



Ministerio de
Obras Públicas

Gobierno de Chile

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

**Estimación Preliminar de las Recargas
de agua subterránea y
Determinación de los Sectores Hidrogeológicos
de aprovechamiento común en las cuencas de
las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía,
Los Ríos y Los Lagos.**

DARH

SDT N° 359

Santiago, Julio de 2014.





Informe Técnico DARH N° 208

Estimación preliminar de las recargas de agua subterránea y Determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

Santiago, 21 de julio de 2014

1.- Antecedentes

Entre las atribuciones y funciones de la Dirección General de Aguas entregadas por el Código de Aguas, en el artículo 299 letra a) se encuentra la planificación del desarrollo del recurso de las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento, por lo que la DGA ha permanecido en el estudio continuo de las fuentes de agua a fin de que sean aprovechadas de manera sustentable.

De esta manera, en el norte del país la mayor disponibilidad del recurso hídrico corresponde a aguas subterráneas, por lo que los estudios de este recurso se centran principalmente en la hidrogeología. Hacia el centro y sur del país, dichos estudios se han basado principalmente en la hidrología de las aguas superficiales.

Adicionalmente, se tiene que en las cuencas costeras tanto los recursos hídricos superficiales como subterráneos tienen una lata dependencia, en cuanto a ocurrencia y magnitud, de los periodos de lluvia, dado que por su geomorfología estas cuencas no tienen alturas orográficas que permitan la acumulación de nieve.

En este sentido, hasta la fecha, el análisis técnico para la determinación de las disponibilidades efectivas de aguas subterráneas y su balance para la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en la zona sur se ha realizado en base a análisis locales en donde la disponibilidad se ha determinado en cada caso a través de las pruebas de bombeo realizadas en el pozo donde se solicita en derecho, en consideración a que aún existen montos elevados de recarga y una baja explotación de dichos acuíferos, lo que implica que no se habrían afectado ni los acuíferos ni los derechos existentes.

No obstante lo anterior, y debido a la creciente demanda por derechos de agua subterránea en los acuíferos de la zona sur del país, y para dar cumplimiento al Reglamento sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas, Decreto MOP N°203, 2014 artículo 20 c) y d) la Dirección General de Aguas necesita contar con el



estudio de los mismos, lo que permitirá avanzar en la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de manera sustentable. Lo cual servirá de base para generar estudios con mayor detalle en aquellos sectores acuíferos que se encuentren con volúmenes de recarga cercanas a ser sobrepasadas o ya sobrepasados en su demanda.

2.- Objetivos

El presente informe busca delimitar y definir los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común de las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos que a la fecha no se encuentran estudiadas por este Servicio.

Estimar de forma preliminar y genérica, la recarga de aguas subterráneas asociada a cada uno de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común identificados en el presente informe, con el propósito de determinar el potencial de explotación sustentable.

Entregar una metodología que permita la determinación de la recarga en aquellas cuencas del país que no están comprendidas en el presente informe, y que no cuenten con estudios de disponibilidad de recurso hídrico subterráneo.

3.- Metodología

Para la determinación de la sectorización, se delimitaron las cuencas hidrográficas de las regiones estudiadas, primero por medio de la definición de grandes unidades, diferenciables como cordillera de los Andes, depresión intermedia y cordillera de la costa. De esta manera, definidas estas grandes unidades, se procedió a sectorizarlas en unidades de cuencas menores.

Realizada la delimitación y el cálculo de áreas de cada una de las cuencas se procedió a la estimar la precipitación media en dichas cuencas por medio de los datos obtenidos de las isoyetas del Balance Hídrico de Chile, DGA 1987, todo esto se realizó mediante la extensión Spatial Analyst de ArcGIS 10.1 pues proporciona una amplia gama de potentes capacidades de modelado y análisis espacial. Si no se dispone de dicha herramienta, esta variable puede ser obtenida mediante la aplicación de métodos hidrológicos ampliamente utilizados, como por ejemplo, Método de Polígonos de Thiessen, Método de Promedio Aritmético entre estaciones pluviométricas representativas, Método de las Isoyetas.

