



GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

**INFORME TECNICO N° 253**

SANTIAGO, 10 de junio de 2009

**DECLARACIÓN ÁREAS DE RESTRICCIÓN  
SECTORES HIDROGEOLÓGICOS DE APROVECHAMIENTO COMUN DEL  
ACUÍFERO DEL HUASCO.**

---

**1. INTRODUCCION**

El objetivo del presente informe es analizar la situación de los sectores acuíferos de aprovechamiento común del acuífero del Huasco, con el objeto de demostrar la procedencia de declararlo Área de Restricción por parte de la Dirección General de Aguas.

**2. ANTECEDENTES GENERALES**

En el mes de junio del año 2007, se realizó el estudio SIT N° 131 "EVALUACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN MÁXIMA SUSTENTABLE DEL ACUÍFERO DEL HUASCO, Modelación Hidrogeológica del Valle del Río Huasco" dicho estudio comprendió la cuenca del río Huasco completa, considerándose el área modelada como el llano principal de la cuenca, desde el Embalse Santa Juana hasta la desembocadura en el mar. El resto de la cuenca, es decir la zona aguas arriba del Embalse Santa Juana, fue tratada por medio de un balance hídrico donde se estableció una estimación de los recursos disponibles en los someros acuíferos del sector.

Por su parte el Informe Técnico SDT N° 271 de abril de 2009 "REEVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS DEL ACUÍFERO DEL RÍO HUASCO AGUAS ABAJO DEL EMBALSE SANTA JUANA" realizó una reevaluación de la determinación del caudal de referencia en el río (caudal con 85% de probabilidad de excedencia), determinando nuevas disponibilidades en algunos sectores acuíferos, en el sentido que dicha disponibilidad de los recursos hídricos de la cuenca del río Huasco está fuertemente influenciada por la operación del Embalse Santa Juana, tanto aguas arriba como aguas abajo de la cuenca. En particular aguas abajo, donde la disponibilidad es consecuencia directa del efecto regulador del embalse sobre dicho río y del funcionamiento de los canales de riego.

En ambos estudios se tiene la revisión completa de los antecedentes existentes en el ámbito de los recursos hídricos para la cuenca del Huasco, la definición de un marco hidrogeológico actualizado, como la actualización de los catastros de derechos de aprovechamientos de aguas subterráneas.

### 3. ANÁLISIS TECNICO

#### 3.1 Delimitación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común.

El área de estudio se encuentra principalmente en la Región de Atacama, en la provincia de Huasco, comunas de Huasco, Freirina, Vallenar y Alto del Carmen; y parte de la Región de Coquimbo, provincia de Elqui, comuna de Vicuña, quedando definida por la cuenca del Río Huasco y sus afluentes.

La sectorización del acuífero de la Cuenca del Huasco se presenta en la siguiente tabla:

