



**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

**Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del Sector  
Hidrogeológico de Aprovechamiento Común de Cuencas  
Endorreicas en Sección Sur de la Puna de Atacama**

**SDT N° 401**

**Expediente VZP-0202-5002**

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN  
DE RECURSOS HÍDRICOS

**Santiago, Octubre de 2017**

**Pablo Schnake G.**

**Ingeniero Civil**

## ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	4
2.- ANTECEDENTES GENERALES .....	5
3.- ANÁLISIS.....	6
3.1.- Zona en estudio.....	6
3.2.- Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común.....	7
3.3.- Disponibilidad de Recursos Hídricos para el otorgamiento de derechos definitivos .....	10
3.4.- Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados.....	11
3.5.- Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales.....	14
3.6.- Cuerpos de Aguas Bajo Protección Oficial.....	16
3.7.- Estudio de Impacto Ambiental rechazado según Resex. COREMA II N°366/2007 .....	20
3.8.- Situación de Disponibilidad.....	25
4.- CONCLUSIONES.....	28
ANEXOS.....	30

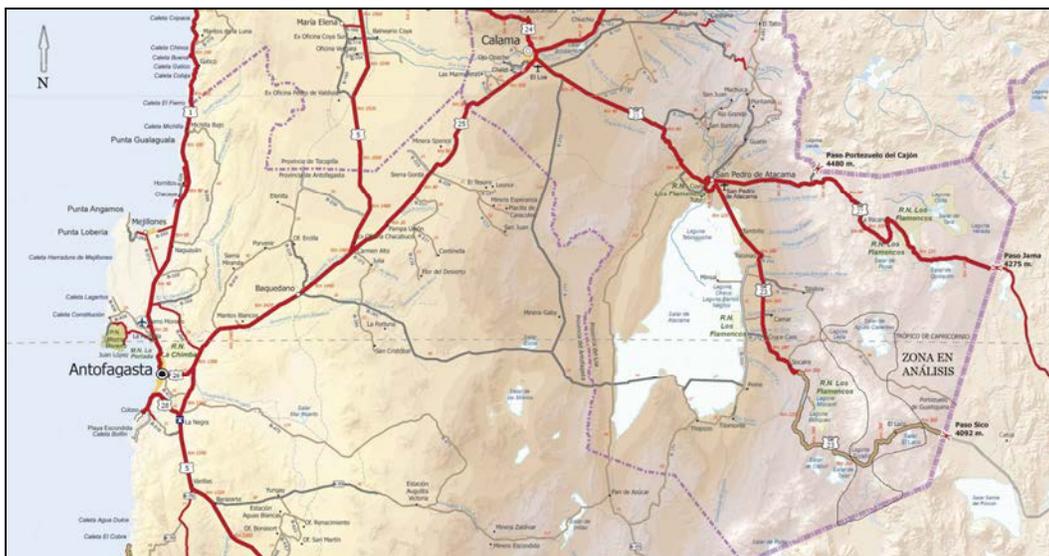
## 1.- INTRODUCCIÓN

La utilización de las aguas subterráneas es de una enorme importancia en zonas áridas, como es el caso de la Región de Antofagasta. En esta región se tiene una importante diversidad de situaciones, dadas las diferencias en la pluviometría según la altitud que se tenga. Es así como en la zona altiplánica, es decir, fundamentalmente en la Provincia de El Loa, se tienen precipitaciones significativas en el período denominado Invierno Altiplánico, mientras que en otras zonas de menor altitud, ocurren eventos de precipitación en forma extremadamente aislada, y en general, representan escasos volúmenes de agua susceptibles de constituirse en derechos de aprovechamiento de aguas.

El acceso hacia las cuencas de interés se tiene a través de la ruta 23 CH, a unos 270 kilómetros al sur-este de la ciudad de Calama, a unos 40 kilómetros del paso internacional de Sico.

A continuación se presenta una figura en la que es posible visualizar la zona de estudio en la Región de Antofagasta.

Figura N°1: Ubicación de la zona en estudio en la Región de Antofagasta



Desde el punto de vista político-administrativo, la zona en estudio se encuentra en la Provincia de El Loa, en la comuna de San Pedro de Atacama.

El objetivo de este informe es determinar la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos para un conjunto de cuencas endorreicas ubicadas en la Puna de Atacama.

## 2.- ANTECEDENTES GENERALES

La zona que se ha procedido a analizar por medio del presente informe corresponde fundamentalmente, a la sección sur de la Cuenca: Endorreicas entre Cuencas Fronterizas y Salar de Atacama –Cuenca 024 de acuerdo a la nomenclatura oficial de la DGA- la cual corresponde a un conjunto de cuencas endorreicas en la Puna de Atacama.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la zona en estudio se encuentra en la Provincia Andina Altiplánica, la cual se caracteriza fundamentalmente por una cubierta terciario-cuaternaria volcánica sobre la cual, dadas las precipitaciones estivales, ocurre infiltración y transmisión de volúmenes de aguas hacia zonas de menor altitud.

La zona en análisis se caracteriza por ser de clima desértico y estepárico de altura. La temperatura media anual se encuentra en torno a los 0° C, mientras que las precipitaciones medias se encuentran dentro del rango de los 150 a 200 [mm/año].

La zona se caracteriza por ser de alta luminosidad y radiación solar. Las temperaturas mínimas diarias suelen ser menores a los 0 [°C], y en el invierno pueden con alta probabilidad ser inferiores a los -10 [°C]. La altitud media de las cuencas en estudio se encuentra en torno a los 4.500 [msnm].

Las precipitaciones se encuentran altamente concentradas entre los meses de diciembre y marzo, influenciadas por el denominado invierno altiplánico.

Cabe destacar que la zona en análisis ha sido estudiada y analizada en diversas oportunidades, entre las cuales se destacan los siguientes informes:

- S.I.T N°51: Geoquímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones – Chile. Volumen III: Estudio de Cuencas de la II Región. Enero de 1999.
- S.I.T. N°157: Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II, III. Etapa 1. Diciembre de 2008.
- S.I.T. N°195: Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II, III. Etapa 2. Noviembre de 2009.

Además, el comportamiento de los sistemas acuíferos de estas cuencas ha sido analizado por este Servicio, por parte del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos, en el marco de la revisión sectorial del Estudio de Impacto Ambiental: Suministro de Agua Pampa Colorada, presentado por Minera Escondida Limitada, el cual fue calificado Desfavorablemente por la Comisión Regional del Medio Ambiente por medio de la Resolución Exenta N°366/2007.

### **3.- ANÁLISIS**

El estudio de los cuerpos de aguas subterráneas es sin lugar a dudas una tarea de alta complejidad. Ello, puesto que para cuantificar los caudales susceptibles de ser extraídos en el largo plazo sin generar afectación sobre sectores contiguos, se requiere de un significativo conocimiento de los sistemas naturales y sus interrelaciones, sean ambos de aguas subterráneas, o bien, se trate de aguas subterráneas y aguas superficiales, por efectos de interferencia.

En la zona de interés se tiene un importante conjunto de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidos, así como importantes caudales en derechos de aguas superficiales.

Por tratarse de cuencas endorreicas, su descarga corresponde fundamentalmente a la que se tiene por medio de evaporación y evapotranspiración, a través de salares, lagunas, vegas y bofedales, además de la descarga de aguas subterráneas hacia cuencas vecinas.

A través del presente informe se procede a definir el Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común de Cuencas Endorreicas en Sección Sur de la Puna de Atacama, analizando un importante conjunto de información hidrológica e hidrogeológica, ante la necesidad de cuantificar la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos.

#### 3.1.- Zona en estudio

La zona en estudio corresponde fundamentalmente a las subcuencas endorreicas que se tienen en la zona sur de la cuenca "Endorreicas entre Cuencas Fronterizas y Salar de Atacama"<sup>1</sup>, además de la sección chilena de la cuenca endorreica compartida con Argentina de Incahuasi.

Se caracteriza por la presencia de significativas lagunas y salares, así como por importantes vegas y bofedales, alimentados por aguas subterráneas.

La Geología de la Puna de Atacama responde a la convergencia de placas entre el margen occidental sudamericano y las placas oceánicas, conforme al fenómeno de la subducción.

Los estudios estructurales detallados para el volcanismo Mioceno a Reciente se asocian a la presencia de un sistema de fallas de primer orden, de orientación NW-SE,

---

<sup>1</sup> Cuencas DGA (BNA) N°024.

denominada falla Calama - Olocapato – El Toro.<sup>2</sup>

Los acuíferos contenidos en la zona se caracterizan por su composición en rocas volcánicas y volcanoclásticas fracturadas, por flujos de lava e ignimbritas de composición andesítica a riodacítica con intercalaciones menores de relleno sedimentario. Se encuentran condicionados por la permeabilidad primaria de las rocas y capas de pequeño espesor de sedimentos, sin embargo, es significativa la permeabilidad secundaria del sistema, producto del fracturamiento.

Bajo la superficie de los campos de pozos se aprecia un nivel superior aluvial sedimentario, al cual subyacen niveles tobáceos. Estos últimos se encuentran intercalados ocasionalmente por horizontes sedimentarios de espesor considerable, y por depósitos de lavas y/o brechas.

Respecto de la conductividad hidráulica, se reconocen principalmente unidades de baja permeabilidad, teniéndose baja potencia para las unidades de permeabilidad significativa.

### 3.2.- Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común

El sector en análisis, como ya se ha expuesto, se compone de un importante conjunto de cuencas endorreicas, las cuales poseen características similares.