Teniendo en consideración estudios de análisis de recargas realizados por la Dirección General de Aguas, con resultados aceptables, frente a la inexistencia de otros antecedentes hidrogeológicos en la zona de estudio, y a la necesidad de contar con una estimación preliminar, se procedió a aplicar un factor de infiltración a la precipitación, diferenciado en las grandes unidades ya mencionadas, lo que permitió representar preliminarmente el porcentaje de la lluvia media anual que se lograría recargar en los distintos acuíferos de las cuencas individualizadas.



Por otra parte, también se realizó el levantamiento del catastro de los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, a modo de estimar la demanda comprometida de aguas subterráneas existente en los distintos sectores acuíferos definidos.

Los resultados de este estudio tienen carácter de preliminar, y permitirán resolver las solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas que no generan riesgo a la sustentabilidad de los acuíferos, ni a derechos de terceros en las zonas estudiadas. Resultados con un grado de precisión mayor, deben generarse sobre la base de estudios más acabados que contengan investigaciones geofísicas, hidrogeológicas y modelos de simulación entre otros, estudios que demandan una mayor inversión, pero que definirán en forma más precisa las propiedades de las formaciones acuíferas y en definitiva el potencial de estos sectores hidrológicos de aprovechamiento común.

También se debe hacer mención a que frente a la necesidad que tiene la Dirección General de Aguas de dar cumplimiento al Reglamento sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas, Decreto MOP N°203, 2014 artículo 20 c) y d) este Servicio estima conveniente que en aquellos sectores no estudiados del resto del país, esto es, principalmente en las cuencas costeras de las regiones del norte, como en el resto de las cuencas de las regiones de Aysén y Magallanes, se pueda utilizar esta metodología para obtener valores preliminares de recarga a modo de avanzar sustentablemente en la resolución de las solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, hasta que se pueda contar con estudios acabados.



4.- DISPONIBILIDAD DE RECURSOS SUBTERRÁNEOS.

La política de la Dirección General de Aguas en relación con la explotación de las aguas subterráneas debe compatibilizar las exigencias legales, con las características físicas de dicho recurso y que tome en consideración las necesidades y los intereses superiores de la Nación. De acuerdo a lo anterior, la acción de la DGA, debe propender a una explotación sustentable del recurso, que no genere menoscabo al derecho de terceros y que no limite innecesariamente su aprovechamiento, considerando su enorme importancia para el interés nacional.

4.1. Sectorización

De la delimitación realizada en cada una de las regiones consideradas en el presente informe, se obtuvieron un total de 82 sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, cuya distribución geográfica se muestra en la tabla N°1 siguiente.