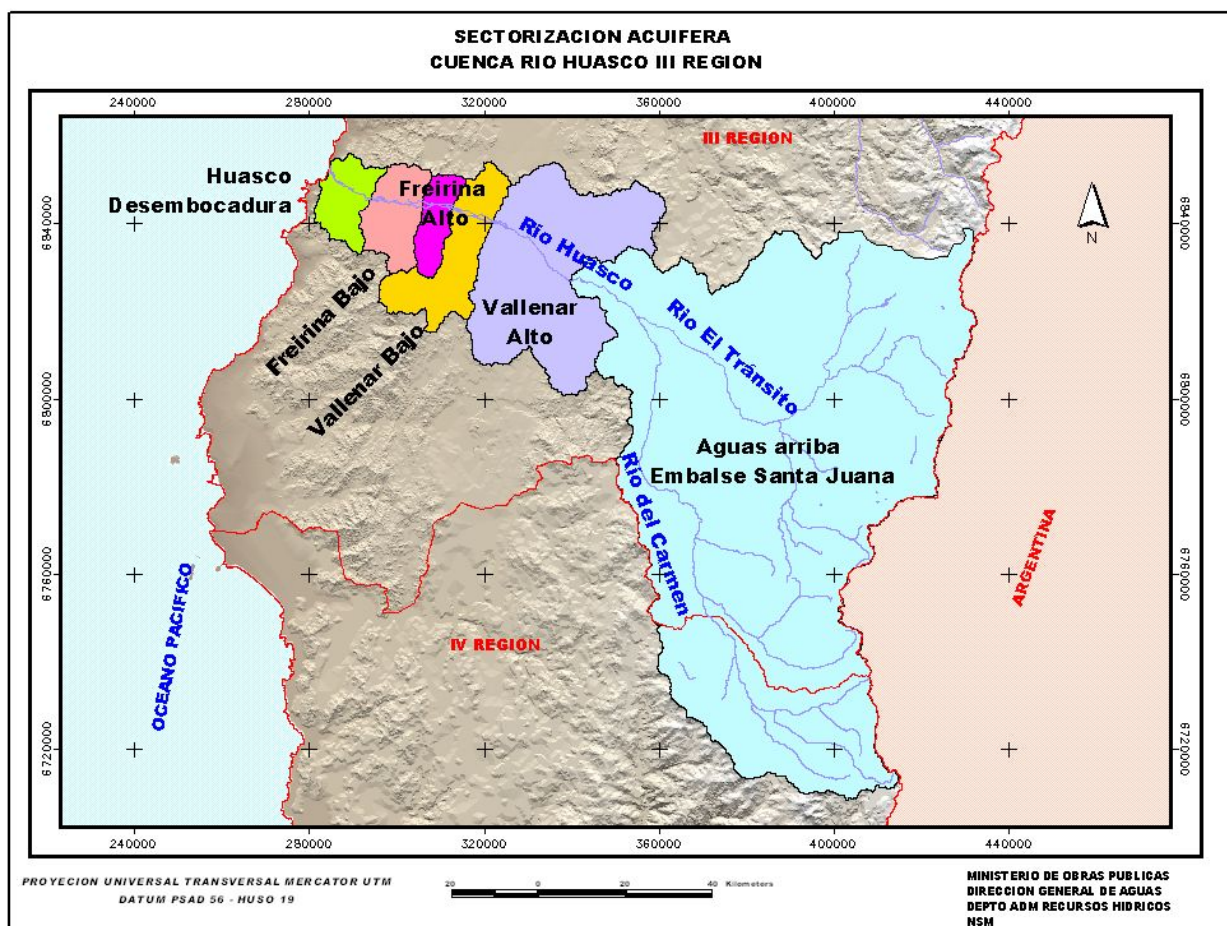
**Tabla N° 1 Descripción de los Subsectores Acuíferos.**

Subsectores Acuíferos
Huasco Desembocadura
Freirina Bajo
Freirina Alto
Vallenar Bajo
Vallenar Alto
Aguas Arriba E. Santa Juana

La sectorización presentada en la Tabla 1, responde a criterios técnicos de tipos hidrológicos e hidrogeológicos y de modelación de aguas subterráneas. Los sectores Huasco Desembocadura, Freirina Bajo, Freirina Alto, Vallenar Bajo y Vallenar Alto, se encuentran en el área de evaluación del modelo hidrogeológico desarrollado en el estudio SIT N° 131 “EVALUACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN MAXIMA SUSTENTABLE DEL ACUÍFERO DEL HUASCO, Modelación Hidrogeológica del Valle del Río Huasco”, es decir desde la desembocadura del río Huasco en el océano Pacífico y el embalse Santa Juana localizado aguas arriba de la ciudad de Vallenar.

Por otro lado, el subsector denominado “Aguas Arriba Embalse Santa Juana”, corresponde a todo el acuífero existente en la cuenca del río Huasco aguas arriba del embalse Santa Juana y cuya disponibilidad fue evaluada a partir de métodos de balances de agua. El Mapa N° 1 muestra la ubicación geográfica de cada uno de los sectores descritos anteriormente.

