



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

INFORME TECNICO N ° 168

SANTIAGO, 20 de agosto de 2008

DECLARACIÓN AREA DE RESTRICCIÓN SECTOR HIDROGEOLÓGICO DE APROVECHAMIENTO COMUN DE PAINE

1. INTRODUCCION

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

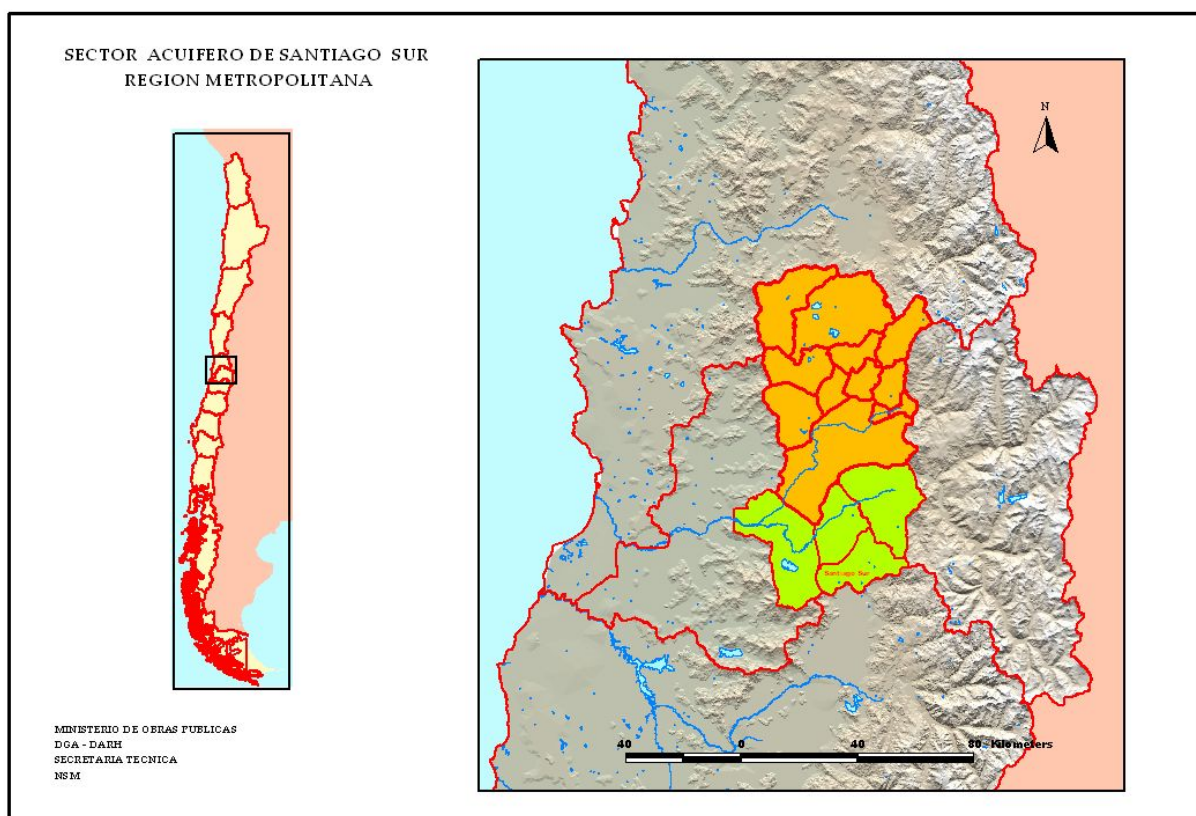
2. ANTECEDENTES GENERALES

Durante el mes de enero del año 2007, se realizó el estudio SIT N° 119 “EVALUACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN MAXIMA SUSTENTABLE DEL ACUÍFERO SANTIAGO SUR, Modelación Hidrogeológica de las Cuencas Maipo Mapocho” con el propósito de determinar la oferta sustentable de recursos subterráneos, operando el modelo de aguas subterráneas de la región Metropolitana.