Sin perjuicio de que a nivel superficial se tiene independencia entre éstas, la conexión hidrogeológica ha sido ampliamente estudiada a través de los informes anteriormente referidos, y en especial a través del SIT N°195, concluyéndose que la conexión de las aguas subterráneas es determinante, y que el funcionamiento de ellas corresponde a un sistema acuífero interconectado.

La delimitación definida para el sector acuífero en estudio puede apreciarse en la figura que se tiene a continuación, mientras que las subcuencas<sup>3</sup> que componen el sistema acuífero<sup>4</sup> se pueden visualizar en la figura 3.2.2.

---

2 Francis et al., 1989; Coira et al, 1993, 1996; Petrinovic, 1999; Seggiaro, 1994.

3 En adelante nos referiremos indistintamente a estas subcuencas endorreicas como cuencas endorreicas.

4 Las delimitaciones que se basan tanto en la definición de cuencas endorreicas sugeridas por medio del SIT N°157 (2008) (Ref N°3), como por las definiciones oficiales de algunas de las cuencas vecinas previamente definidas por este Departamento. Cabe señalar que las denominaciones para las subcuencas corresponden a las que se desprenden de revisar las Cartas IGM 1:50.000 para la zona correspondiente, adoptándose denominaciones que no induzcan a dudas acerca de la subcuenca específica, evitando emplear numeraciones. Es por ello que debe prestarse especial atención a estas denominaciones, por sobre las que se han empleado a través de informes y estudios previos, en especial, a las que se han dado por medio del informe de la Ref. N°3.

Figura N°3.2.1: Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común

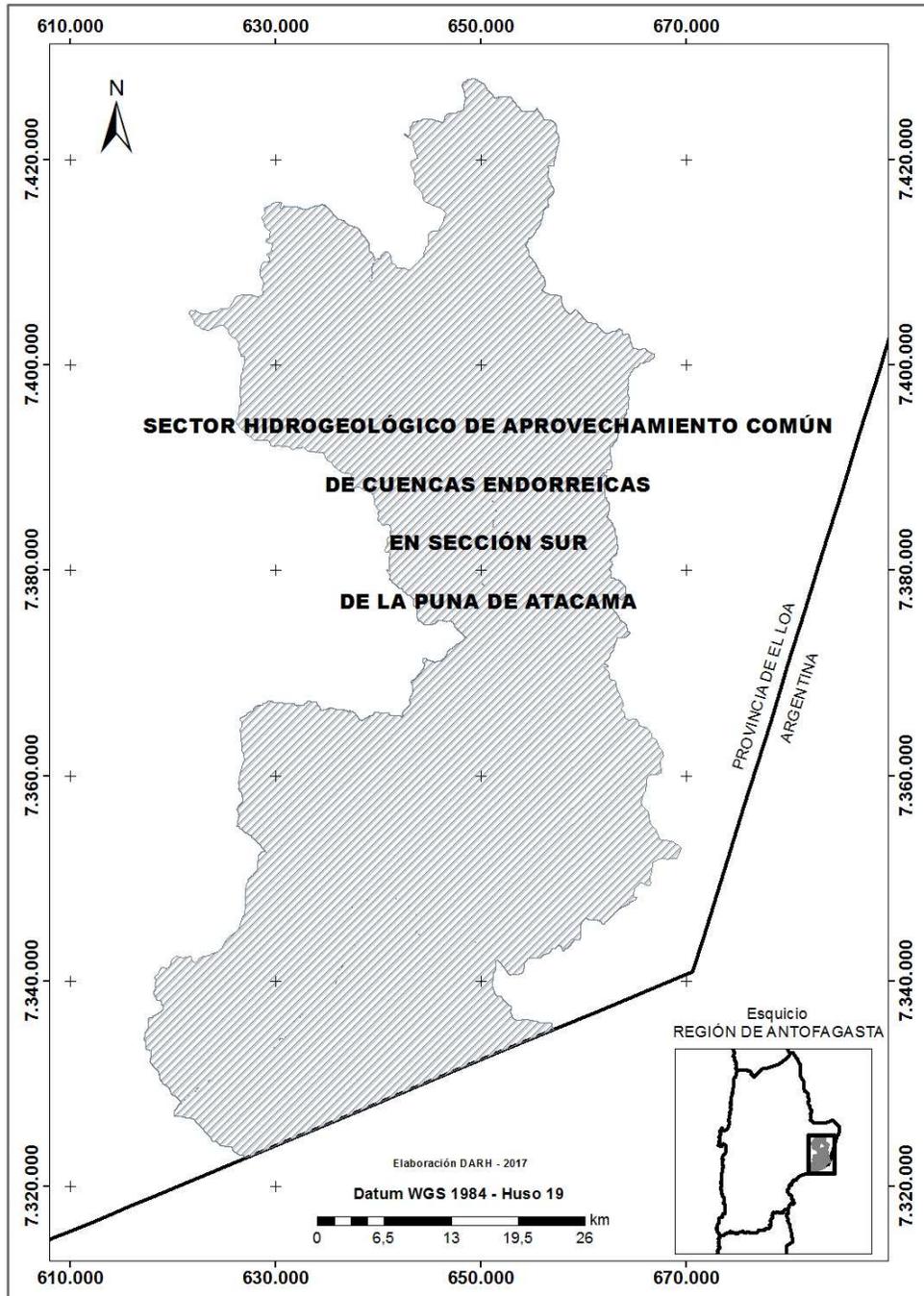
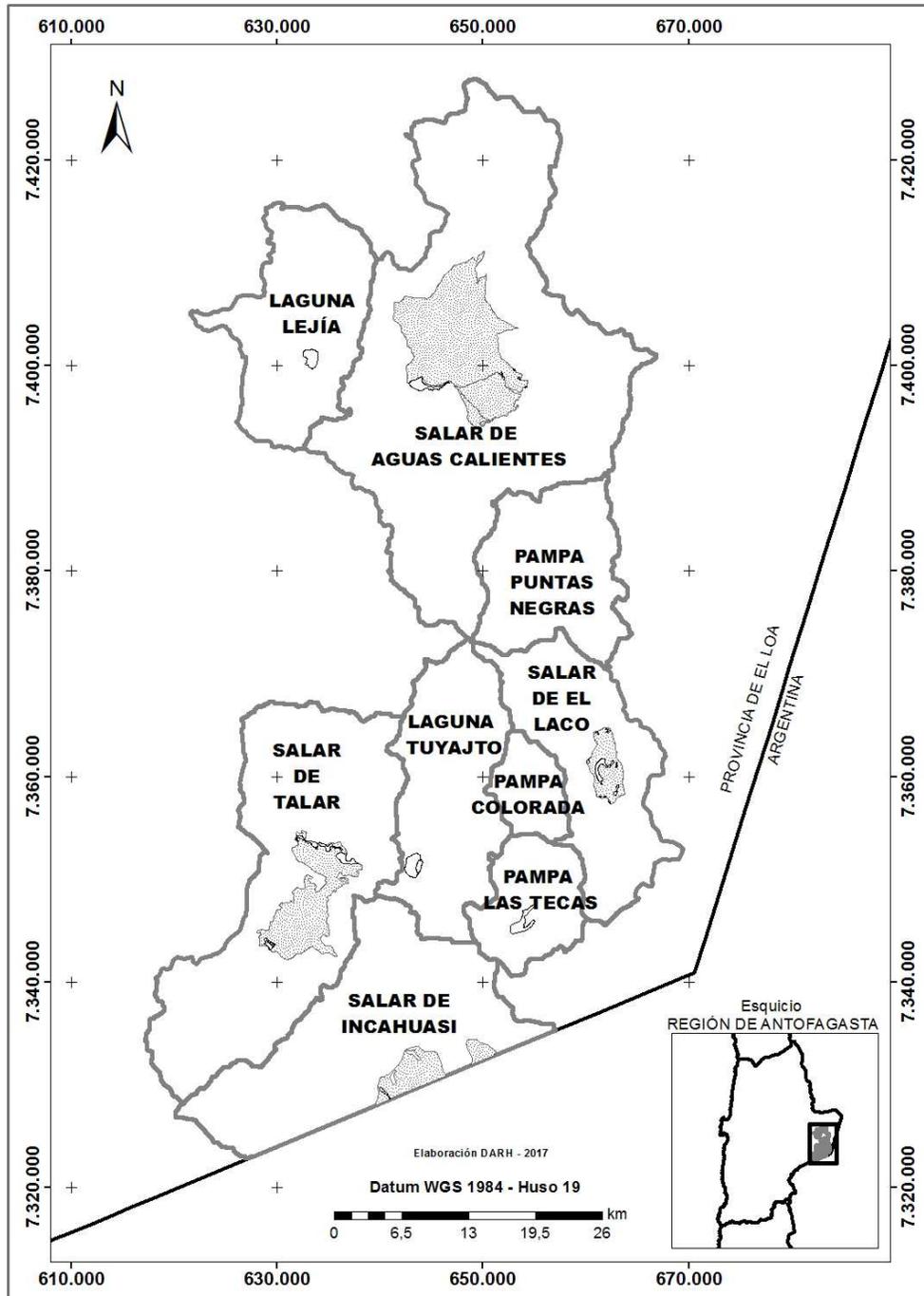


Figura N°3.2.2: Subcuencas de la zona en estudio



### 3.3.- Disponibilidad de Recursos Hídricos para el otorgamiento de derechos definitivos

La zona en análisis se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones en forma aislada, teniéndose que estas al darse, suelen ser de gran intensidad pero de escasa duración, lo cual se traduce en que el porcentaje de agua capaz de infiltrarse, para luego traducirse en percolación profunda suele ser muy bajo, e incluso en ocasiones inexistente.