Mapa N°1



El estudio SIT N° 131 “EVALUACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN MÁXIMA SUSTENTABLE DEL ACUÍFERO DEL HUASCO, Modelación Hidrogeológica del Valle del Río Huasco” utilizó un escenario base correspondiente a un escenario inicial equivalente a un sistema en régimen natural en que no existen extracciones de agua subterránea.

Esta sectorización del acuífero del Huasco permitió obtener los caudales máximos de explotación. Por lo tanto, esta sectorización se ha tomado como definitiva para efectos de administración de recursos hídricos.

El sector Aguas Arriba Embalse Santa Juana, se ha subdividido en tres subsectores hidrogeológicos de interés, y corresponden a los que siguen:

<b>Aguas Arriba Embalse Santa Juana</b>
Embalse Santa Juana
El Tránsito
Río del Carmen

### 3.2 Situación Demanda Actual.

- a. En el Anexo 1 se presentan los listados con solicitudes de aguas subterráneas, correspondientes al área de estudio, ingresadas a la Dirección General de Aguas hasta marzo del 2009, que se encuentran constituidas, en trámite, aquellas que pueden ser regularizadas a través del Art. 2 Transitorio del Código de Aguas y las solicitudes ingresadas a la Dirección por los Art. 4 y 6 Transitorio de la Ley N° 20.017 de 2005.

El coeficiente de uso previsible refleja la naturaleza de la explotación de aguas subterráneas, que hace que las captaciones sean empleadas sólo en forma temporal y de ese modo, la extracción media de largo plazo desde el acuífero sea sustancialmente menor que la explotación máxima autorizada como derecho de aprovechamiento.

La hipótesis inicial es que la captación de aguas subterráneas se usará según los fines del peticionario original (Empresa Sanitaria → Agua Potable (AP), Empresa Minera → Minería (M), Agricultor → Riego (R); etc). Según la naturaleza del peticionario original, existen coeficientes técnicos, dados por estudios específicos, información proveniente de organismos técnicos, o la experiencia práctica. En este sentido el coeficiente de uso previsible se estimó en base a antecedentes recopilados en la región, información recolectada de encuestas a usuarios a través de catastros, registros de extracción, información de la SISS y de diversos estudios realizados sobre la materia y corresponden a los que se presentan en la Tabla 2:

**Tabla 2: Coeficiente de uso previsible por Actividad.**

<b>Actividad</b>	<b>Coeficiente</b>
Agua potable	0,75
Riego	0,20
Industrial	0,30

- b. La Tabla N° 3 muestra la demanda de aguas subterráneas para 8 sectores que conforman el acuífero de la cuenca del río Huasco, en términos del número de expedientes, número de pozos, demanda solicitada, y demanda comprometida hasta el mes de marzo de 2009.

Se entiende como demanda solicitada la demanda total en el sistema hasta marzo de 2009, mientras que demanda comprometida se entiende como la suma de todos los derechos otorgados en términos de usos preVISIBLES, cuya fecha de ingreso es anterior al último

derecho constituido, dentro de las cuales están consideradas las solicitudes tramitadas por el artículo 6º transitorio y aquellas que se encuentran aprobadas del artículo 4º transitorio de la Ley 20.017 que modificó el Código de Aguas. Se incluyen como demanda comprometida, aquellas solicitudes tramitadas por el artículo 4º transitorio que corresponden a las presentadas por pequeños productores agrícolas y campesinos que se encuentran definidos en el artículo 13 de la Ley N° 18.910.

- c. En la situación de la demanda actual, los derechos denegados y las solicitudes desistidas no se consideran dentro del volumen acumulado total m³/año.
- d. En aquellas solicitudes pendientes por un caudal solicitado mayor a 10 l/seg., se consideran como usos previsibles el volumen máximo correspondiente a dicha solicitud, en el supuesto que la cantidad de aguas que se necesita extraer, según el uso que se le dará, sea justificada en la memoria explicativa.