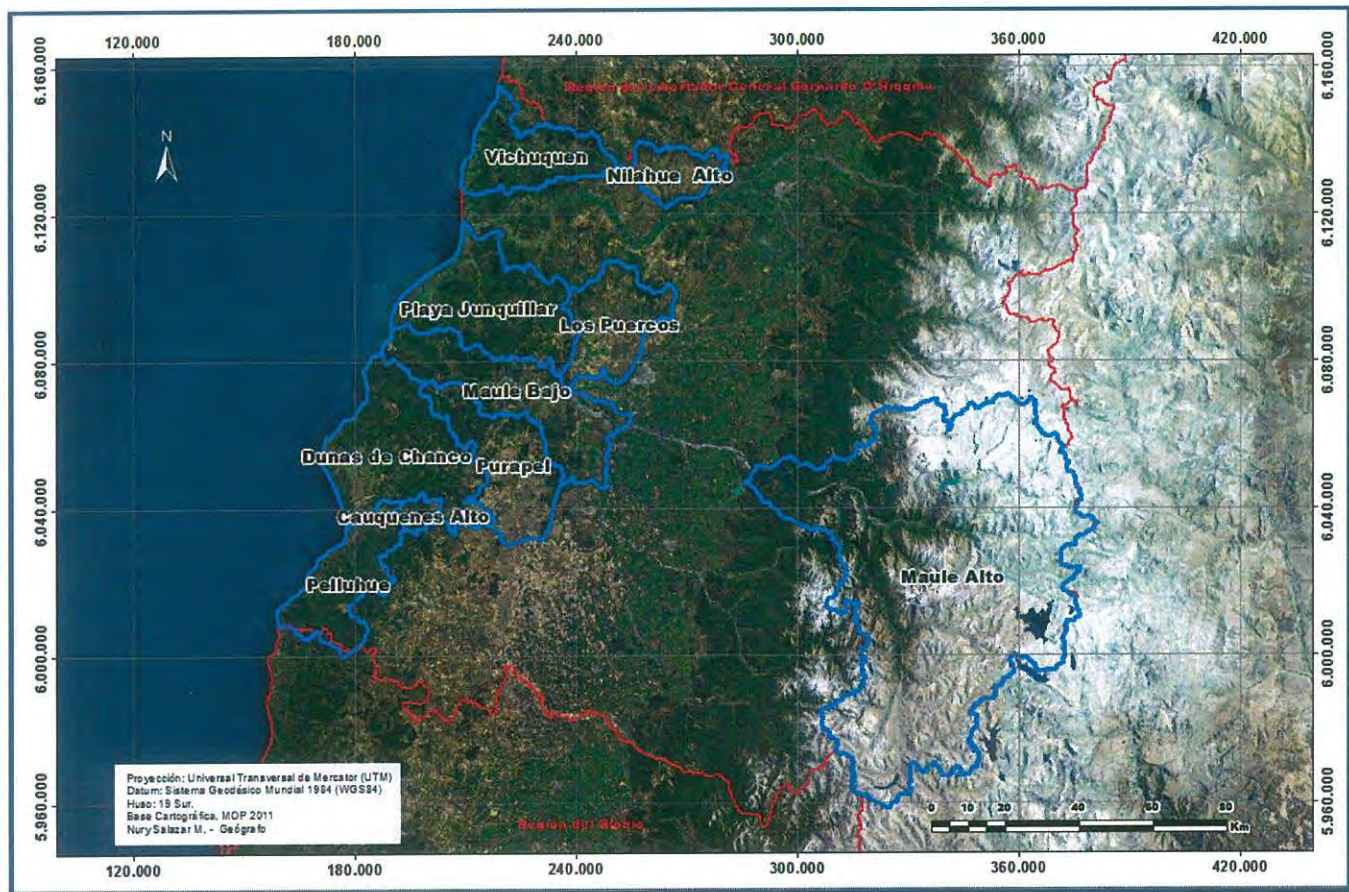
Aquellos sectores que se encuentran en las regiones analizadas y que cuenten con informe de disponibilidad, se han excluido de este informe:

Región	N° de Sectores Hidrogeológicos
Maule	10
Biobío	18
La Araucanía	12
Los Ríos	11
Los Lagos	31
Total	82