En términos generales, para un tipo de suelo determinado, la recarga de los acuíferos se suele ver favorecida ante la ocurrencia de tormentas de varias horas de duración, puesto que ello permite que aumente la humedad del suelo, favoreciendo la infiltración y posterior percolación.

En virtud de los estudios que se han desarrollado en la zona de estudio y de la relevancia que tiene el no sobreestimar la capacidad de las cuencas en el largo plazo, es que se considerará que la percolación profunda para las precipitaciones que ocurren sobre el conjunto de cuencas en estudio es igual a 5 [%].

Además, respecto de las precipitaciones en el largo plazo, como no se dispone de registros superiores a 30 años, se estima prudente emplear las que se han calculado a través del SIT N°51.

Luego, considerando las áreas de las cuencas redefinidas a través del presente informe, resulta que la recarga para el sistema en estudio corresponde a:

$$R = 721,43 \left[ \frac{l}{s} \right]$$

Lo que se traduce en un volumen sustentable igual a:

$$V = 22.750.900 \left[ \frac{m^3}{año} \right]$$

En Anexos se presenta una tabla en la que es posible apreciar el cálculo anterior para cada cuenca del sistema.

### 3.4.- Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados

En la zona en estudio se ha constituido un importante conjunto de derechos de aguas subterráneas, los cuales en suma corresponden a 1.027 [l/s] equivalente a 32.387.472 [m<sup>3</sup>/año].

A continuación se presenta una tabla en la cual se individualizan estos derechos, a la vez que se presentan los puntos en los cuales se tienen derechos en trámite.

**Tabla N°3.4: Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas**

Expediente	Pozo	Caudal Otorgado	Caudal en trámite	Res. DGA N°	Fecha Resolución	Coordenadas (WGS 84 – Huso 19)	
		[l/s]	[l/s]			Este [m]	Norte [m]
ND-0202-2371	PA4	45	-	45	07-02-06	648.311	7.355.141
ND-0202-2416	PA2	70	-	430	30-12-05	648.831	7.355.101
ND-0202-2370	PN1A	80	-	137	25-04-06	657.890	7.378.990
ND-0202-2370	PN5	33	-	137	25-04-06	658.970	7.378.870
ND-0202-2398	PN2	45	-	436	30-12-05	657.830	7.379.920
ND-0202-2398	PN8	50	-	436	30-12-05	658.190	7.380.600
ND-0202-2400	PN6	35	-	180	01-06-06	659.080	7.379.440
ND-0202-2414	PN9	142	-	439	30-12-05	657.790	7.380.650
ND-0202-2415	PN6	2	-	131	25-04-06	659.080	7.379.440
ND-0202-2374	PC2	58	-	47	07-02-06	652.360	7.357.681
ND-0202-2401	PC1	110	-	434	30-12-05	653.855	7.356.691
ND-0202-2404	PC4	17	-	132	25-04-06	655.070	7.355.971
ND-0202-2405	PC5	-	25	No tiene	No tiene	654.460	7.356.321
ND-0202-2374	PT1	80	-	47	07-02-06	654.005	7.352.361
ND-0202-2402	PT3	40	-	438	30-12-05	654.680	7.350.661
ND-0202-2403	PT4	30	-	134	25-04-06	654.820	7.351.871
ND-0202-2404	PT5	13	-	431	30-12-05	654.730	7.349.671
ND-0202-2403	PT6	-	130	No tiene	No tiene	654.750	7.352.681
ND-0202-2399	LA0	40	-	429	30-12-05	645.031	7.395.210
ND-0202-2412	LA1	17	-	432	30-12-05	644.291	7.393.680
ND-0202-2412	LA2	90	-	432	30-12-05	645.011	7.392.810
ND-0202-2405	PC3	-	135	No tiene	No tiene	652.920	7.357.141
ND-0202-2413	LA3	27	-	435	30-12-05	646.171	7.390.880
ND-0202-2415	PN6	3	-	437	30-12-05	659.080	7.379.440

Los derechos de aprovechamiento de aguas individualizados según la tabla anterior son de tipo consuntivo, de ejercicio permanente y continuo. Sin embargo, en todos los casos se trata de derechos cuyo ejercicio se encuentra condicionado.

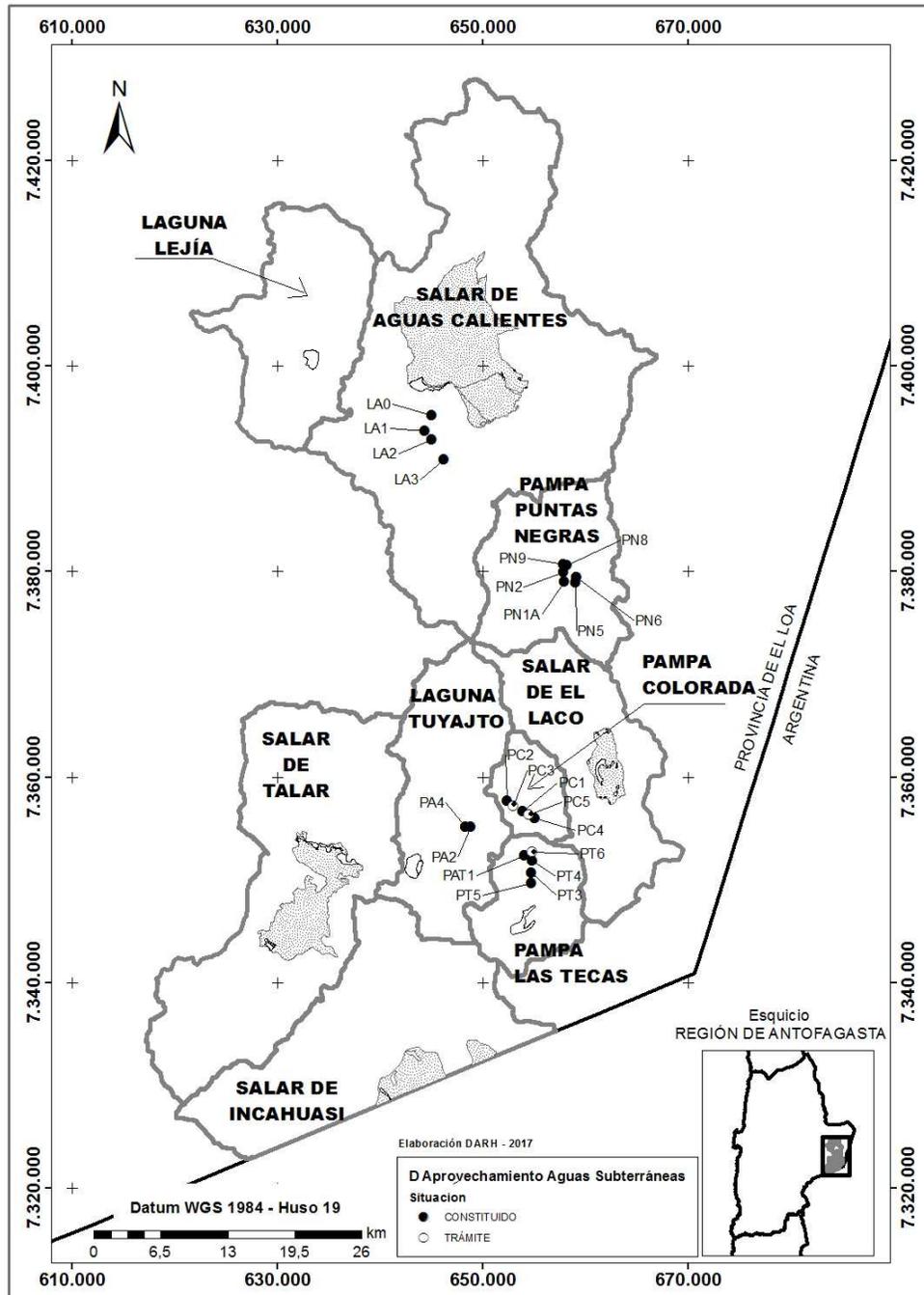
En la totalidad de las resoluciones que constituyeron los derechos de aprovechamiento listados anteriormente se señala que: "Establécese que el derecho que se constituye por medio de la presente Resolución deberá dar cumplimiento en lo que corresponda a las disposiciones de la ley 19.300, de 1994, de Bases del medio Ambiente, y se ejercitará de manera de no afectar las Vegas Aguas Calientes y Tuyajto."

Es decir, estos derechos corresponden a derechos de aprovechamiento de aguas condicionados a la no afectación de determinados objetos de protección ambiental, es decir, son derechos de aprovechamiento que deben cumplir con el establecimiento de un Plan de Alerta Temprana para efectos de poder ser ejercidos.

Como se puede desprender de la tabla anteriormente presentada, para tres pozos aún persisten derechos en trámite.

La ubicación de las captaciones relativas a los derechos referidos se puede apreciar en la figura que se muestra a continuación.

Figura N°3.4: Ubicación de captaciones asociadas a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas



### 3.5.- Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales

En las subcuencas en análisis se tienen derechos de aprovechamiento de aguas superficiales, los cuales casi en su totalidad corresponden a regularizaciones conforme a la aplicación del Artículo Transitorio N°2 del Código de Aguas.

