas y gravillas se extiende bajo las tobas volcánicas nuevas hacia la cuenca del Salar de Ascotán. Cabe notar que no existe evidencia para comprobar o rechazar ésta hipótesis.

La investigación del estudio CORFO 1977 indicó que se encuentran ignimbritas en la zona de Ascotán, aflorando al SW del Salar de Carcote. Varios pozos de exploración encontraron ignimbritas perforando un espesor

de hasta 70 m. Mientras las exploraciones indican que las ignimbritas se extienden hasta el Salar de Ascotan ningún pozo penetró esta capa para comprobar la existencia de una capa de arena, grava y gravillas que podría albergar un acuífero confinado

### 4.2 ANTECEDENTES GEOFÍSICOS

Las prospecciones geofísicas indican que los estratos observados en el pozo SEP-1 se extienden en el área de exploración. Un perfil geofísico que cruza el rio Loa, indica que existe una capa de ignimbritas entre la base del río y el contacto entre las ignimbritas de la unidad confinante y los sedimentos antiguos saturados (acuífero saturado).

No obstante es posible que existan estructuras pequeñas o fracturas en el estrato de ignimbritas que permitan la conexión entre el acuífero confinado y las vertientes o entre el acuífero confinado y el río Loa.

A partir de los trabajos de geofísica, se interpretaron varias fracturas y discontinuidades de los perfiles TEM, algunos de las cuales coinciden con afloramientos de aguas subterráneas. Este hecho podría indicar una conexión entre el acuífero confinado y las vertientes de Polapi, La Turbera, Aguada, Palpanao y Polpana. La Figura 4-1 muestra la ubicación de las vertientes respecto del área de estudio

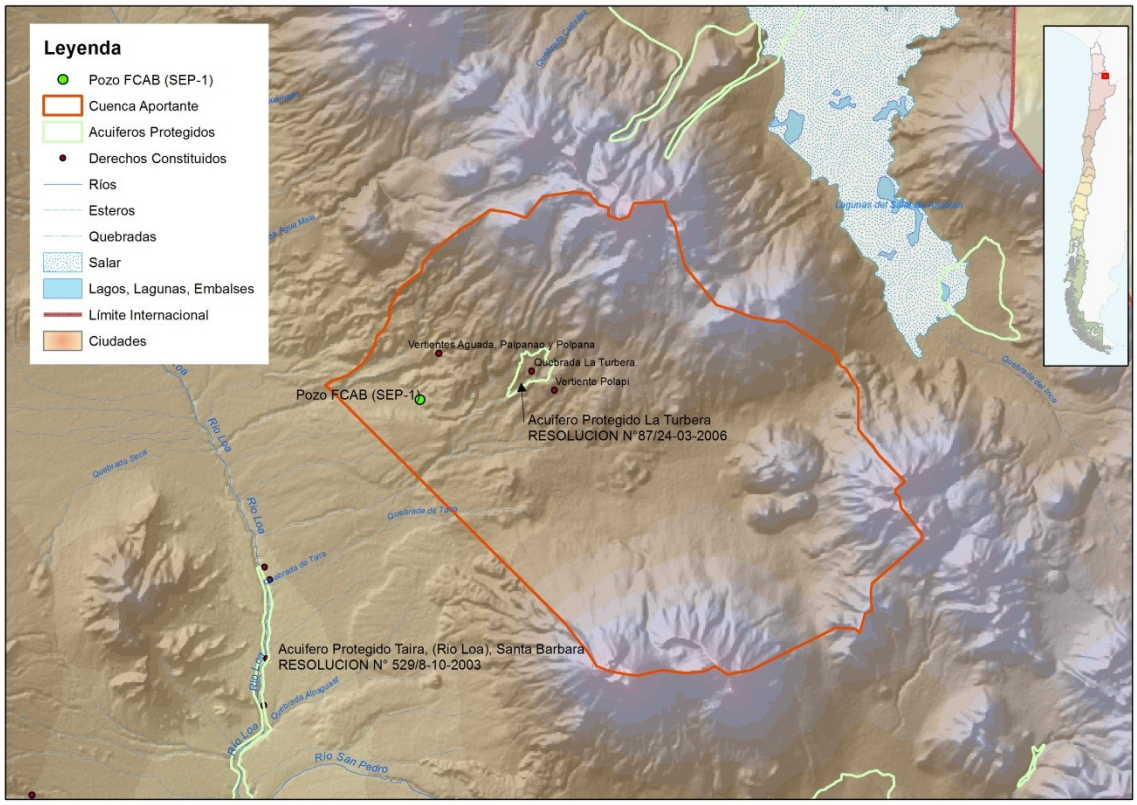


**Figura 4-1 Posible cuenca aportante, pozo FCAB (SEP-1) y ubicación de vertientes (Palpanao, Polpana, La Turbera y Polapi)**