El objetivo principal del estudio SIT N° 119 “EVALUACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN MAXIMA SUSTENTABLE DEL ACUÍFERO SANTIAGO SUR, Modelación Hidrogeológica de las Cuencas Maipo Mapocho” fue operar el modelo de aguas subterráneas de la Región Metropolitana (Modelo Maipo Mapocho), específicamente analizando los impactos de las extracciones de agua subterránea en el sector de Santiago Sur. De esta operación se obtuvieron resultados de balances de flujo, se analizó la interacción río – acuífero para cada uno de los sectores definidos, y finalmente se analizó una serie de criterios cuantitativos que consistieron en una interpretación de la Resolución DGA N° 425 de 2007 para la determinación del caudal de explotación sustentable o demanda máxima posible de extraer de cada uno de los sectores.

La evaluación de los distintos escenarios de demanda, con un horizonte de 48 años, en este caso, permitió analizar la situación actual en el acuífero Maipo Mapocho, y un escenario de máxima demanda asociado al acuífero de Santiago Sur. En base a estos escenarios, se analizó para cada sector el caudal máximo a extraer, cumpliéndose los criterios cuantitativos establecidos.

Figura 1 Sectorización Área de Estudio



3. ANÁLISIS TECNICO

3.1 Definición del límite de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común

El área de estudio se encuentra en la Región Metropolitana y queda definida por parte de la cuenca del Río Maipo y sus afluentes hasta la confluencia con el estero Puangue (Figura 1). Comprende mayoritariamente las provincias de Chacabuco, Santiago, Cordillera y Maipo con una superficie aproximada de 5351 Km².

La sectorización de la Cuenca del río Maipo hasta la confluencia con el estero Puangue considera una división asociada a las principales cuencas de la Región Metropolitana, dicha sectorización se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 1 Descripción de los Sectores Acuíferos.

Sectores Acuíferos
Til Til
Chacabuco-Polpaico
Lampa
Colina Inferior
Colina Sur
Santiago Norte
Chicureo
Colina Superior
Las Gualtatas
Lo Barnechea
Vitacura
Santiago Central
Santiago Sur

El sector estudiado de Santiago Sur, se ha subdividido en cuatro subsectores hidrogeológicos de interés, y corresponden a los que siguen:

Tabla N° 2 Descripción de los Subsectores Acuífero Santiago Sur.

Santiago Sur
Pirque
Buín

Paine
El Monte

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

3.2 Situación Demanda Actual.

Analizando las solicitudes presentadas en el subsector acuífero de Paine, que se localiza en la Región Metropolitana, Provincia de Maipo, Comuna de Paine, se determinó que la demanda vigente de derechos de aprovechamiento al mes de julio del año 2008 corresponde a la que se muestra en la tabla que sigue:

Tabla N° 3 Resumen demanda vigente Subsector Acuífero de Paine.

Subsector Acuífero Paine	Demanda Volumen (m³/año)	N° de pozos	N° Expedientes
	19.410.629	262	249

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 que se encuentran constituidas, en trámite y aquellas que pueden ser regularizadas a través de los Arts. 2, y aquellas solicitudes ingresadas a la Dirección por medio de los arts. 4 y 6 Transitorio del Código de Aguas. No se incluyen en este listado las solicitudes de derechos de aprovechamiento que han sido denegadas y aquellas regularizaciones que no procede su regularización según lo informado al Juez.

El 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.

El factor de uso previsible se estimó en base a antecedentes recopilados en la región y estos son los que se presentan en la Tabla 4:

Tabla 4: Factor de uso previsible por Actividad.

Actividad	Usos
Agua potable	0,75
Riego	0,20
Industrial	0,30

Los factores antes enunciados han sido determinados considerando la 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.