En las tablas siguientes se individualizan estos derechos.

Tabla N°3.5.1: Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales

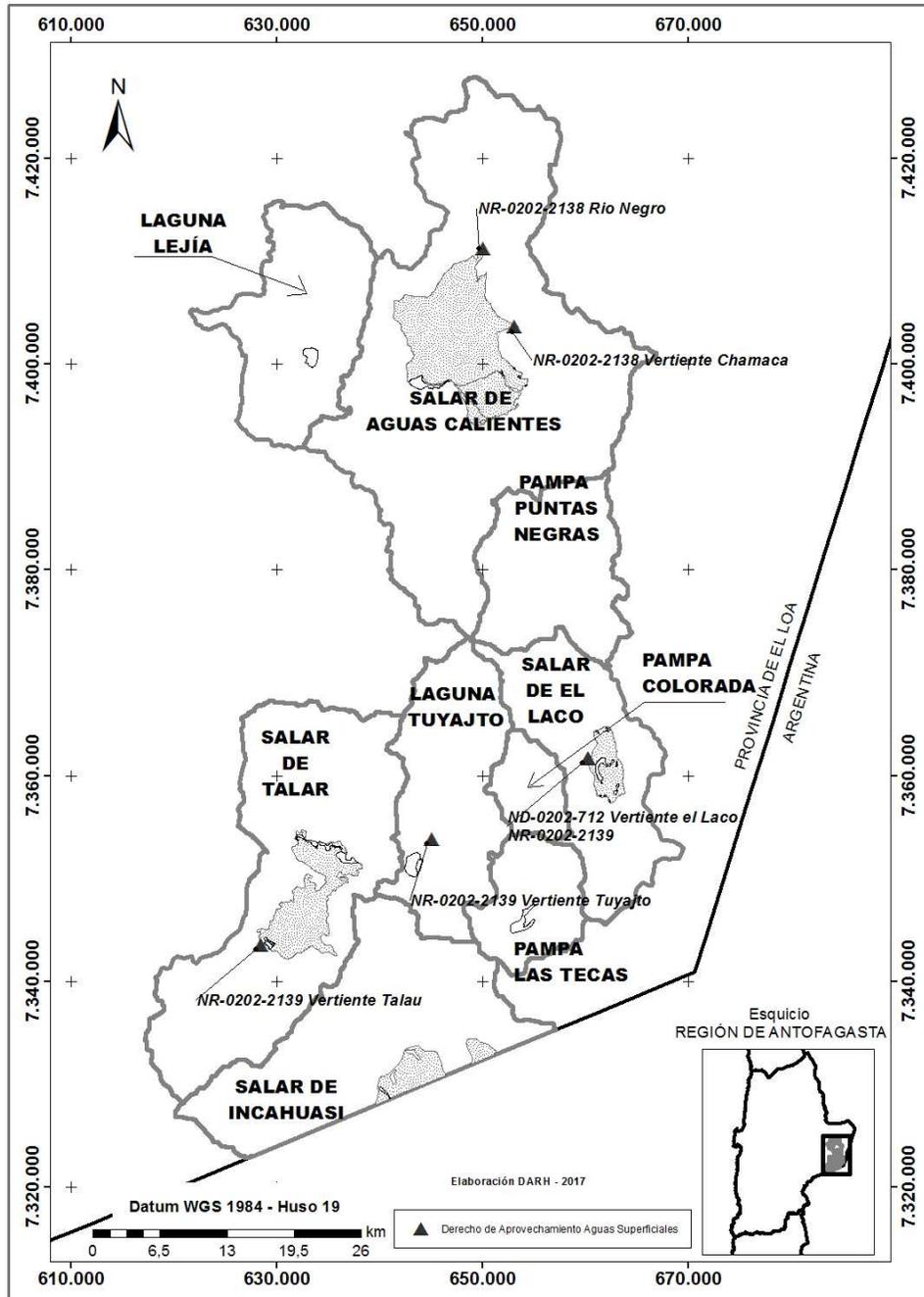
Código Expediente	Nombre	Naturaleza Agua	Clasificación Fuente	Fuente	Caudal	Unidad
ND-0202-712	COMPANÍA MINERA DEL PACIFICO S.A.	Superficial y Detenida	Charca-Aguada	Vertiente el Laco	43	m3/día
NR-0202-2138	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE TALABRE	Superficial y Corriente	Vertiente	Vertiente Chamaca	35	Lt/s
NR-0202-2138	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE TALABRE	Superficial y Corriente	Rio/Estero	Rio Negro	100	Lt/s
NR-0202-2139	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE SOCAIRE	Superficial y Corriente	Vertiente	Vertiente Tuyajto	0,33	Lt/s
NR-0202-2139	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE SOCAIRE	Superficial y Corriente	Vertiente	Vertiente Talau	10	Lt/s
NR-0202-2139	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE SOCAIRE	Superficial y Corriente	Vertiente	Vertiente el Laco	10	Lt/s

Tabla N°3.5.2: Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales (continuación)

Código Expediente	Res. DGA N°	UTM Norte	UTM Este	Huso	Datum	Conservador de Bienes Raíces	CBR Fojas	CBR Número	Año
ND-0202-712	259/1993	7.361.950	660.450	19	1956	C.B.R. Antofagasta	160	929	1993
NR-0202-2138	-	7.403.924	653.285	19	1956	C.B.R. Calama	32	27	2009
NR-0202-2138	-	7.411.546	650.246	19	1956	C.B.R. Calama	32	27	2009
NR-0202-2139	-	7.354.178	645.258	19	1956	C.B.R. Calama	31	26	2009
NR-0202-2139	-	7.343.850	628.725	19	1956	C.B.R. Calama	31	26	2009
NR-0202-2139	-	7.362.000	660.448	19	1956	C.B.R. Calama	31	26	2009

De las tablas anteriores se aprecia que en suma, los derechos relativos a regularizaciones suman 155,33 [l/s], los cuales deben ser resguardados y contemplados en los balances hídricos de la zona en estudio, y son equivalentes a un volumen total anual de 4.898.487 [m3/año].

Figura N°3.5: Ubicación de captaciones asociadas a los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales



### 3.6.- Cuerpos de Aguas bajo Protección Oficial

En las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, se tiene un importante conjunto de acuíferos alimentadores de vegas y bofedales que deben ser preservados.

Por medio de la Resolución DGA N°87/2006, la cual modifica la Resolución DGA N°529/2003, se actualizó la identificación y la delimitación de las zonas que corresponden a acuíferos que alimentan áreas de vegas y bofedales en la Región de Antofagasta. Ello, sobre la base del SIT 98 de 2004, en el marco del convenio DGA-CONADI de 1997<sup>5</sup>.

Al interior de la zona de interés se tienen 14 áreas colocadas bajo protección oficial, los cuales corresponden a acuíferos alimentadores de vegas y bofedales, conforme a la Resolución DGA N°87/2006 y al SIT N°111 de 2006<sup>6</sup>.

Es preciso notar que el Código de Aguas, por medio del inciso 3° del Artículo 63 estipula que: "Las zonas que correspondan a acuíferos que alimenten vegas y los llamados bofedales de las Regiones de Tarapacá y Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores extracciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa. La Dirección General de Aguas deberá previamente identificar y delimitar dichas zonas."

El mantenimiento de las vegas y bofedales depende de la existencia de aguas tanto en cantidad como en calidad, las cuales corresponden a aguas superficiales estrechamente conectadas con la disponibilidad de aguas subterráneas.

Cabe destacar que este Servicio ha estudiado este tipo de requerimientos a través del informe: "Análisis de Requerimientos Hídricos de Vegas y Bofedales en el Norte de Chile" (Ref. N°17). A través de este estudio se ha determinado que la evapotranspiración de este tipo de sistemas vegetacionales se puede asimilar a una tasa de: 0,8 [l/s/há].

En cuanto a los requerimientos de vegas y bofedales, considerando las superficies de vegas y bofedales contenidas en el sistema en estudio, de considerarse la tasa anteriormente referida, se tendría un requerimiento medio anual de 468,80 [l/s], lo que equivaldría a un volumen total anual de: 14.784.077 [m<sup>3</sup>/año]. Cabe señalar que las áreas consideradas han sido obtenidas fundamentalmente en base al SIT 195<sup>7</sup>.

---

5 Convenio Marco para la Protección, Constitución y Restablecimiento de los derechos de agua de propiedad ancestral de las comunidades Aymaras y Atacameñas, el cual fue suscrito en Iquique el 30 de mayo de 1997, informado hacia este Departamento según Ord. Legal N°147/1997.

6 "Actualización Delimitación de Acuíferos que Alimentan Vegas y Bofedales de la Región de Antofagasta, Año 2006" (DGA – DEP, 2006).

7 En el presente análisis se ha estimado el área de vegas y bofedales tanto para el Salar de Talar como para el Salar de Incahuasi, resultando valores de superficies de 0,97 [Km<sup>2</sup>] y 0,81 [Km<sup>2</sup>] respectivamente.

Sin embargo, dado que el estudio anterior ha sido desarrollado en la zona altiplánica de la Región de Arica y Parinacota, es que se considerará la evapotranspiración obtenida a través del SIT N°195, con lo que es posible tener un límite inferior para este requerimiento. Dichos resultados se muestran a continuación.