**Tabla N° 3 Resumen demanda vigente Sector Acuífero Huasco.**

	Nº Expedientes	Nº Solicitudes	Demanda previsible Vigente Comprometida Volumen (m³/año)	Demanda Total Previsible Vigente Volumen (m³/año)
Huasco Desembocadura	1	7	3.311.280	3.311.280
Freirina Bajo	9	10	12.614	2.081.376
Freirina Alto	11	14	75.592	8.224.494
Vallenar Bajo	13	14	810.475	5.484.110
Vallenar Alto	26	35	9.165.875	16.920.986
Embalse Santa Juana	2	2	151.136	151.136
El Tránsito	41	52	3.209.973	45.337.655
Río del Carmen	12	12	967.694	5.083.142

### 3.3 Situación del Sistema.

El Informe Técnico SDT N° 271 de abril de 2009 “REEVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS DEL ACUÍFERO DEL RÍO HUASCO AGUAS ABAJO DEL EMBALSE SANTA JUANA” a partir de una reevaluación del caudal de referencia en el río (caudal con 85% de probabilidad de excedencia), con el fin de considerar el efecto regulador del Embalse Santa Juana, modifica los valores de los Volúmenes Sustentables en los sectores acuíferos ubicados aguas abajo de éste, permaneciendo los valores determinados en el SIT N° 131 de 2007 para los sectores ubicados aguas arriba (Embalse Santa Juana, El Tránsito y Río del Carmen).

La disponibilidad de agua subterránea en el valle del río Huasco para cada uno de los sectores acuíferos ubicados aguas abajo del Embalse Santa Juana se obtiene entre el caudal de explotación de agua subterránea versus el efecto o pérdida de caudal del río, la relación entre ambos caudales es prácticamente de uno a uno, es decir, las extracciones se reflejan íntegramente en las pérdidas del río y dentro de cada subsector. Por lo tanto, la disponibilidad de cada sector acuífero queda determinada por el 10% del caudal 85% del río, correspondiente al escenario 11 del estudio SIT 131.

Por otro lado, los subsectores ubicados aguas arriba del embalse Santa Juana fueron tratados por medio de un balance hídrico donde se estableció una estimación de los recursos disponibles en los someros acuíferos del sector, por lo que se obtiene la disponibilidad de aguas subterráneas mediante a la determinación de la recarga al acuífero.

En este sentido la disponibilidad de de aguas subterráneas en el acuífero del Huasco queda definida en la tabla siguiente en términos de volumen m<sup>3</sup>/año.

**Tabla 4: Disponibilidad agua subterránea Acuífero del Huasco**

Subsector	Volumen sustentable m <sup>3</sup> /año
Huasco Desembocadura	819.936
Freirina Bajo	1.860.624
Freirina Alto	3.090.528
Vallenar Bajo	3.910.464
Vallenar Alto	5.171.904
Embalse Santa Juana	693.792
El Tránsito	4.793.472
Río del Carmen	2.743.632

Al considerar la disponibilidad de agua subterránea sustentable por sector en la cuenca del río Huasco, frente a la demanda previsible vigente expresadas en volumen m<sup>3</sup>/año observamos que el volumen sustentable es superado por la demanda en los sectores de Huasco Desembocadura, Freirina Bajo, Freirina Alto, Vallenar Bajo, Vallenar Alto, el Tránsito y Río del Carmen como se puede corroborar en la tabla siguiente:

**Tabla 5: Disponibilidad agua subterránea y Demandas en Acuífero del Huasco**

Subsector Acuífero	Volumen Sustentable (m³/año)	Demanda previsible Vigente Comprometida Volumen (m³/año)	Demanda Total Previsible Vigente Volumen (m³/año)
Huasco Desembocadura	819.936	3.311.280	3.311.280
Freirina Bajo	1.860.624	12.614	2.081.376
Freirina Alto	3.090.528	75.592	8.224.494
Vallenar Bajo	3.910.464	810.475	5.484.110
Vallenar Alto	5.171.904	9.165.875	16.920.986
Embalse Santa Juana	693.792	151.136	151.136
El Tránsito	4.793.472	3.209.973	45.337.655
Río del Carmen	2.743.632	967.694	5.083.142

### 3.4 Criterios a cumplir en una Explotación Sustentable

La Dirección General de Aguas maneja una serie de criterios a cumplir en una explotación sustentable, los primeros corresponden a los criterios de sustentabilidad en sectores acuíferos abiertos, y los segundos, a criterios de sustentabilidad en sectores acuíferos cerrados.

A continuación se presentan los criterios que se deben cumplir en aquellos sectores en que se requiere evaluar la demanda máxima sustentable, esto es, se debe maximizar la explotación posible de obtener en cada sector acuífero, sujeto a una serie de restricciones:

#### 3.4.1. Criterios De Sustentabilidad Sectores Acuíferos Abiertos

**Criterio 1: Descensos sustentables en el tiempo a nivel de sector acuífero.** Es decir, los descensos generales en el sector deben estar estabilizados para una operación del sistema de 50 años.

Se considera que un descenso sustentable es aquel no mayor a 1[m] en los últimos 20 años del tiempo de operación total (50 años de simulación), en caso contrario se considera que los descensos son sostenidos.

Si los descensos son sostenidos:

Se considera que el volumen de afección sobre el acuífero en el largo plazo (50 años) no debe afectar más allá de un 5% del volumen total del acuífero. En caso contrario, el sistema acuífero será considerado con afección y se deberá cerrar el acuífero.

$$\frac{V_0 - V_{50}}{V_0} < 0,05$$

Donde  $V_{50}$  indica el volumen del acuífero a los 50 años de operación indicados por el modelo y  $V_0$  corresponde al volumen inicial en el acuífero.

En caso que los descensos sean sostenidos y no se cumpla la condición de cierre para volúmenes, se deberá aumentar la extracción hasta alcanzar la condición del 5%.

**Criterio 2: Interferencia río acuífero.** Este criterio busca no afectar los recursos superficiales ya comprometidos. El grado de interacción debe ser menor que 10% de los flujos superficiales pasantes en cada una de las zonas, evaluados como el caudal promedio anual de 85% de probabilidad de excedencia.

La afección sobre el cauce superficial se define como  $\Delta Q$ , termino compuesto por dos variables:

- Aumento de infiltración en el sector acuífero debido al aumento de la explotación.
- Disminución de los afloramientos del río.

$$\Delta Q \leq 10\% \cdot Q_{ANUAL, 85\%}$$

**Criterio 3: Satisfacción de la Demanda.** Para cada sector hidrogeológico, el modelo debe permitir una extracción mínima de un 95% del caudal ingresado como demanda y la oferta estará dada por el caudal de los pozos que el modelo indica que son factibles de obtener.

$$Q_{OFERTA} > 95\% \cdot Q_{DEMANDA}$$

**Criterio 4: Pozos Secos.** En cada sector hidrogeológico no debe haber más de un 5% de pozos desconectados o colgados. En caso contrario el sector quedará cerrado. Esta condición apunta a respetar derechos de terceros sin importar la cantidad que extraiga cada pozo.

$$\frac{N_{POZOS SECOS}}{N_{TOTAL POZOS}} < 5\%$$

**Criterio 5: Afección a Sectores Abiertos.** Verificar que el aumento de extracciones desde un sector no afecte la disponibilidad sustentable desde otro sector aguas abajo.

El cumplimiento de este criterio estará dado porque ninguno de los sectores abiertos en que se aumente la demanda provoque el no cumplimiento de los criterios para los otros sectores abiertos, o para los sectores cerrados (dichos criterios para los sectores cerrados se especifican en el siguiente punto).