## 4.3 ANTECEDENTES HIDROQUÍMICOS

Los análisis hidroquímicos consignados en la REF-2 muestran que las aguas subterráneas de los pozos en el sector de Estación Polapi son distintas a las aguas de la vertiente La Turbera y las aguas del Río Loa.

Además, las aguas subterráneas del acuífero del sector de Estación Polapi son diferentes a las aguas de los acuíferos de Calama.

Mientras estos resultados indican que las aguas provienen de distintas fuentes, es posible que la calidad de las aguas dependa también de las condiciones físicas del muestreo y además se debe recordar que la calidad del agua evoluciona cuando escurre por los distintos estratos.

Además, cabe considerar que, el acuífero del sector de Estación Polapi aportaría un caudal bajo relativo al caudal total entrante al acuífero de Calama, por lo tanto es posible que no se note este aporte en los muestreos hídroquímicos.

Por ende, no se puede descartar a priori que exista desconexión, entre el acuífero y el río Loa, considerando sólo las diferencias mostradas por los resultados de los muestreos de calidad de aguas.

### 4.4 MODELO HIDROGEOLÓGICO

Se desarrolló un modelo hidrogeológico del tipo MODFLOW que abarca el sector de Estación Polapi. (REF-2)

Este modelo tiene varias deficiencias, las que principalmente dicen relación con las condiciones de borde de carga constante, las cuales se encuentran muy cerca del pozo de bombeo. Este hecho se traduce en que existiría artificialmente una fuente infinita de recarga al acuífero. No se puede observar la verdadera extensión de la zona afectada por esta extracción de aguas. Se debe interpretar esta recarga como un impacto sobre el acuífero aguas abajo.

### 4.5 ANTECEDENTES LEGALES

Los recursos hídricos, subterráneos y superficiales, de la cuenca del Río Loa están completamente comprometidos a derechos existentes (DARH 2003) y la cuenca se ha declarado agotada, prohibiendo el otorgamiento de nuevos derechos dentro de la cuenca.

El acuífero no se ha declarado área de restricción por falta de antecedentes. No obstante el balance hídrico indica que la recarga al acuífero de Calama descontando los afloramientos al Río Loa y otras vertientes suman entre 350-1.100 l/s, mientras los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados ascienden a 1.000 l/s (DGA/Matraz 2012). Lo anterior indica la posibilidad de haber otorgado el recurso sustentable para toda la cuenca.

# 5 BALANCE GENERAL

## 5.1 RECARGA DIRECTA

El estudio de FCAB (REF-3, FCAB-2004) consideró una recarga directa por precipitación de 126 l/s mientras que el estudio de GeoHidrología (REF-6, Geohidrologia-2006) ajustó las precipitaciones y llegó a un valor de 113,8 l/s.

Ambos estudios se basaron en factores de precipitación bruta de 4% y 6% para la zona modelada y la zona no modelada, respectivamente. La Figura 5-1 muestra la área aportante al acuífero, la zona modelada y la ubicación del pozo de la solicitud de FCAB denominado SEP-1.

En los estudios mencionados se calcularon valores para la evapotranspiración, temperatura y precipitación efectiva, los cuales finalmente no fueron considerados.

Las áreas consideradas en la estimación de recarga incluyen una zona al suroeste de los cerros Avestruz y Diablo, estos cerros podrían constituir una barrera al flujo subterráneo desviando el flujo subterráneo hacia al oeste y no al pozo SEP-1. Cabe notar que un análisis más conservador sería considerar sólo la recarga sobre el área modelada, es decir, una recarga de 55,5 l/s según el análisis más reciente de GeoHidrología (REF-6, Geohidrologia-2006).