La demanda previsible vigente comprometida, corresponde al total de la demanda previsible que considera hasta la última solicitud autorizada como derecho de aprovechamiento, es decir aprobada. Mientras que la demanda previsible vigente total considera hasta la última solicitud de derecho de aprovechamiento subterráneo en el sector en análisis.

El total de la demanda previsible vigente en el subsector hidrogeológico de aprovechamiento común de Paine alcanza a:

Tabla 5. Derechos de Aguas

SUBSECTOR HIDROGEOLÓGICO	Demanda Previsible Comprometida (julio 2008)	
	Volumen (m³/año)	Caudal (l/s)
Paine	19.410.629	616

3.3 Situación del Sistema.

El estudio SIT N° 119 “Evaluación de la Explotación Máxima Sustentable del Acuífero Santiago Sur, Modelación Hidrogeológica de las Cuencas Maipo Mapocho” tuvo la finalidad de analizar la situación del sector hidrogeológico de Santiago Sur utilizando el modelo hidrogeológico del Acuífero de Maipo Mapocho.

La oferta sustentable específicamente para el subsector de Paine tiene una disponibilidad de 387 l/s en usos previsibles. Cabe considerar, que la evaluación de los usos previsibles se realiza utilizando las estimaciones de los coeficientes de usos actuales del agua en la Región Metropolitana.

3.3.1 Interferencia Río Acuífero

Del estudio SIT N° 119 “Evaluación de la Explotación Máxima Sustentable del Acuífero Santiago Sur, Modelación Hidrogeológica de las Cuencas Maipo Mapocho” se analiza la Interacción Río Acuífero sobre el Acuífero Santiago Sur.

En la Tabla 6 se resumen los caudales netos de afloramiento o infiltración obtenidos desde el modelo de simulación para la situación del Escenario Base, la Demanda Actual, y el escenario de operación de Demanda Máxima Sustentable. La Tabla 6 muestra las pérdidas de aguas superficiales por efectos de disminuciones de afloramiento y aumentos de infiltración.

El subsector de Pirque presenta caudales de infiltración neta para sus cursos superficiales. Esta infiltración casi no se ve aumentada para la situación de máxima explotación. Los subsectores de Buin, Paine y El Monte presentan caudales de afloramiento neto para la situación del escenario base. Este afloramiento se ve disminuido por la operación del sistema.

Tabla 6
Pérdidas de Flujos Superficiales en los Subsectores del Acuífero de Santiago Sur

Subsector	Escenario Base	Demanda Actual		Demanda Sostenible	
	Q_R [l/s]	ΔQ [l/s]	Q_R^* [l/s]	ΔQ [l/s]	Q_R^* [l/s]
Pirque, SS(5)	-1497	13	-1510	27	-1524

Buin, SS(6)	526	214	312	244	282
Paine, SS(7)	3281	506	2775	578	2703
El Monte SS(8)	18927	1189	17738	2041	16886

Nota: Caudales negativos indican infiltración.

3.3.2 Flujos Superficiales

Conocidos las pérdidas en los sistemas superficies asociados a cada uno de los sectores de Santiago Sur, se presenta una comparación entre estas pérdidas en el río por efectos de la operación del sistema con los flujos superficiales pasantes por el río. Finalmente, el análisis efectuado por zona de balance se encuentra en la Tabla 7 siguiente:

Tabla 7
Control Fluviométrico Modelo MOS

Subsector	Nodo MOS	Caudal Medio Annual [m³/s]	Caudal Medio Mensual 85% PE (*) [m³/s]
Pirque, SS(5)	N02	108,90	85,73
Buin, SS(6)	N04	69,06	45,50
Paine, SS(7)	N13 + N15	10,27	5,56
El Monte, SS(8)	N22 + N43	101,00	35,01

Fuente: SDT 171, DGA 2004

(*) Caudal promedio ene-feb-mar para Pexc 85% mensual

Estación Dga: Maipo en el Manzano N02, Valor medido = 110,4 m³/s

En este enfoque se compara la pérdida de caudal desde el río ΔQ con los caudales superficiales estimados para cada uno de los sectores. Los flujos superficiales totales por sector se muestran para caudales de probabilidad de excedencia 85%. En tanto, el porcentaje de afección a los recursos superficiales se estima en base a la comparación con el caudal de probabilidad de excedencia 85%.