### **3.4.2. Criterios De Sustentabilidad Sectores Acuíferos Cerrados**

Los criterios a utilizar para estos sectores cerrados, son los siguientes:

**Criterio 1: Descensos sustentables.** No se puede afectar el volumen almacenado del sector acuífero que ha sido cerrado, en más de un dígito porcentual. Es decir, si el sector acuífero ha sido cerrado por descensos sostenidos con una afección sobre el volumen total almacenado de N%, no es permitido que esta afección aumente al (N+1)%. Si esto se produce, aquel sector abierto que provoque dicho efecto, deberá ser cerrado.

**Criterio 2: Interferencia río acuífero.** No se puede aumentar el grado de interferencia río acuífero en un sector que ha sido cerrado en más de un dígito porcentual. Es decir, si el sector acuífero ha sido cerrado por interferencia río acuífero con una afección del N%, no es permitido que esta afección aumente al (N+1)%. Si esto sucede, el sector abierto que provoque este aumento deberá cerrarse.

**Criterio 3: Satisfacción de la Demanda.** No se puede disminuir el grado de cumplimiento de la demanda en un sector cerrado en más de un dígito porcentual. Es decir, si el sector acuífero ha sido cerrado por cumplimiento de la demanda de un N%, no es permitido que este cumplimiento disminuya a un (N-1)%. Si esto sucede, el sector abierto que provoque esta disminución deberá cerrarse.

**Criterio 4: Pozos Secos.** Si en uno de los sectores cerrados, se seca un nuevo pozo, se deberá cerrar aquel sector (abierto) en que se aumentó la demanda y que provocó este nuevo pozo seco en el sector cerrado.

### **3.5 Declaración de un Área de Restricción.**

La Declaración de Área de Restricción tiene como normativa legal el Art. 65 del Código de Aguas y arts. 28 al 31 Resolución 425 de 2007. El referido Artículo 65 señala que, cuando los antecedentes sobre la explotación del acuífero demuestren la conveniencia de declarar área de restricción, la Dirección General de Aguas deberá así decretarlo.

Esta determinación, según la normativa, se hace en base a estudios que demuestren que existe riesgo de grave disminución de un determinado acuífero, correspondiente a una medida de carácter preventivo y no necesariamente a la constatación de un deterioro real en la actualidad; es decir, en ningún caso se establece como requisito para la declaración de área de restricción que exista constatación de efectos negativos en el acuífero.

El artículo 31 de la Resolución 425 de 2007 establece que para declarar áreas de restricción, debe ocurrir una o más de las siguientes circunstancias:

- a) Que los descensos generalizados provoquen el agotamiento de algunas zonas del acuífero, imposibilitando la extracción de aguas subterráneas de derechos de aprovechamiento existentes en la zona.
- b) Que la recarga del acuífero sea superada, produciendo descensos sostenidos de sus niveles, al grado que provoque reducciones superiores al cinco por ciento del volumen de almacenamiento en un plazo de cincuenta años.
- c) Que se produzca afectación a los caudales de los cursos de aguas superficiales y vertientes en más de un diez por ciento del caudal medio de estiaje del año con un ochenta y cinco por ciento de probabilidad de excedencia, afectando derechos de aprovechamiento existentes.
- d) Que exista peligro de contaminación del acuífero por desplazamiento de aguas contaminadas o de la interfase agua dulce-salada en sectores próximos a aguas salobres, comprometiendo las captaciones existentes.
- e) Que exista peligro de afección al medio ambiente en los sectores protegidos indicados en el artículo 22 letra f) de la resolución 425 de 2007.

#### 4. CONCLUSIONES

La Dirección General de Aguas ha analizado la situación del sector hidrogeológico de aprovechamiento común de El río Huasco en sus sectores de Huasco Desembocadura, Freirina Bajo, Freirina Alto, Vallenar Bajo, Vallenar Alto, Embalse Santa Juana, el Tránsito y Río del Carmen con el objeto de determinar la conveniencia de declarar Área de Restricción. Dichos sectores se muestra en el Mapa N° 1 del presente informe.