Tabla N° 1 Cantidad de Sectores Hidrogeológicos

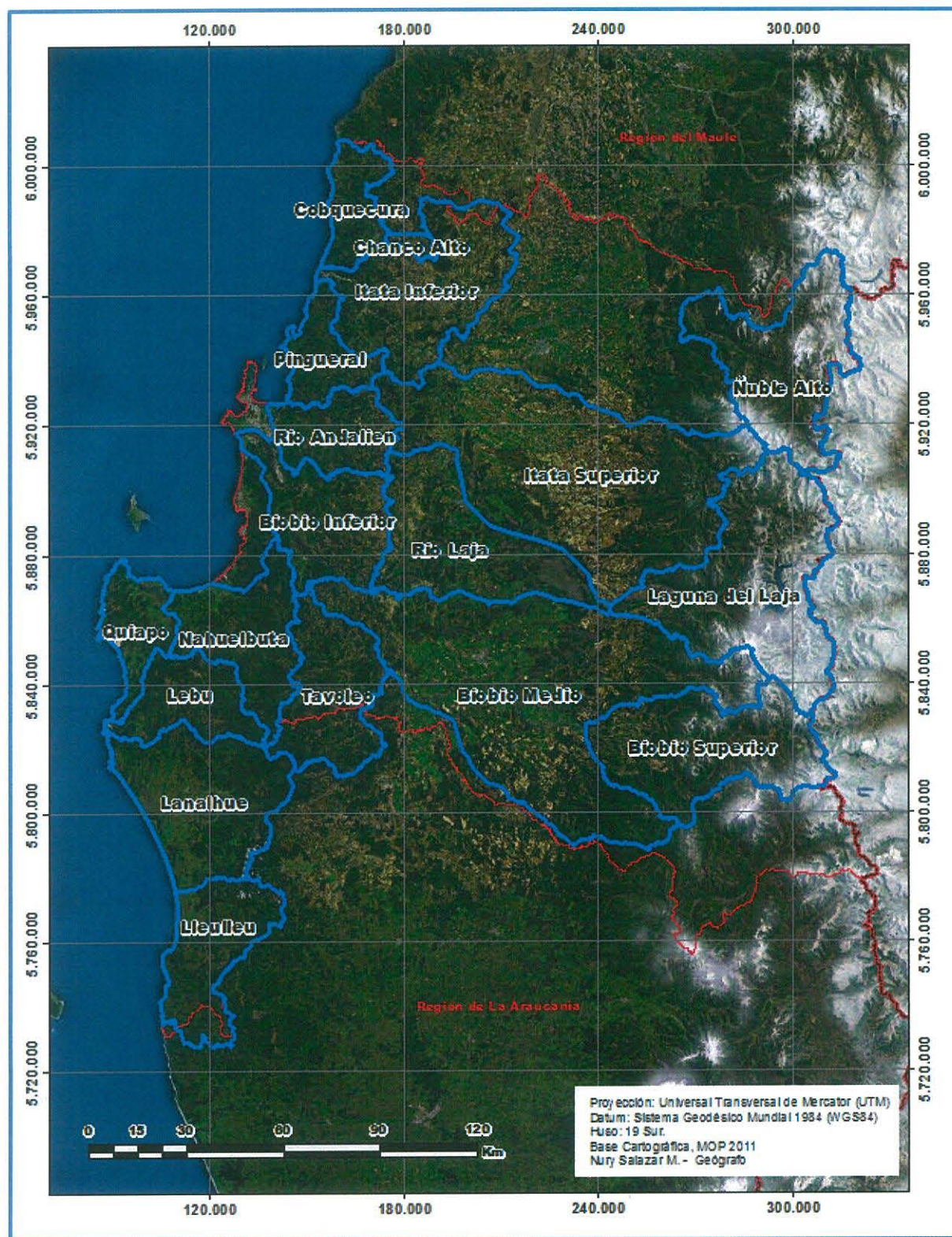


La distribución geográfica regional de la totalidad sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común determinados en el presente informe, se individualizan en los mapas N° 1, 2, 3, 4 y 5 siguientes, cabe mencionar que los sectores hidrogeológicos que ya se encuentran estudiados, a la fecha por este Servicio, no se encuentran individualizados en el presente análisis.