La descripción de los flujos superficiales que fueron tomados en cuenta para el análisis, corresponden a nodos que representan los flujos superficiales en el modelo superficial MOS. Cada una de las zonas se detalla a continuación:

Subsector Pirque: El flujo superficial del subsector Pirque es representado por el flujo del nodo N02 (río Maipo a la altura del estero El Manzano).

Subsector Buin: El flujo superficial del subsector Buin es representado por el flujo del nodo N04 (río Maipo altura junta río Clarillo).

Subsector Paine: El flujo superficial del subsector Paine es representado por el flujo de los nodos N13 + N15, para incluir el aporte del río Angostura y del Estero Escorial respectivamente.

Subsector El Monte: El flujo superficial del subsector El Monte es representado por el flujo de los nodos N22 + N43, que corresponden a los caudales de cabecera del sector provenientes del río Mapocho y del río Maipo respectivamente.

(Para mayor detalle de la Ubicación espacial de los nodos, referirse al Plano E-1 del Estudio Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los ríos Maipo Mapocho, Tomo Planos, DGA-AC 1998).

Finalmente, de la Tabla 8 se puede apreciar que el sector Paine queda cerrado para la explotación impuesta para el escenario de la “demanda actual”, ya que cualquier aumento de la demanda en este sector produce problemas de interferencia río acuífero, generando afecciones superiores al 10% del caudal superficial. Cabe resaltar que este es el criterio de cierre de este sector.

Tabla 8
Análisis de Interferencia Río – Acuífero

Subsector	Flujo Superficial $Q_{85\%}$ [m ³ /s]	Demanda Actual		Demanda Sostenible	
		ΔQ [m ³ /s]	$\Delta Q/Q_{85\%}$ [%]	ΔQ [m ³ /s]	$\Delta Q/Q_{85\%}$ [%]
Pirque, SS(5)	85.73	0.01	0%	0.03	0%
Buin, SS(6)	45.50	0.21	0%	0.24	1%
Paine, SS(7)	5.56	0.51	9%	0.58	10%
El Monte, SS(8)	35.01	1.19	3%	2.04	6%

El análisis realizado en base a la modelación en Visual MODFLOW, permitió obtener la demanda máxima sustentable en el sector de Santiago Sur, por subsector acuífero.

Los sectores de Paine y Buin, no aumentaron sus caudales de explotación, ya que produciría afección a terceros en el sector de Paine por efectos de interferencia río acuífero. La oferta sustentable del acuífero de Paine tiene una disponibilidad de 387 l/s (usos previsibles).

Los sectores de Pirque y El Monte aumentaron sus demandas en un 50% y 40% sobre la demanda actual comprometida, en que el criterio de cierre para ambos casos es el aumento de la interferencia río acuífero del sector Paine. La oferta sustentable estimada

para el subsector acuífero de Pirque es de 2.317 l/s (usos previsibles) y 3.107 (usos previsibles) para el subsector acuífero de El Monte.

La demanda de aguas subterráneas es satisfecha según los criterios 3 y 4 establecidos en el Capítulo I del estudio SIT N° 119 “Evaluación de la Explotación Máxima Sustentable del Acuífero Santiago Sur, Modelación Hidrogeológica de las Cuencas Maipo Mapocho”, ya que para todos los subsectores de Santiago Sur se satisface más de un 95% de la demanda en volumen y el número de pozos que falla es inferior al 5%.