La Declaración de Área de Restricción tiene como normativa legal el Art. 65 del Código de Aguas y arts. 28 al 31 Resolución 425 de 2007. El referido Artículo 65 señala que, cuando los antecedentes sobre la explotación del acuífero demuestren la conveniencia de declarar área de restricción, la Dirección General de Aguas deberá así decretarlo.

Los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común de Huasco Desembocadura, Freirina Bajo, Freirina Alto, Vallenar Bajo, Vallenar Alto, Embalse Santa Juana, el Tránsito y Río del Carmen fueron definidos por la Dirección General de Aguas, en base a criterios hidrológicos e hidrogeológicos.

En base a los estudios realizados se tiene que en los sectores de Huasco Desembocadura, Freirina Bajo, Freirina Alto, Vallenar Bajo y Vallenar Alto, se produce afección a los caudales de los cursos de aguas superficiales y vertientes en más de un 10% del caudal medio de estiaje del año con un 85% de probabilidad de excedencia, afectando derechos de aprovechamiento de aguas existentes. Por lo tanto, se cumplen las condiciones señaladas en el artículo 65 del Código de Aguas y en el artículo 31 letras c) de la Resolución DGA N° 425 de 2007, estimándose conveniente declarar área de restricción los mencionados sectores acuíferos.

Mientras que para los sectores de El Tránsito y Río del Carmen, se tiene que en consideración a la realización del balance entre la recarga y los usos existentes y previsibles con la demanda total vigente en dichos sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, se determinó que existe riesgo de un descenso generalizado de los niveles que afecte la capacidad productiva de los sectores acuíferos, debido a una insuficiente recarga en relación a la explotación de los derechos, en este sentido se cumplen las condiciones señaladas en el artículo 65 del Código de Aguas y en el artículo 31 letras b) de la Resolución DGA N° 425 de 2007, estimándose conveniente declarar área de restricción los mencionados subsectores acuíferos.

Por lo tanto corresponde Declarar Área de Restricción en el sistema acuífero de aprovechamiento común de El río Huasco, los sectores de Huasco Desembocadura, Freirina Bajo, Freirina Alto, Vallenar Bajo, Vallenar Alto, El Tránsito y Río del Carmen, representados geográficamente en el Mapa N° 2.