Tabla N°3.6.1: Requerimiento de Vegas y Bofedales

Sector de Vegas y Bofedales	Evapotranspiración
	[l/s]
Salar de Aguas calientes	89,95
Laguna Tuyajto	14,90
El Laco	0,86
Total	105,71

Análogamente, en cuanto al requerimiento que se tiene desde las lagunas contenidas en dichas cuencas, las cuales están asociadas a cuerpos de aguas subterráneas que se encuentran bajo protección oficial, se tienen los siguientes resultados.

Tabla N°3.6.2: Requerimiento de lagunas

Lagunas	Evaporación
	[l/s]
Salar de Aguas calientes	211,85
Laguna Tuyajto	101,95
El Laco	59,35
Total	373,15

Por lo tanto, en suma se tiene un límite inferior de requerimiento medio anual de 478,86 [l/s], lo que equivale a un volumen total anual de: 15.101.171 [m<sup>3</sup>/año].

El valor anterior constituye un límite inferior para el requerimiento que se tiene desde el sistema de cuencas en estudio<sup>8</sup>.

A continuación se presenta una tabla y una figura en la que se individualizan las áreas protegidas, así como su ubicación en la Puna de Atacama.

---

<sup>8</sup> No se contempla la evapotranspiración asociada a las vegas y bofedales contenidas en las cuencas de Laguna Lejía, Salar de Talar ni Salar de Incahuasi. Asimismo, tampoco se ha considerado la evaporación desde las lagunas contenidas en dichas cuencas, por lo que el requerimiento es en realidad aún mayor.

Tabla N°3.6.3: Vegas y Bofedales protegidos en la zona de estudio

Res. DGA N°87/2006	Vegas y Bofedales	Coordenadas UTM <sup>9</sup>		SIT N° 111 (2006)
N°	Denominación	Este [m]	Norte [m]	Mapa N°
215	Pili	649.500	7.416.500	9
221	Río Negro	649.900	7.413.500	9
224	Suculto	649.500	7.410.000	9
225	Toro Blanco	641.430	7.404.900	9
226	Chamaca	653.500	7.404.000	9
227	Laguna Lejía	633.200	7.401.800	8
230	Aguas calientes 4 <sup>10</sup>	642.924	7.398.500	9
231	Sucultur	654.500	7.398.500	9
247	Aguas calientes 5	636.365	7.353.860	8 y 10
248	Tuyajto 2	644.600	7.353.500	10
249	Tuyajto 1	644.950	7.351.400	10
252	Talao – Talar	629.614	7.343.347	10
253	Purichare	625.722	7.334.114	10
254	Incahuasi 3 <sup>11</sup>	643.900	7.333.800	10

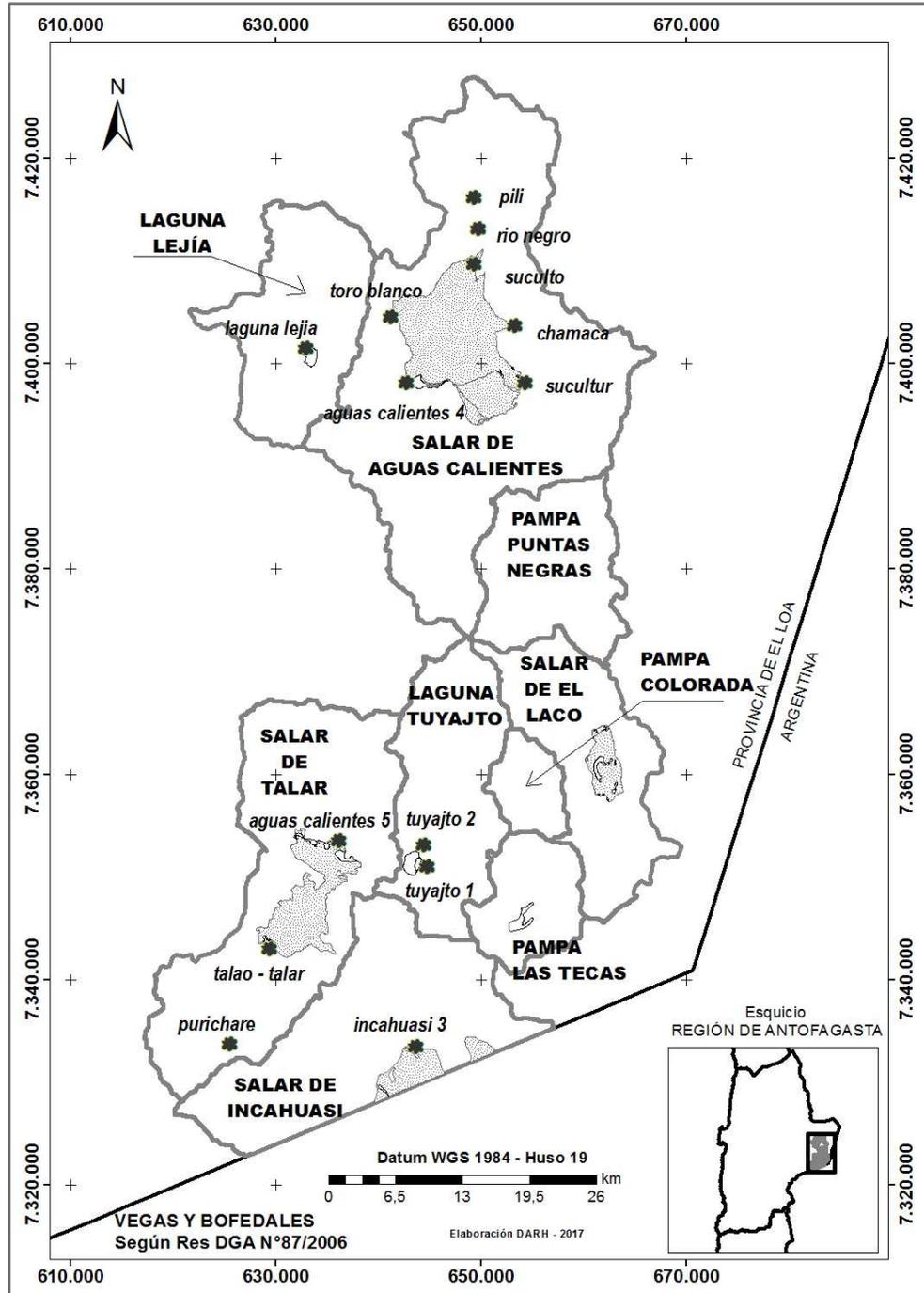
Cabe señalar que en el caso del área de Laguna Lejía, además de tenerse la protección oficial del acuífero, se encuentra bajo la categorización de Sitio Prioritario. Esta cuenca se ha tenido en especial consideración, en atención a que se alza como una extensión del Salar de Atacama, significando una alternativa tanto de alimentación como de reproducción para las especies vulnerables que habitan el salar.

9 Datum PSAD 56, Huso 19.

10 Según el documento individualizado en la Ref. N°5, el área Aguas Calientes IV se encuentra en la comuna de Antofagasta, en la zona sur-este de la región, el cual según la Resolución DGA N°87/2006, correspondería al área Aguas Calientes VI.

11 Vegas de Purisunchi (Denominación según Carta IGM 1:50.000; Cerros de Incahuasi [ 2400-6730]; 1985).

Figura N°3.6: Vegas y Bofedales protegidos en la zona de estudio



### 3.7.- Estudio de Impacto Ambiental rechazado según Resex. COREMA II N°366/2007

Conforme a la aplicación de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, Ley N°19.300 (1994), y en atención al interés de explotar los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidos ya listados en este informe, es que Minera Escondida Limitada presentó con fecha 9 de enero de 2007 el Estudio de Impacto Ambiental "Suministro de Agua Pampa Colorada".

Dicho proyecto consistía en la extracción de aguas subterráneas desde los acuíferos analizados en este estudio, con la finalidad de abastecer sus procesos productivos, planeando extraer un volumen total de 648 millones de [m<sup>3</sup>] de agua, a una tasa de 32,4 millones de [m<sup>3</sup>/año].

Sin embargo, en atención a los significativos impactos ambientales identificados sobre diversos cuerpos bajo protección oficial, y a las escasas medidas de mitigación, el proyecto fue finalmente rechazado por la entonces Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta, a través de la Resolución Exenta N°366 del 19 de noviembre de 2007.