Mapa N° 1 Sectorización Acuífera, Región del Maule

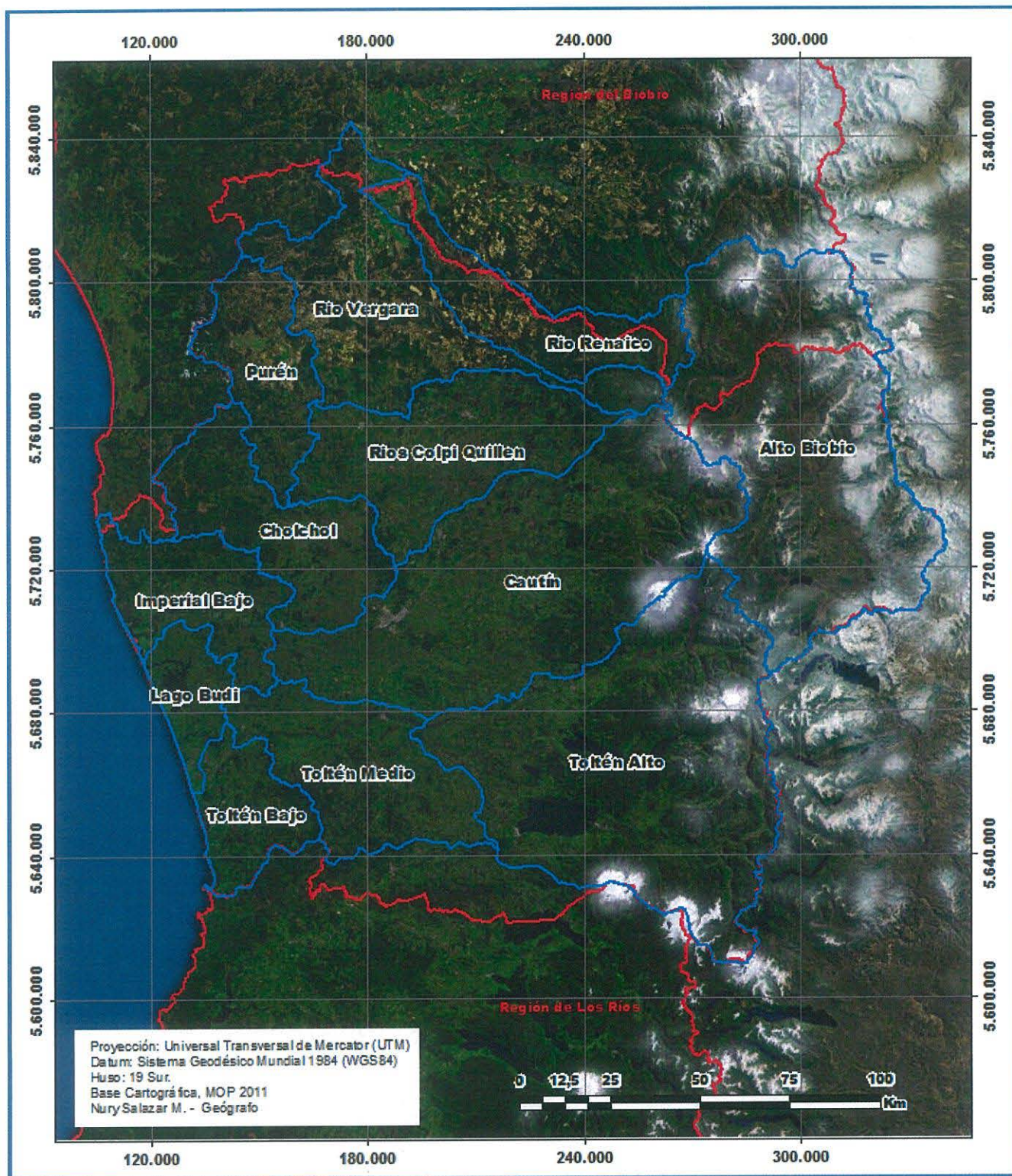




Mapa N° 2 Sectorización Acuifera, Región del Biobío

Estimación Preliminar de las recargas de aguas subterráneas y Determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, en las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