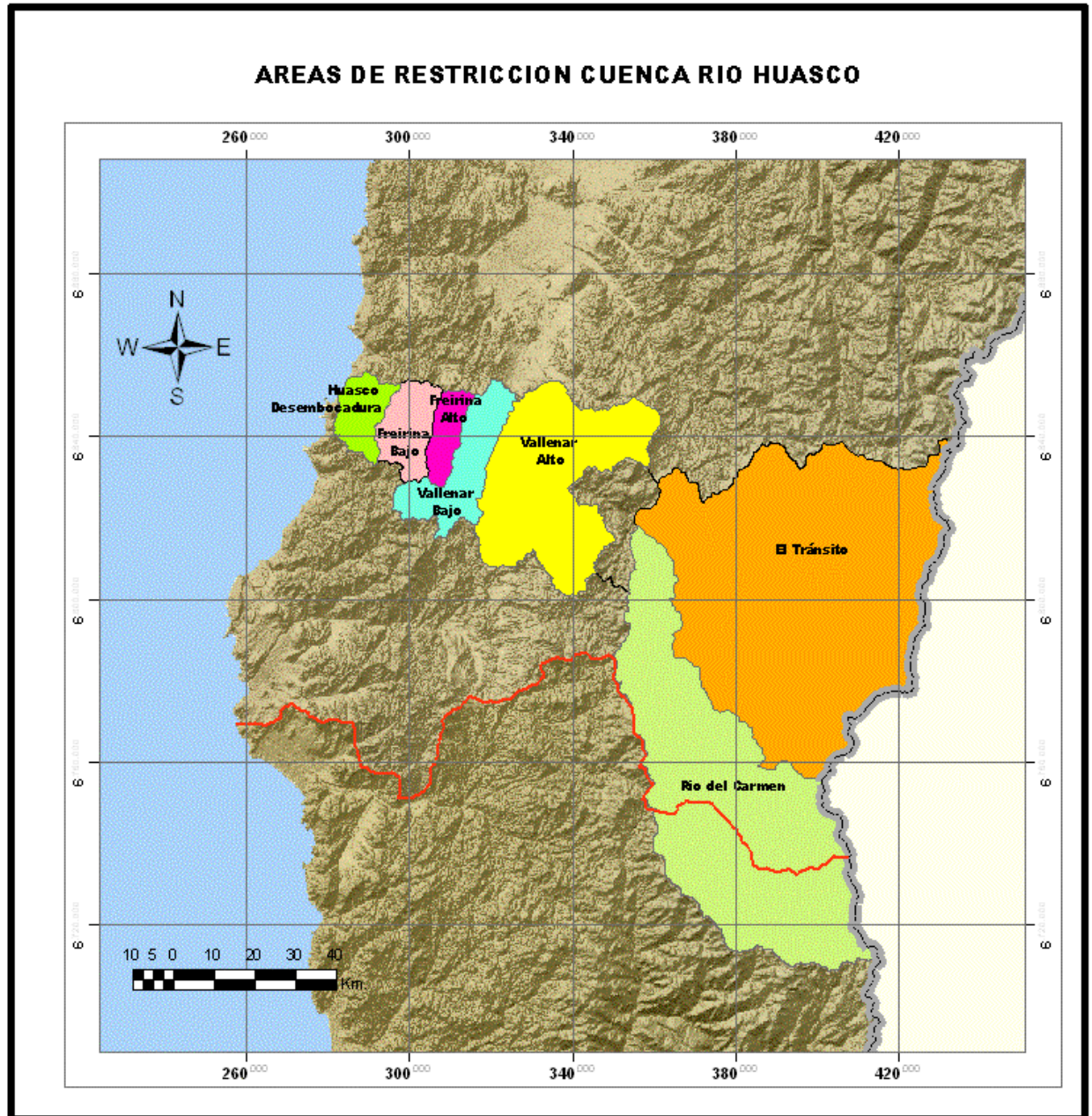
Por otra parte, declarada un área de restricción es posible que la Dirección General de Aguas pueda otorgar en forma prudencial derechos de aprovechamiento de aguas constituidos en carácter de provisionales. De los antecedentes existentes, se concluye que la explotación presente en los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común de El río Huasco permite considerar que es prudente otorgar derechos provisionales por un volumen máximo de hasta 1.198.368 [m<sup>3</sup>/año] en El Tránsito, de hasta 685.908 [m<sup>3</sup>/año] en Río del Carmen, hasta 546.991 [m<sup>3</sup>/año] en Freirina Alto, de hasta 287.844 [m<sup>3</sup>/año] en Freirina Bajo y de hasta 517.190 [m<sup>3</sup>/año] en Vallenar Bajo con objeto de garantizar que la explotación del respectivo sector sea la apropiada para la protección y conservación en el largo plazo.

En los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común de Huasco Desembocadura y Vallenar Alto no es posible otorgar derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en carácter de provisionales pues la disponibilidad sustentable de dichos subsectores acuíferos se encuentra ampliamente sobrepasada.



**Nury Salazar M.**  
**GEÓGRAFO**  
**DEPTO. ADMINISTRACIÓN**  
**DE RECURSOS HIDRICOS**  
**DGA-MOP**

MAPA N° 2 Áreas de Restricción Sectores Acuífero El Huasco



## ANEXO N ° 1