Cabe destacar que en el punto 9.7 de la citada resolución se expresa que:

*La Dirección Regional de la DGA, a través del Ord. 1041 de fecha 01 de Octubre de 2007, señala lo siguiente:*

*"El estudio de Impacto Ambiental carecía de gran cantidad de antecedentes necesarios para la correcta evaluación ambiental del proyecto, los cuales fueron solicitados a la titular a través del ICSARA N°1. La titular en su Adenda N°1 ha aportado una gran cantidad de antecedentes técnicos que no fueron incluidos tempranamente, en el EIA, no obstante, fueron realizados por la empresa durante los años 2004, 2005 y 2006. Estos corresponden, al menos a los siguientes estudios:*

*Línea de base ambiental proyecto explotación de aguas subterráneas a los salares del área sur oriental de la Segunda Región de Chile, sector Alto Socaire y trazado del acueducto hasta la mina Escondida, año 2004 (Anexo A-V.3.2);*

*Estudio geofísico Transiente Electromagnético (TEM), año 2005.*

*Estudio de imágenes satelitales para definir la Línea Base histórica medioambiental del Salar de Aguas Calientes (II) y Laguna Tuyajto, II Región, Chile, año 2006 (Anexo A-V.3.1).*

*Informe Wellfield Service Ltda., 2006.*

*Al respecto resulta necesario recalcar la importancia de este hecho por cuando, por una parte la titular no presentó en el EIA toda la información ambientalmente relevante que disponía, infringiendo el artículo 12 letra b) y f) del Reglamento SEIA. Por otra parte se entorpece y dificulta la tarea que tenemos los servicios con competencia ambiental de evaluar ambientalmente el proyecto, dada la gran cantidad de información que se debe revisar en un período inferior al que se tiene para revisar el EIA.*

*La Dirección General de Aguas, así como el Servicio Agrícola y Ganadero, han manifestado clara y reiterada, la opinión técnica de que la titular realice su proyecto sin generar impactos ambientales sobre las vegas, bofedales, vertientes y laguna, dada la calidad de áreas protegidas oficialmente. No obstante, la titular se ha limitado a insistir en que su proyecto no afectará tales áreas sensibles por cuanto cuenta con medidas de mitigación adecuadas. Frente a estas medidas de mitigación, ambos servicios con competencia ambiental han manifestado la existencia de incertidumbres tanto en la efectividad de las medidas como en el desconocimiento de la titular respecto de los niveles naturales del sistema y los valores para los cuales se activarán estas medidas de mitigación. Por lo tanto, la D.G.A. solicita a la autoridad ambiental que se propone el rechazo del proyecto en tanto el titular no acoja favorablemente los requerimientos solicitados por los servicios con competencia ambiental.”*

Además, conforme a la Minuta DCPRH N°72/2007 en su punto cuarto señala que:

“Este Servicio considera que no es factible aceptar impacto alguno sobre las Vegas y Bofedales de los sistemas Aguas Calientes II y Tuyajto, ya que son estos sistemas y no el acuífero en sí el objeto de protección ambiental, por lo que el titular deberá limitar el ejercicio de sus derechos de aprovechamiento de aguas de tal forma de no afectar las citadas vegas, de acuerdo a lo establecido en las respectivas Resoluciones de la Dirección General de Aguas, que constituyeron los derechos de aprovechamiento.”

Mientras que en su punto quinto indica que:

“El estudio de impacto ambiental debiera considerar el diseño de un Plan de Alerta Temprana, que avise anticipadamente los posibles efectos adversos sobre las vegas y bofedales. El espíritu de un Plan de Alerta Temprana es que el efecto sea predicho antes de que ocurra, y de esta manera, realizar las adecuaciones de explotación a fin de evitar el efecto, porque las posibilidades de revertir impactos en sistemas frágiles es difícil y una situación no deseable, desde la perspectiva de la DGA. El titular no presentó un plan de esta naturaleza en el EIA.”

Finalmente, se concluye que el Estudio de Impacto Ambiental evaluado adolece de información relevante y esencial, que no puede subsanarse mediante adenda, correspondiendo la aplicación del Artículo 24 del DS SEGPRES N°95/2001, y que el proyecto es legalmente improcedente por cuanto infringe la disposición de no afectar las Vegas Aguas Calientes (II) y Tuyajto, establecida en las resoluciones que

otorgaron los derechos de aprovechamiento.

A través de los diversos estudios de la zona en estudio ya citados en este informe, y del rechazo del estudio de impacto ambiental ya referido, se tiene que en la actualidad los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidos no pueden ser ejercidos.

Es preciso tener en consideración que la totalidad de estos derechos corresponden a derechos cuyo ejercicio se encuentra condicionado conforme al Artículo 149 N°7 del Código de Aguas<sup>12</sup>, ello, puesto que en las resoluciones se indica que: “se ejercitará de manera de no afectar las Vegas Aguas Calientes y Tuyajto”. Para ello se debe efectuar un seguimiento sobre los potenciales menoscabos que pueden tenerse sobre el medio ambiente o sobre derechos de terceros. Es decir, se trata de derechos cuyo ejercicio se encuentra condicionado al establecimiento de un Plan de Alerta Temprana<sup>13</sup>, señalándose explícitamente dos objetos de protección ambiental que deben ser preservados.

Cabe señalar que la Resolución DGA N°425/2007, en su Artículo 27 señala que: “La resolución que constituya un derecho de aprovechamiento de aguas podrá establecer especificaciones técnicas y modalidades al ejercicio del derecho, con el objeto de conservar el medio ambiente o proteger derechos de terceros. Con este propósito se podrán definir procedimientos, obligaciones y actividades orientados al pronóstico, seguimiento, evaluación y verificación de los efectos o impactos asociados a la explotación prevista y las medidas de corrección necesarias.”

Por otro lado, es preciso tener a la vista las conclusiones contenidas en la revisión del ya referido estudio de impacto ambiental por parte del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos, las cuales han sido categóricas al señalar que el proyecto infringe la disposición de no afectar las Vegas Aguas Calientes y Tuyajto, establecida en las resoluciones que otorgaron los derechos de aprovechamiento.

Cabe destacar que en el marco de este EIA, se desarrolló un modelo hidrogeológico para efectos de determinar la afectación que se tendría hacia los cuerpos protegidos. El primero, contemplando extracciones desde los campos de pozos en sus coordenadas originales, y una segunda, considerando nuevas ubicaciones para los pozos más cercanos a las áreas protegidas<sup>14</sup>. Sin, embargo, sin perjuicio de la reducción que se tiene del menoscabo para los niveles en el segundo caso respecto del primero, los descensos continúan siendo altísimos.

---

12 Inciso primero: “Otras especificaciones técnicas relacionadas con la naturaleza especial del respectivo derecho y las modalidades que lo afecten, con el objetivo de conservar el medio ambiente o proteger derechos de terceros.”

13 Cabe destacar que esta consideración ha sido expuesta análogamente por el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos (Minuta DCPRH N°72/2007; Punto 5° del capítulo: “Postura General del Servicio”, tal como se ha citado en el sub capítulo anterior de este informe).

14 Esta configuración asume la tramitación del cambio de punto de captación para determinados pozos.

A continuación se presenta una tabla en la que es posible apreciar los efectos que se tendrían según el referido EIA, para el primer escenario de modelación.

Tabla N°3.7.1: Efectos Escenario N°1

Sector	Año de manifestación de efectos	Año de máximo efecto	Reducción de caudal de descarga [%]	Descenso de niveles de agua [m]
Aguas Calientes II	1	20	77	0,3 – 4,0
Laguna Tuyajto	1	20	83	2,5 – 4,5

En el caso de modificar la configuración del campo de pozos, se tendrían los siguientes resultados:

Tabla N°3.7.2: Efectos Escenario N°2

Sector	Año de manifestación de efectos	Año de máximo efecto	Reducción de caudal de descarga [%]	Descenso de niveles de agua [m]
Aguas Calientes II	5	38	17	0,1 – 0,5
Laguna Tuyajto	1	23	33	0,4 – 1,1

Como se puede notar, los descensos continúan siendo muy altos en el segundo caso, teniéndose que ellos son ampliamente superiores a lo que este Servicio ha aceptado para situaciones relativamente similares<sup>15</sup>.

Sin perjuicio de que no existe una regla general respecto de descensos admisibles, puesto que estos deben estudiarse para cada caso, los resultados anteriores permiten visualizar que en el caso de explotarse los derechos de aprovechamiento de aguas constituidos a la fecha, se traducirían en un enorme menoscabo sobre los dos cuerpos de protección ambiental referidos, en concordancia con lo ya expuesto, por lo que los derechos de aprovechamiento constituidos superan ampliamente la capacidad de las cuencas en las cuales se encuentran, develándose la total interferencia que se tiene entre aguas subterráneas y superficiales, y la afectación sobre estas últimas ante una excesiva explotación de las primeras.

---

<sup>15</sup> Un descenso de hasta 25 cm ha sido aceptado por ejemplo en el Plan de Alerta Temprana para el Acuífero de Monturaqui-Negrillar-Tilopozo, para el caso de reducciones de niveles freáticos en zonas de descarga dada una explotación de aguas subterráneas ubicada aguas arriba.

Para la modelación se consideró una recarga de un 10% de la precipitación promedio de largo plazo, sin embargo, los resultados de las modelaciones desarrolladas en el referido EIA, muestran tal nivel de afección, que se deduce que el haber considerado un 10% de recarga en el largo plazo se constituye en una amplia sobreestimación de la recarga. Además, es preciso tener en cuenta que las cuencas en las cuales se encuentran otorgados estos derechos, se hayan conectadas hidrogeológicamente con otras cuencas vecinas, tal cual se ha concluido a través del SIT N°195.

En el estudio anteriormente referido, se ha determinado que existe una significativa conexión entre los acuíferos contenidos en las subcuencas de Pampa Puntas Negras, Laguna Lejía y Salar de Aguas Calientes.<sup>16</sup> Por otro lado, se tendría la conexión entre las subcuencas de Salar de El Laco, Pampa Colorada, Pampa Las Tepas, Laguna Tuyajto, Salar de Talar y Salar de Incahuasi<sup>17</sup>. Por lo tanto, es posible distinguir dos conjuntos de cuencas endorreicas, en las cuales el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidos significa un menoscabo sobre las áreas protegidas.