Los descensos de agua subterránea no constituyen un problema en el sector acuífero de Santiago Sur, ya que en general los niveles de agua subterránea se aprecian estabilizados y muestran una variación estacional que se relaciona con la variación de la recarga.

Finalmente, el resumen de los escenarios y los respectivos criterios de cierre se presentan en la Tabla 9.

Tabla N°9: Disponibilidad de Aguas Subterráneas de los Subsectores Acuíferos de Santiago Sur

SUBSECTOR	VOLUMEN SUSTENTABLE TOTAL [m³/año]	ESTADO FINAL
Pirque	73.072.066	Cerrado (*)
Buin	90.640.771	Cerrado (*)
Paine	12.191.818	Cerrado (*)
El Monte	97.979.198	Cerrado (*)
Total	273.883.853	--

(*) Subsectores que actualmente se encuentran abiertos.

Fuente S.I.T. N° 119 “Evaluación de la Explotación Máxima Sustentable del Acuífero Santiago Sur, Modelación Hidrogeológica de las Cuencas Maipo Mapocho”

El subsector Paine corresponde a una subcuenca afluente al relleno acuífero de Buin, por lo tanto todo el drenaje subterráneo es hacia el subsector acuífero de Buin. Este subsector presenta recarga suficiente para satisfacer la demanda de agua subterráneas y los descensos se muestran estabilizados o en estado de equilibrio para la demanda máxima sustentable. El análisis efectuado indica que el subsector de Paine debe quedar cerrado para una demanda equivalente a 386,6 l/s en usos previsible debido a que se produce afección sobre sus recursos superficiales.

Por lo tanto, en base a los antecedentes anteriores, la recomendación es no avanzar en la explotación de los derechos de aprovechamiento más allá de un volumen sustentable total de 12.191.818 m³/año (equivalente en usos previsibles a 386,6 l/s).

4. CONCLUSIONES

- a) La Dirección General de Aguas ha decidido analizar la situación del sector hidrogeológico de aprovechamiento común de PAINE, que se localiza en la Región Metropolitana, Provincia de Maipo, Comuna de Paine, con el objeto de determinar la conveniencia de declarar Área de Restricción, dicho sector se muestra en la Figura N° 1, 2 y 3 del presente informe.
- b) 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, corresponde 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 antes de declararla.

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

- i. 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.
- ii. 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.
- iii. 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.

- iv. 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.
 - v. Que existe peligro de afección al medio ambiente en los sectores protegidos indicados en el artículo 22 letra f) de la resolución 425 de 2007.
- c) El sector hidrogeológico de aprovechamiento común correspondiente al sector acuífero de PAINE fue definido por la Dirección General de Aguas, en base a criterios hidrológicos e hidrogeológicos. En base a los estudios realizados en este sector, 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.
- d) Corresponde Declarar Área de Restricción al sistema acuífero de aprovechamiento común correspondiente al sector de **PAINE**, Figura N° 4.
- e) 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 el sector hidrogeológico de aprovechamiento común de Paine, supera con creces la recarga estimada, por ello se considera que no es prudente otorgar derechos provisionales con objeto de garantizar que la explotación del respectivo sector sea la apropiada para la protección y conservación en el largo plazo.