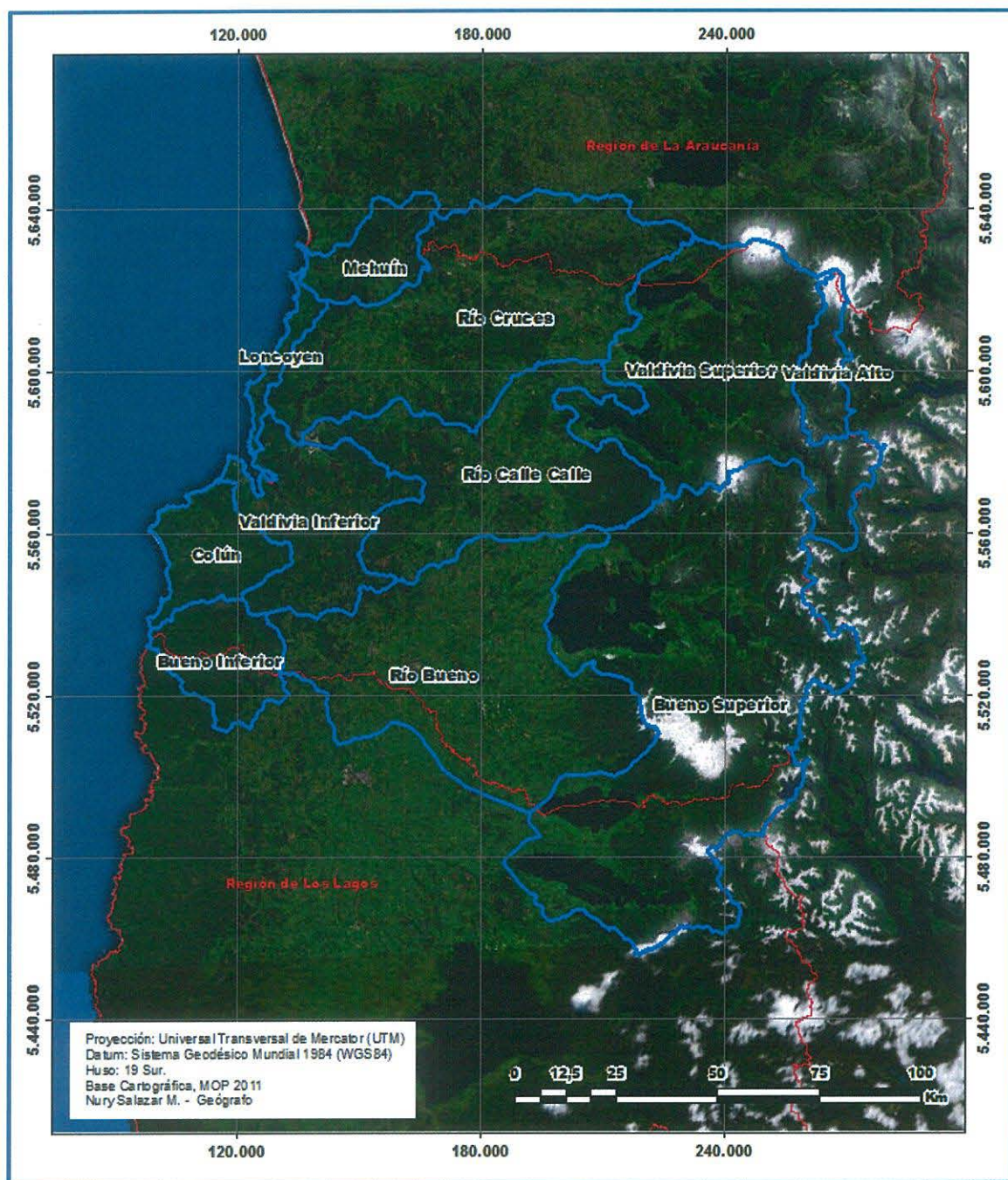




Mapa N° 3 Sectorización Acuífera, Región de La Araucanía



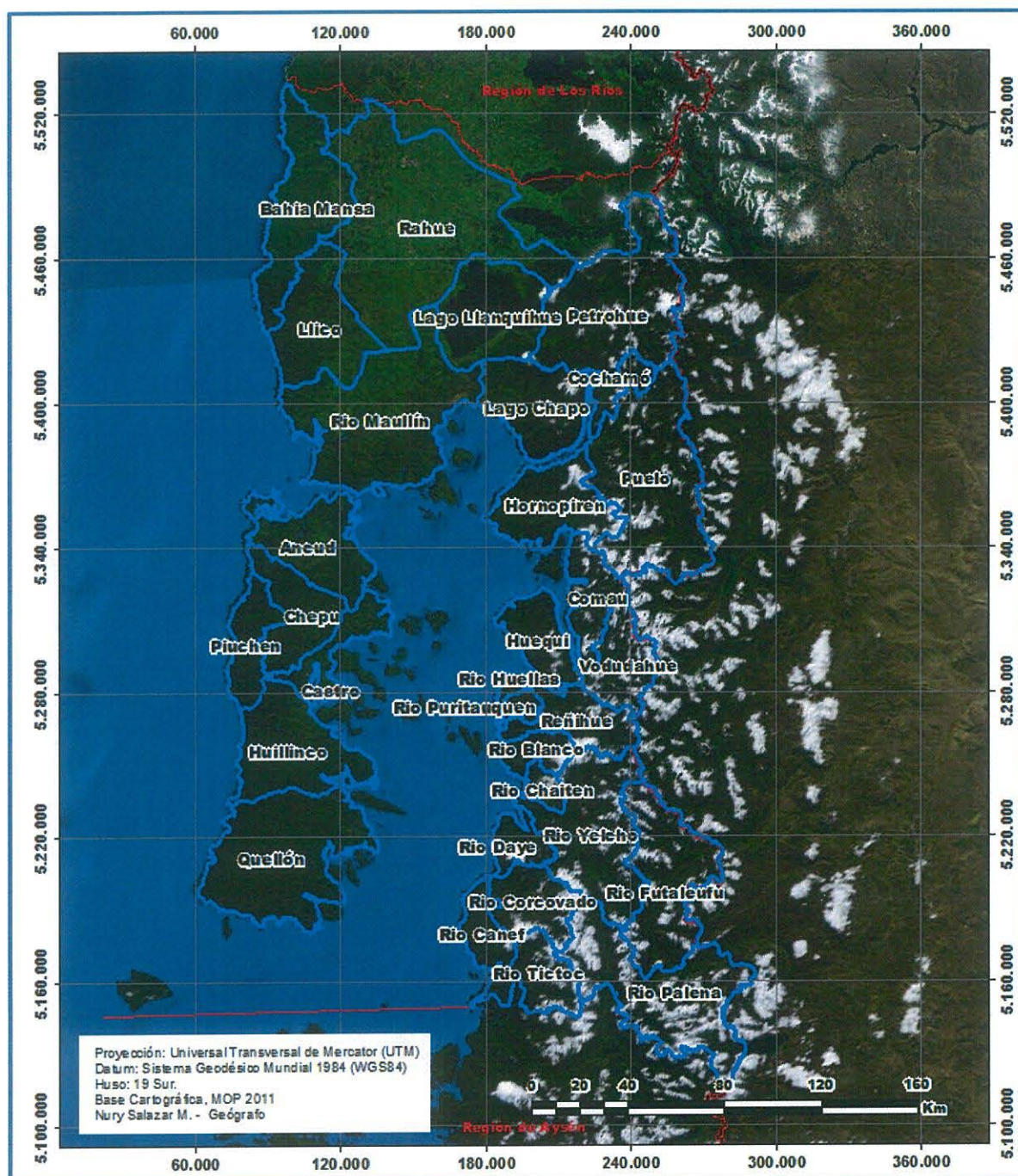
Estimación Preliminar de las recargas de aguas subterráneas y Determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, en las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.



Mapa N° 4 Sectorización Acuifera, Región de Los Ríos



Estimación Preliminar de las recargas de aguas subterráneas y Determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, en las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.