Sin perjuicio de los conjuntos de subcuencas referidas anteriormente, el ejercicio de los derechos constituidos sobre ambas se encuentra condicionado tanto a la no afectación de las áreas protegidas ubicadas en la subcuenca de Laguna Tuyajto, como a las que se tienen en la subcuenca de Salar de Aguas Calientes. Luego, en razón de ello, es que el resguardo de ambos conjuntos de cuencas se debe efectuar en forma integral, por medio de un único plan de alerta temprana, siendo todas las cuencas parte integrante de un único sector hidrogeológico de aprovechamiento común.

La interconexión de las cuencas permite comprender por ejemplo, el hecho de que desde Pampa Colorada se tengan derechos de aprovechamiento en suma por 185 [l/s], en una cuenca cuya recarga en el largo plazo no alcanza ni a un tercio del valor anterior, puesto que esta cuenca recibe significativos aportes. Asimismo, esta cuenca aporta recursos hacia Pampa Las Tepas y hacia Laguna Tuyajto, los cuales se verían significativamente mermados en el caso de que se explotasen a cabalidad los derechos otorgados. Es por esto que las subcuencas en estudio deben analizarse como un sistema interconectado.

Por otro lado, los derechos de aguas subterráneas constituidos se encuentran ubicados preferentemente aguas arriba de las zonas de descarga de estas cuencas, lo que es concordante con los ya referidos pronunciamientos por parte del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos. Además, como ya se ha abordado, el análisis debe considerar la estrecha relación que se tiene entre las aguas subterráneas y las aguas superficiales especialmente en esta zona, dadas las áreas bajo protección oficial.

---

16 Según el referido informe, esta subcuenca se denomina “Salar de Aguas Calientes 2”. Sin embargo, en este informe le denominaremos simplemente: “Salar de Aguas Calientes”, que es el nombre oficial de este salar (Carta IGM 1:50.000; 2315 – 6730.- Volcán Láscar; 1972).

17 La conexión del Salar de El Laco se ha determinado por gradientes de densidad para zonas profundas.

### 3.8.- Situación de disponibilidad

Los acuíferos contenidos en las cuencas en estudio se encuentran íntimamente conectados con las fuentes de aguas superficiales que se tienen. Por lo tanto, el volumen total anual de derechos comprometidos en el largo plazo corresponde a la suma de los volúmenes asociados a los derechos constituidos de aguas subterráneas y de aguas superficiales.

Además, se debe contemplar el volumen total anual de agua que se requiere para el mantenimiento de los ecosistemas que allí se tienen, es decir, el que se requiere desde lagunas y salares, así como especialmente el que requieren las vegas y bofedales, por tenerse que sus acuíferos corresponden a cuerpos de aguas que se encuentran bajo Protección Oficial.

Luego, se puede establecer una analogía entre oferta y demanda de recursos hídricos para efectos de verificar en qué situación se encuentra la disponibilidad.

En efecto, considerando los volúmenes referidos en los capítulos anteriores, en cuanto a derechos de aprovechamiento de aguas, se tiene un volumen total anual equivalente a 37.285.959 [m<sup>3</sup>/año]. Luego, si consideramos tanto la demanda de lagunas como la de vegas y bofedales, resulta que la demanda de recursos hídricos alcanza la cifra de 52.387.130 [m<sup>3</sup>/año].

En resumen, la situación general a nivel de sistema se resume en la tabla que se muestra a continuación<sup>18</sup>.

Tabla N°3.8.1: Volumen Sustentable v/s Demanda Comprometida

Sector Acuífero	Volumen Sustentable	Demanda Comprometida
	[m <sup>3</sup> /año]	[m <sup>3</sup> /año]
Cuencas Endorreicas en Sección Sur de la Puna de Atacama	22.750.900	52.387.130

Es decir, la demanda comprometida supera significativamente la disponibilidad u oferta de recursos hídricos.

---

<sup>18</sup> La demanda comprometida ha contemplado la suma de los volúmenes asociados a los derechos de aguas subterráneas y superficiales constituidos, así como la demanda proveniente de la evapotranspiración desde las vegas y bofedales protegidas conforme a la Res. DGA N°87/2006 y la evaporación desde las lagunas, para las mayor parte del sistema (Salar de Aguas Calientes, Laguna Tuyajto y Salar de El Laco). Luego, es preciso no confundir lo anterior con un balance hídrico. Es por ello que la sumatoria anterior en rigor corresponde a un límite inferior para el requerimiento que se tiene al interior del sistema de cuencas en estudio. Por ello es que la demanda total del sistema, de considerarse la demanda antrópica y natural total, resultaría aún mayor.

En este sentido podemos concluir que sobre el sector acuífero ya individualizado en el párrafo precedente, se estima que existe riesgo de grave disminución de sus niveles, con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él, por cuanto la demanda comprometida supera con creces a la oferta sustentable definida para la zona, no existiendo entonces disponibilidad de recursos hídricos subterráneos para otorgar nuevos derechos de aprovechamiento en calidad de definitivos.

En cuanto a derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de tipo provisionales, cabe señalar que este Servicio una vez que ha otorgado la totalidad del volumen sustentable en calidad de derechos de aprovechamiento de aguas de tipo definitivos, puede declarar el sector acuífero como área de restricción y otorgar derechos provisionales sólo si se estima prudente, analizando aspectos tales como los niveles de explotación del acuífero y niveles de aguas subterráneas.

Con el fin de evaluar el volumen de aguas subterráneas susceptible de ser otorgado como derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en calidad de provisionales, de acuerdo al procedimiento establecido en el Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos de este Departamento, modificado según la Resolución DGA (Exenta) N°2.455/2011, se tiene que los derechos provisionales factibles de otorgar, podrán quedar determinados al emplear otro sector hidrogeológico de aprovechamiento común como patrón o referencia.

Lo anterior podrá aplicarse en la medida que las características de este sector hidrogeológico sean comparables, que no existan antecedentes que indiquen afección a derechos de terceros ni a la fuente. El sector patrón se definirá en función de las características hidrogeológicas, régimen hídrico, características morfológicas, ubicación geográfica e interrelación con fuentes superficiales, y la relación existente entre el volumen sustentable y la demanda comprometida.

Sin embargo, sobre un sector acuífero que presente características particulares que no permitan asociar un sector hidrogeológico a utilizar como patrón o referencia, se podrán otorgar derechos provisionales en magnitud equivalente a su volumen sustentable, esto, sobre la base de que se implementará un monitoreo efectivo del acuífero, y dado que pueden ser dejados sin efecto en caso de detectarse afección a derechos de terceros.

En lo que respecta al sector acuífero denominado Cuencas Endorreicas en Sección Sur de la Puna de Atacama, sus características hidrogeológicas, régimen hídrico, morfología, ubicación geográfica e interrelación con fuentes superficiales, y la relación existente entre el volumen sustentable y la demanda comprometida, se concluye que el sector hidrogeológico de aprovechamiento común aquí analizado, presenta características particulares que no permiten establecer un sector a utilizar como patrón.

Así, para el sector acuífero en cuestión, y en virtud de sus características particulares, no existe un sector hidrológico de aprovechamiento común patrón con el cual asociarlo, estimando los derechos provisionales en una magnitud equivalente al volumen sustentable de dicho sector.

A continuación se presenta el volumen total factible de otorgar como derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas para el sector acuífero.

Tabla N°3.8.2: Volumen total factible de otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas

Sector Acuífero	Volumen Sustentable	Factor	Disponibilidad Total (definitivos + provisionales)
	[m3/año]		[m3/año]
Cuencas Endorreicas en Sección Sur de la Puna de Atacama	22.750.900	2	45.501.800

En cuanto al volumen susceptible de ser constituido como derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de tipo provisionales, cabe señalar que éste correspondería a la diferencia que se tiene entre el volumen asociado a la Disponibilidad Total y a la Demanda Comprometida, valores que se han presentado en las tablas 3.8.2 y 3.8.1 respectivamente.

Sin embargo, dado que la Disponibilidad Total es ampliamente inferior a la Demanda Comprometida, se tiene que tampoco es factible el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de tipo provisionales.

#### 4.- CONCLUSIONES

El análisis sobre el conjunto de cuencas endorreicas abordadas en este informe, cuyas aguas subterráneas se constituyen en el Sector Acuífero de Cuencas Endorreicas en Sección Sur de la Puna de Atacama, se traduce en síntesis en que:

- El caudal máximo admisible conservando un nivel de explotación sustentable es de 721,43 [l/s], equivalente a 22.750.900 [m<sup>3</sup>/año].
- De este estudio, y conforme a la demanda comprometida a la fecha, se estima que existe riesgo de grave disminución de dicho acuífero con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él, por lo cual corresponde proceder de acuerdo a lo estipulado en el artículo 63 del Código de Aguas.
- En el sector acuífero en análisis, el cual corresponde a un único sector hidrogeológico de aprovechamiento común, denominado Cuencas Endorreicas en Sección Sur de la Puna de Atacama, se han constituido a la fecha derechos de aprovechamiento de aguas que comprometen toda la disponibilidad determinada por este Servicio para la constitución de derechos de aprovechamiento tanto definitivos como provisionales, por lo cual en virtud del Artículo 35 del Decreto Supremo MOP N°203/2013, procede declarar Zona de Prohibición para el sector hidrogeológico de aprovechamiento común de Cuencas Endorreicas en Sección Sur de la Puna de Atacama, el cual queda definido geográficamente en el mapa N°1 presentado en Anexos.
- En el caso de que en el futuro se deseen emplear los derechos de aprovechamiento de aguas constituidos, se deberá contar con un Plan de Alerta Temprana para el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de aguas otorgados.
- Para el referido programa de control, se deberán identificar los objetos de protección ambiental que deberán ser preservados, entre los cuales se encuentran las áreas bajo protección oficial referidas en el capítulo 3.6 del presente informe, así como la Laguna Lejía.
- Dicho esquema de control deberá considerar la no afección sobre los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales constituidos.
- Además, dicho programa de monitoreo deberá contemplar la modelación del sistema hidrogeológico considerando los caudales máximos asociados a los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales conforme al capítulo 3.4 de este informe, así como los requerimientos específicos de los cuerpos de aguas protegidos, tanto en calidad de aguas como en cantidad de aguas.