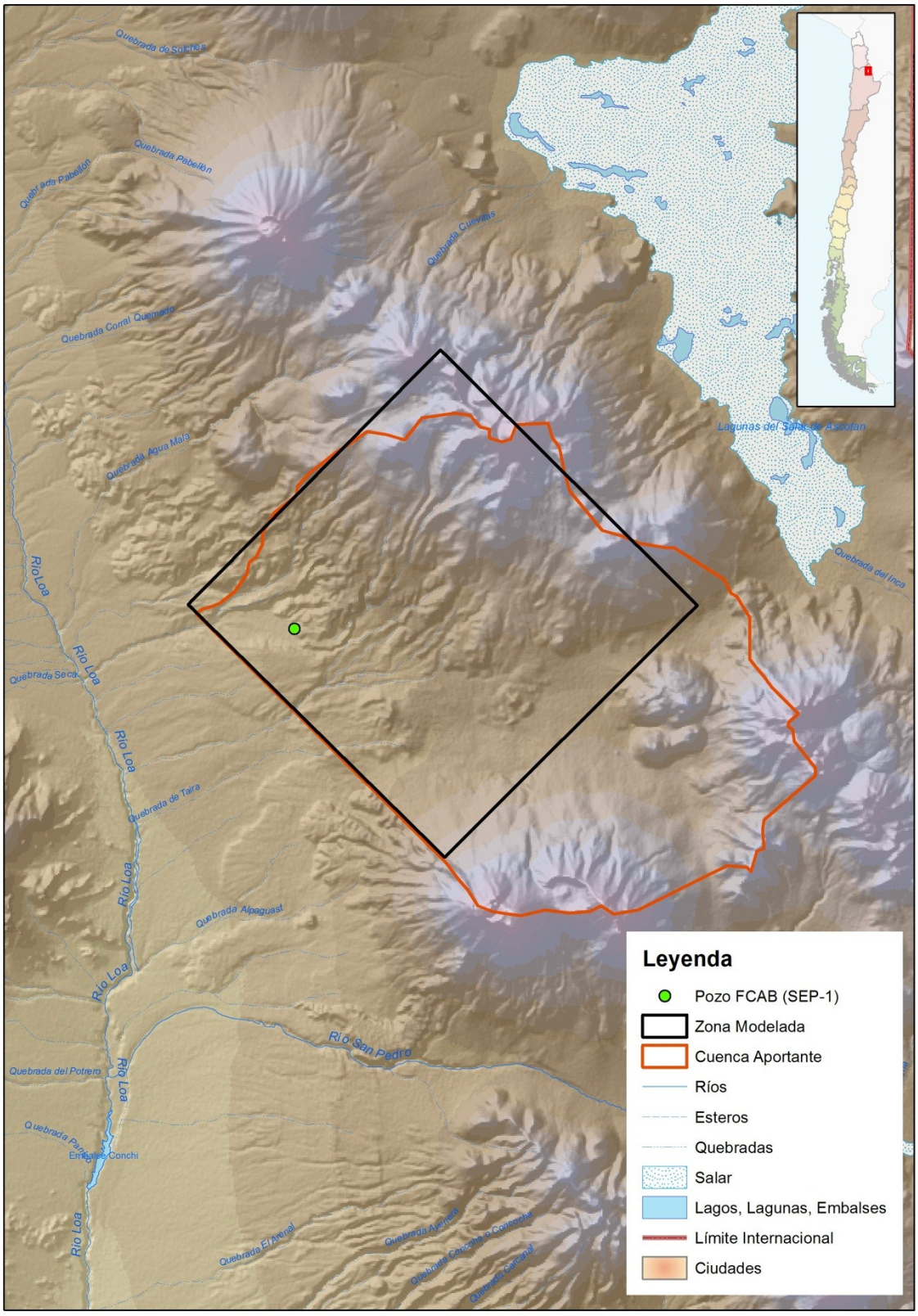


**Figura 5-1 Sector de Polapi, zona modelada y pozo SEP-1**

### 5.2 RECARGA DE CONTORNO

El análisis de FCAB tomó como supuesto que existe flujo subterráneo a través de los contornos del área modelada, los cuales constituyen un aporte significativo. Estos caudales han sido justificados basados en el hecho de considerar un gradiente de la napa de alrededor de un 1%, pero como la mayoría de las bordes del modelo se encuentran cercanos a la divisoria hidrográfica y a la probable divisoria hidrogeológica, es probable que el gradiente se acerque un valor de 0% resultando con esto un flujo nulo. Los flujos subterráneos estimados por el solicitante son bastante grandes, lo que indica que deberían tener un área aportante mayor (del orden de cientos de kilómetros cuadrados) lo cual parece muy poco probable.