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

Figura 2 Sectorización Área de Estudio

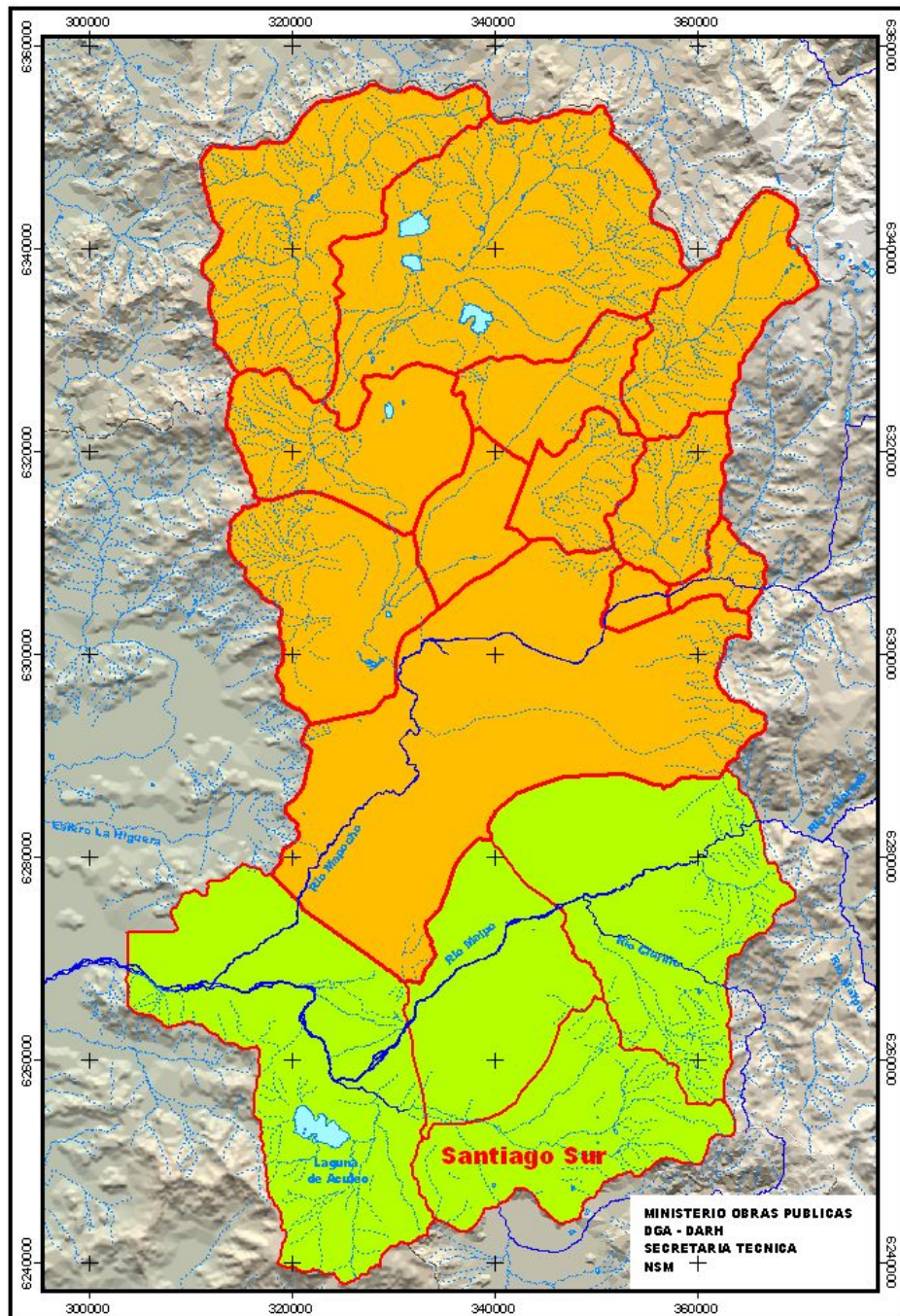
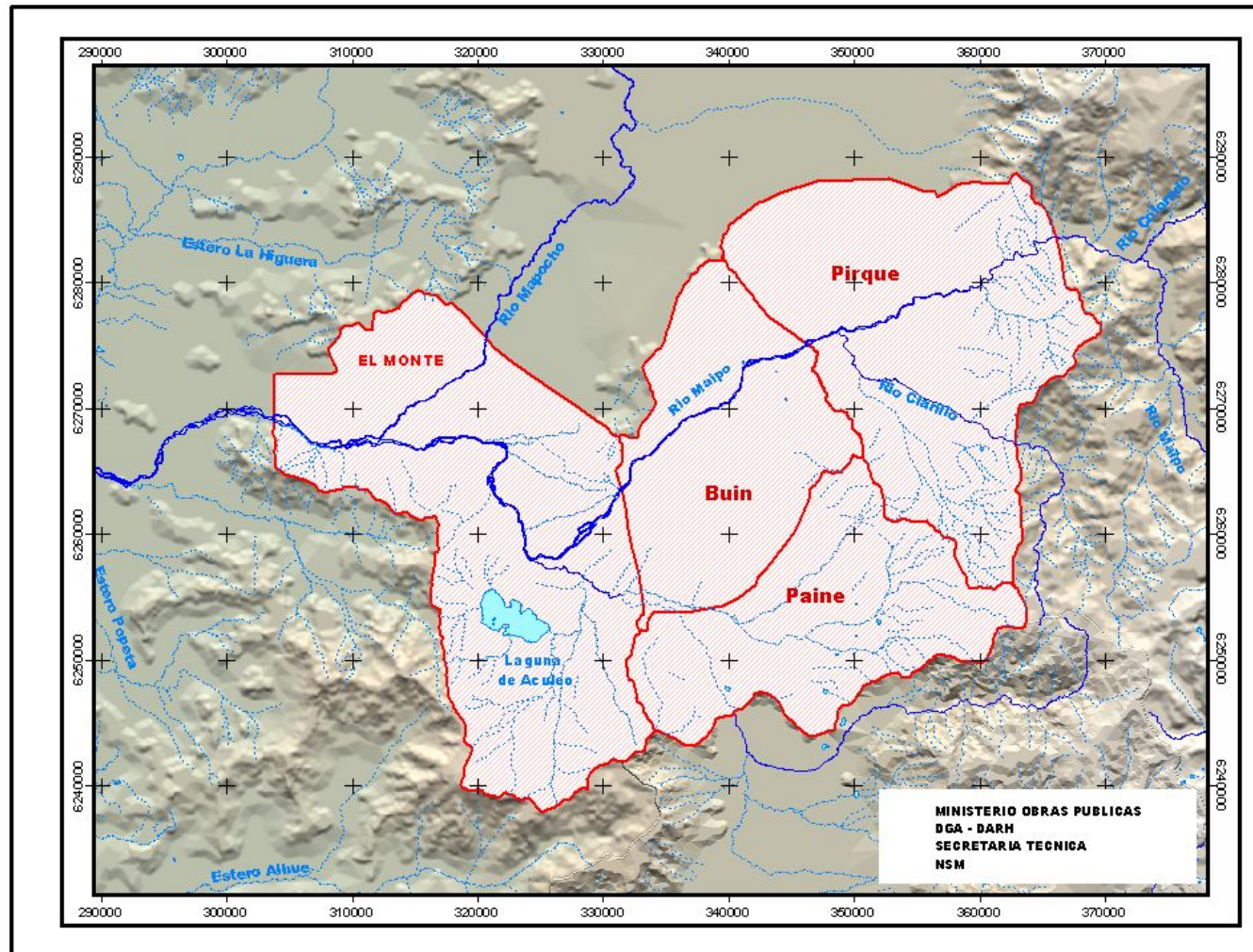


Figura 3. Sectorización Acuífero Santiago Sur



The map displays the topography of the Paine National Park region. The park's boundary is marked with a thick red line. The city of Paine is highlighted in yellow. Surrounding water bodies include Estero La Niguera, Estero Poposa, Estero Ahue, Laguna de Acúleo, Río Maipo, Río Clarillo, Río Colorado, and Río Maipo. The map features a coordinate grid with values ranging from 290,000 to 370,000 on the x-axis and 6,240,000 to 6,290,000 on the y-axis. A legend box in the bottom right corner identifies the map as being from the Ministerio Obras Públicas, DGA - DARN, Secretaría Técnica, NSM.