- Al considerar el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales, se tendrá evidentemente, que el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidos será aún más restrictivo. Ello, dado que en la modelación efectuada en el marco del referido EIA no se contemplaron las extracciones relativas a las citadas regularizaciones, puesto que su constitución es posterior a la fecha de dicho estudio.
- Sin perjuicio de que existe una delimitación específica para los acuíferos que alimentan vegas y bofedales conforme al SIT 111 (2006), por medio del ya referido EIA rechazado según la Resex. COREMA II N°366/2007, y del SIT N°195, se ha demostrado que las superficies relativas a dichos acuíferos son mucho mayores, y que en la práctica los acuíferos deben considerarse en forma completa en las cuencas contempladas en este informe, dada la conexión hidrogeológica de largo plazo, por medio de la cual se ha demostrado que todas ellas son parte integrante de un único sistema acuífero.
- En atención a la interconexión de las cuencas en estudio, el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de aguas constituidos podría significar un menoscabo de los flujos subterráneos que se tienen hacia la cuenca de Salar de Incahuasi, la cual es compartida con Argentina. Por lo tanto, debe tenerse en consideración el DS MINREL N°67/1992, el cual promulga el tratado con Argentina sobre Medio Ambiente y sus Protocolos Específicos Adicionales sobre Protección del Medio Ambiente Antártico y Recursos Hídricos Compartidos, suscrito el 2 de Agosto de 1991. Es por ello que el Plan de Alerta Temprana que se desarrolle para el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidos deberá contemplar medidas específicas en este sentido, con la finalidad de impedir que el ejercicio de ellos no signifique un menoscabo sobre el flujo subterráneo hacia la Cuenca de Incahuasi.

**Pablo Enrique Schnake Gálvez**  
Departamento de Administración  
de Recursos Hídricos  
Dirección General de Aguas

**LMR/ CFF/ PSG/ psg**

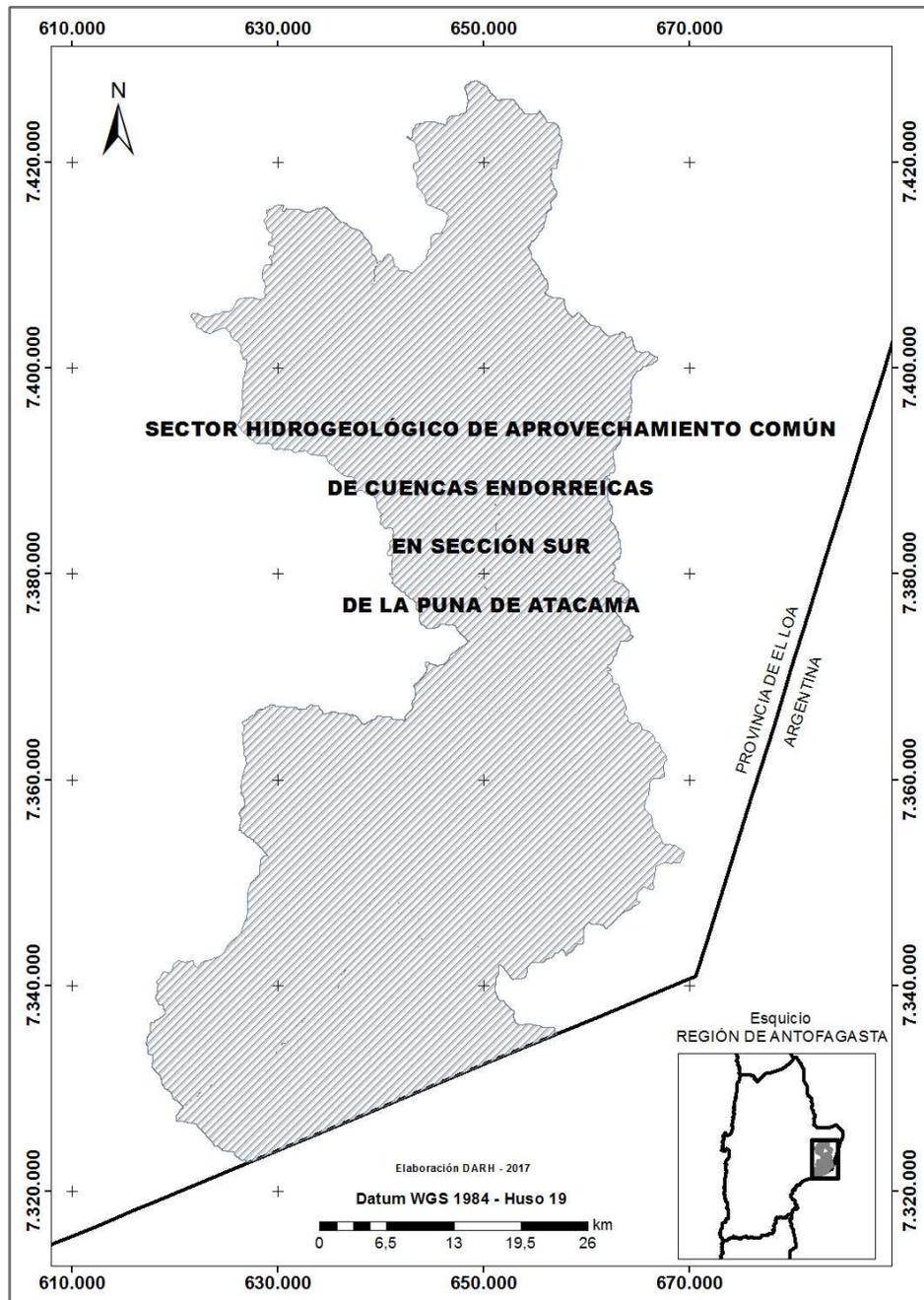
## **ANEXOS**

## 1.- Cálculo del Volumen Sustentable

En la siguiente tabla es posible apreciar la información que se ha utilizado para el cálculo del volumen sustentable.

Subcuenca	Precipitación	Área	Volumen	Percolación	Caudal equivalente
	[mm/año]	[Km2]	[m3/ año]	[m3]	[l/s]
Laguna Lejía	150	239,1	35.865.000	1.793.250	56,86
Salar de Aguas Calientes	150	854,3	128.145.000	6.407.250	203,17
Pampa Puntas Negras	150	201,1	30.165.000	1.508.250	47,83
Laguna Tuyajto	180	248,6	44.748.000	2.237.400	70,95
Pampa Colorada	200	58	11.600.000	580.000	18,39
Pampa Las Tecas	200	109,2	21.840.000	1.092.000	34,63
Salar de El Laco	200	246,3	49.260.000	2.463.000	78,10
Salar de Talar	150	501,4	75.210.000	3.760.500	119,24
Salar de Incahuasi (Sección Chilena)	150	387,9	58.185.000	2.909.250	92,25
Total	-	2.845,90	455.018.000	22.750.900	721,43

2.- Mapa N°1: Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común



### 3.- Referencias

Los siguientes documentos han sido revisados para efectos del desarrollo del presente análisis:

1. S.I.T N°51: Geoquímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones – Chile. Volumen III: Estudio de Cuencas de la II Región. Enero de 1999.
2. S.I.T. N°111: Actualización Delimitación de Acuíferos que Alimentan Vegas y Bofedales de la Región de Antofagasta, Año 2006. Enero de 2006.
3. S.I.T. N°157: Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II, III. Etapa 1.- Hidrografía Regional del Altiplano de Chile. Diciembre de 2008.
4. S.I.T. N°195: Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II, III. Etapa 2. Sistema Piloto II Región. Noviembre de 2009.
5. Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta (CONAMA II Región, Septiembre de 2002).
6. SIT N° 291: Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta, Diciembre de 2012.
7. Balance Hídrico de Chile, Dirección General de Aguas, 1987.
8. Mapa Hidrogeológico de Chile, Dirección General de Aguas, 1986.

9. Estudio del Mapa Hidrogeológico Nacional, DGA, 1986.
10. Estudio de Impacto Ambiental: "Suministro de Agua Pampa Colorada", Minera Escondida Limitada.
11. Informe Consolidado de Evaluación – Estudio de Impacto Ambiental Proyecto "Suministro de Agua Pampa Colorada, COREMA Región de Antofagasta, Octubre de 2007.
12. Minuta DCPRH N°70/2007.
13. Minuta DCPRH N°72/2007.
14. Resolución Exenta COREMA Región de Antofagasta N°366/2007.
15. Disponibilidad de Recursos Subterráneos en el Sistema Tuyajto.- Geoaguas Consultores, 2010.
16. Res. DGA N°87/2006.- Modifica Resolución DGA N°529 de 2003 en el sentido de actualizar Identificación y Delimitación de Acuíferos que Alimentan Vegas y Bofedales de la II Región de Antofagasta.
17. Análisis de Requerimientos Hídricos de Vegas y Bofedales en el Norte de Chile. DEP – DGA, 2000.