Se ha mencionado la posibilidad de la existencia de un flujo subterráneo desde el Salar de Ascotán por debajo de los estratos volcánicos nuevos o a través de fracturas, no obstante no se ha aportado ningún antecedente para comprobar esto.

Cabe señalar, que una postura conservadora es suponer que no existen flujos subterráneos entrantes a través de los contornos del modelo hidrogeológico presentado por FCAB.

### 5.3 OFERTA HÍDRICA

En base a la estimación de recarga expuesta anteriormente, existiría una oferta hídrica de 55,5 l/s. Esta cifra considera la escorrentía total, es decir, la componente superficial y subterránea del recurso hídrico.

### 5.4 DEMANDAS

Existen tres derechos de aprovechamiento de aguas superficiales (vertientes) constituidos en la cuenca aportante al acuífero, los cuales suman 2,46 l/s.

Se estima que existen 25 hectáreas de vegetación dispersa en la cuenca, las que al considerar una tasa de evapotranspiración de 0,5 l/s/ha resulta en una

demanda de 12,5 l/s. El acuífero donde se ubica la vertiente "La Turbera" es un acuífero protegido (Resolución N° 87/24-03-2006)

### 5.5 DISPONIBILIDAD

Al efectuar un balance entre la oferta y la demanda resulta una disponibilidad de aproximadamente 40 l/s.

## 6 ANÁLISIS DE PARÁMETROS ELÁSTICOS, RADIO DE INFLUENCIA E INTERFERENCIA

### 6.1 PARÁMETROS ELÁSTICOS

La prueba de bombeo realizada por FCAB indicó una tasa de extracción factible de 22.5 l/s.

Asimismo se realizó un análisis de la respuesta del acuífero el cual indicó una transmisividad de 237 m²/d o una conductividad equivalente de 2,37 m/d si consideramos un espesor medio del acuífero de 100 m.

Por su parte, un análisis adicional realizado por GeoHidrología indicó un coeficiente de almacenamiento de $1{,}44 \cdot 10^{-4}$, valor considerado dentro del rango estudiado para acuíferos confinados ($1 \cdot 10^{-3}$ a $1 \cdot 10^{-5}$).

No obstante el informe FCAB-2003 estimó un coeficiente de almacenamiento del orden de $2{,}4 \cdot 10^{-6}$, suponiendo para esto un tiempo para lograr el equilibrio, del doble de la duración de la prueba de bombeo, debido a que los niveles en el pozo de observación no se habían equilibrado durante el desarrollo de esta prueba.

Por una parte, se ha establecido que los coeficientes de almacenamiento del acuífero confinado son bajos, sin embargo, FCAB propone que con la explotación, el acuífero va a despresurizarse y después se comportará como un acuífero no confinado y en consecuencia bajo esas condiciones, es razonable considerar un coeficiente de almacenamiento de entre 0.05 y 0.10. No se han entregado antecedentes para comprobar tal comportamiento del

acuífero, al contrario durante la prueba de bombeo el acuífero siempre se mantuvo bajo presión. Ante lo anterior se considera prudente contemplar un acuífero confinado.

### 6.2 RADIO DE INFLUENCIA

En base a los parámetros de los acuíferos se puede calcular el radio de influencia para distintos tiempos de extracción continua, según la ecuación de Jacob:

$$r(t) = 1.5\sqrt{\frac{T.t}{S}}$$

La Tabla 6-1 muestra valores del radio de influencia para distintos tiempos que indican que este pozo puede influir en el acuífero de Calama dentro de 5 a 10 años. Cabe mencionar que el cálculo de este resultado, bajo las condiciones del entorno del sector "Estación Polapi", contraviene muchas de los supuestos en que se basa la solución de Jacob, no obstante al no tener información que desmienta tal conectividad entre el acuífero en la zona de Estación Polapi y el acuífero de Calama, se deberá considerar, por el lado de la cautela, que dentro del plazo de operación propuesta para el pozo, éste va a capturar aguas que actualmente se destinan al acuífero de Calama.

| Tiempo [años] | Radio [km] |
|---|---|
| 1 | 37 |
| 5 | 82 |
| 10 | 116 |
| 20 | 164 |
| 50 | 260 |

**Tabla 6-1 Radio de influencia del pozo FCAB, según Jacob, para distintos años**

Al considerar este problema desde otro punto de vista, determinando los descensos a una distancia de 12 km (distancia entre pozo FCAB y el río Loa) para distintos tiempos, se tiene que aún con un caudal de extracción de 1 l/s se produce un descenso a la distancia de 12 km, punto más cercano al Río

Loa. La Tabla 6-2 muestra los descensos producidos por una extracción de 22,5 l/s a una distancia de 12 km para distintos tiempos.

| Tiempo [años] | Descenso a 12 km [m] |
|---|---|
| 1 | 0.15 |
| 5 | 0.26 |
| 10 | 0.30 |
| 20 | 0.35 |
| 50 | 0.41 |

**Tabla 6-2 Descenso a 12 km del pozo FCAB para distintos tiempos**

Aplicando la misma técnica para considerar el radio de protección de 1.000 metros solicitado por el peticionario, los resultados indican que un radio de protección de 1000 m es razonable.

### 6.3 INTERFERENCIA

Considerando que el acuífero funciona como acuífero confinado existe la posibilidad de que la extracción de agua induzca un impacto sobre el Río Loa o el acuífero inferior de Calama. Aquí se considera un impacto sobre el acuífero de Calama como un caso optimista ya que éste se ubica más lejos que el río Loa del pozo SEP-1, si existiera una conexión con el río Loa los impactos se manifestarían más rápidamente.

Considerando como límite del acuífero de Calama el muro del embalse de Conchi, según las líneas de flujo inferidas hay una distancia aproximada de 40 km entre el pozo del peticionario y el límite del acuífero de Calama. Para determinar la reducción en el flujo al acuífero de Calama se puede aplicar la solución de Theis para el descenso del caudal superficial, tratando al acuífero como una fuente de agua igual que si fuere un cauce.

$$\frac{q}{Q} = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\sqrt{r^2 S/4tT}} e^{-u^2} du$$

La Tabla 6-3 muestra que en el primer año el impacto sobre el acuífero de Calama sería pequeño con la mayoría del caudal extraído proveniente del descenso del volumen almacenado; no obstante después de cinco años, más de la mitad del caudal proviene de una reducción en el caudal hacia el acuífero de Calama o el Río Loa y en 50 años la mayoría resulta en impactos aguas abajo. Esta estimación supone un acuífero de extensión infinita, que claramente no es el caso, y es probable que los impactos ocurran con mayor rapidez e intensidad que lo estimado.

| Tiempo [años] | Caudal [% de total] | Caudal [l/s] |
|---|---|---|
| 1 | 25% | 5.59 |
| 5 | 61% | 13.63 |
| 10 | 72% | 16.09 |
| 20 | 80% | 17.92 |
| 50 | 87% | 19.58 |

**Tabla 6-3 Caudal extraído al acuífero de Calama por efecto del bombeo del pozo FCAB según la expresión de Theis**

# 7 MODELO CONCEPTUAL

## 7.1 MODELO CONCEPTUAL ESCALA LOCAL

Se considera que el acuífero se alimenta de recarga por precipitación sobre la cuenca aportante. La cuenca definida por el solicitante es mucho mayor que la cuenca hidrográfica que incorpora una zona al suroeste de los cerros Avestruz y Diablo, estos cerros podrían constituir una barrera al flujo subterráneo desviando el flujo subterráneo hacia al oeste y no al pozo SEP-1. Por lo tanto se consideró solo el área modelada.

Existe la posibilidad de un flujo subterráneo desde el Salar de Ascotán por debajo de los estratos volcánicos nuevos o a través de fracturas, no obstante no se ha aportado ningún antecedente para comprobar esto y se considerará el caso conservador en el cual no existen flujos subterráneos entrantes.

Existen tres derechos de aprovechamiento de aguas superficiales (vertientes) constituidos en la cuenca aportante al acuífero, los cuales suman 2,46 l/s.

Se estima que existen 25 hectáreas de vegetación dispersa en la cuenca, las que al considerar una tasa de evapotranspiración de 0,5 l/s/ha resulta en una demanda de 12,5 l/s. El acuífero donde se ubica la vertiente "La Turbera" es un acuífero protegido (Resolución N° 87/24-03-2006)

Mientras los antecedentes hidrogeológicos indican una posible desconexión no existe evidencia concluyente, por ende es prudente considerar una posible conexión y en el evento de otorgar un derecho, proteger las vertientes y la vegetación con un Plan de Alerta Temprana.

La principal descarga del acuífero consiste en un flujo subterráneo al oeste hacia el río Loa. No existe otros descargas dentro de la zona local, por lo tanto toda la recarga que no aflora a las vertientes, ni evapotranspira a través de la vegetación, descarga hacia el Río Loa y el acuífero de Calama.

### 7.2 MODELO CONCEPTUAL MACRO

A nivel de la cuenca del Río Loa, se puede considerar que el acuífero del sector de Cerro Polapi aporta un caudal subterráneo a la cuenca del Río Loa. Este caudal conforma parte de la recarga al acuífero de Calama y/o parte de las afloramientos que alimentan el Río Loa. No es posible considerar una desconexión del Río Loa y el acuífero de Calama porque la recarga renovable del sector de Polapi tiene que fluir y descarga en algún punto, si no ocurriese esto el acuífero estaría siempre llenándose, situación que claramente no ocurre, y si ocurriera se tendría una descarga local en el sector de Polapi.

El análisis de radios de influencia e interferencia muestra que la zona de impactos es grande y el plazo para percibir los efectos es corto.

Si bien el peticionario mostró antecedentes que indican una posible desconexión entre el acuífero confinado y el Río Loa en el sector de Polapi, al considerar los grandes radios de influencia es probable ver una conexión que se produciría en algún punto aguas abajo. Además se ha reconocido que la

mayoría de la recarga al acuífero de Calama aflora al Río Loa u otras vertientes (DGA/Matraz 2012).

En el caso de no afectar al rio necesariamente afectaría al acuífero de Calama ya que como se ha expuesto anteriormente el agua del sector de Polapi tiene que descargar en algún punto aguas abajo.

Los impactos sobre el Río Loa y/o acuífero de Calama serián pequeños en relación a los caudales del Río Loa y la variación de los niveles de la napa producto de variabilidad natural y/u otros impactos en la cuenca. Debido a la dificultad en observar los impactos directamente, el PAT tendrá que controlar niveles en el sector de Cerro Polapi para limitar los impactos a esta zona y así asegurar que no se produzca un descenso general, de esta manera se puede prevenir los impactos sobre el Río Loa.

## 8 RECOMENDACIONES

Se recomienda condicionar el derecho a un PAT (Plan de Alerta Temprana) y control de extracciones.

El PAT debe considerar como objetos de protección el Río Loa y las vertientes de Polapi, La Turbera, Aguada, Palpanao y Polpana. Además como elemento del desarrollo del PAT se debe realizar un catastro de flora y fauna y un catastro de usos humanos para identificar otros posibles objetos de protección.

Como los impactos sobre el rio Loa serían pequeños no será posible medirlos directamente. En el desarrollo del PAT se determinarán relaciones entre descensos en el sector de Polapi y reducciones en caudal en el Río Loa, en base a éstas se fijarán los umbrales y acciones que previenen los impactos sobre el Río Loa. Cabe mencionar que esto implica la determinación de una línea base que debe incluir pozos que aún no se han construido.

## 9 CONCLUSIONES

Los recursos hídricos superficiales de la cuenca del Río Loa están completamente entregados a derechos existentes (DARH 2003), prohibiendo el otorgamiento de nuevos derechos dentro de la cuenca.

Además existe la posibilidad de que los recursos hídricos subterráneos están similarmente comprometidos pero actualmente no existe la información para comprobar esta situación.

Una oferta de agua conservadora sería considerar sólo la recarga sobre el área modelada, es decir, una recarga de 55,5 l/s.

El análisis efectuado constata que la extracción propuesta en el sector Polapi impactará al Río Loa y/o el Acuífero de Calama ya que el agua del sector de Polapi tiene que descargar en algún punto aguas abajo.

Ante lo anterior se recomienda condicionar el derecho a un PAT que previene los impactos sobre los objetos de protección, entre ellos el Río Loa y las vertientes del sector de Polapi.