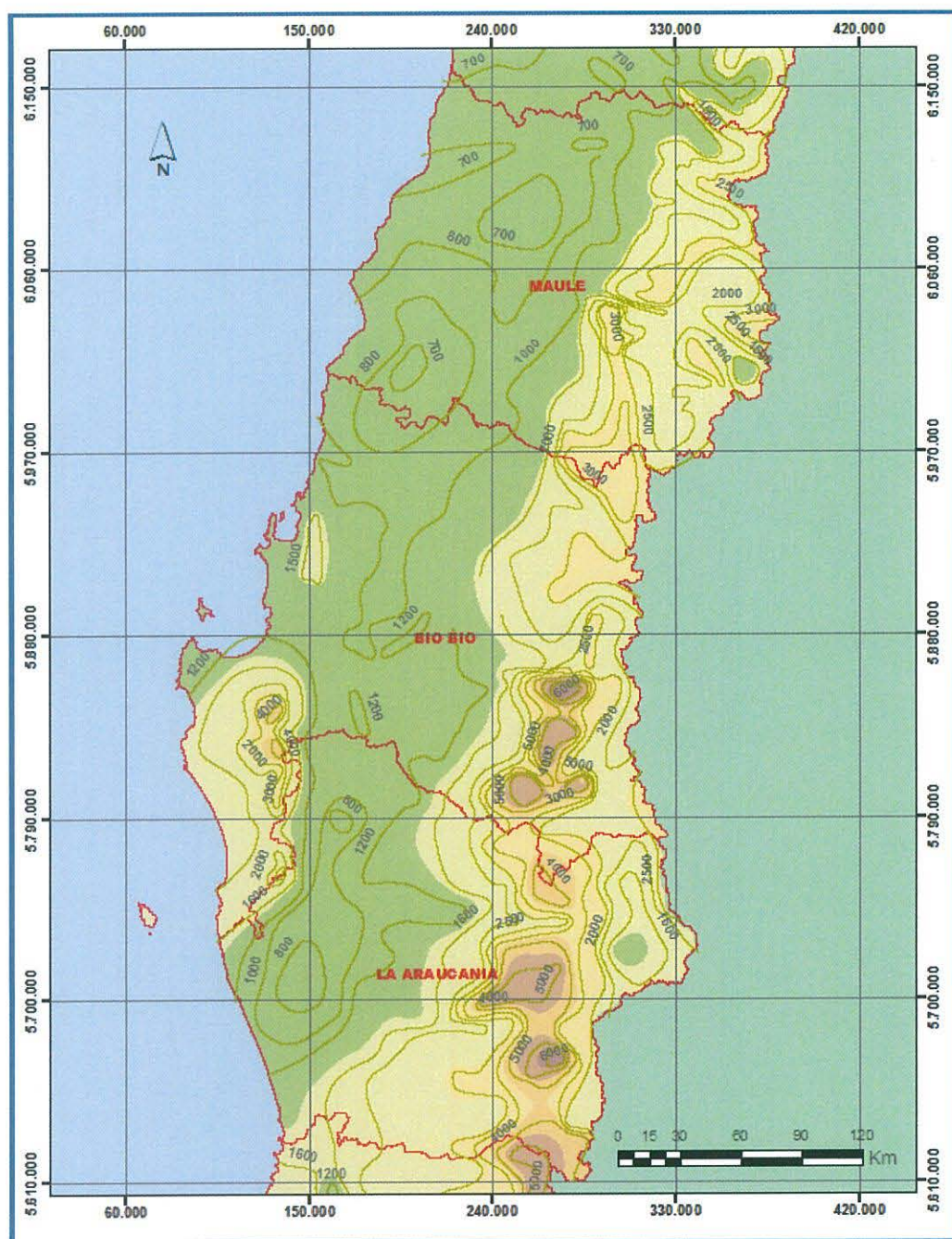
Mapa N° 5 Sectorización Acuífera, Región de Los Lagos



4.2. Precipitaciones Medias

Para la estimación de las precipitaciones medias se utilizaron los datos obtenidos del Balance Hídrico de Chile, DGA 1987. Por medio de las isoyetas y mediante la extensión Spatial Analyst de ArcGIS 10.1, se realizó la interpolación de dichos datos.

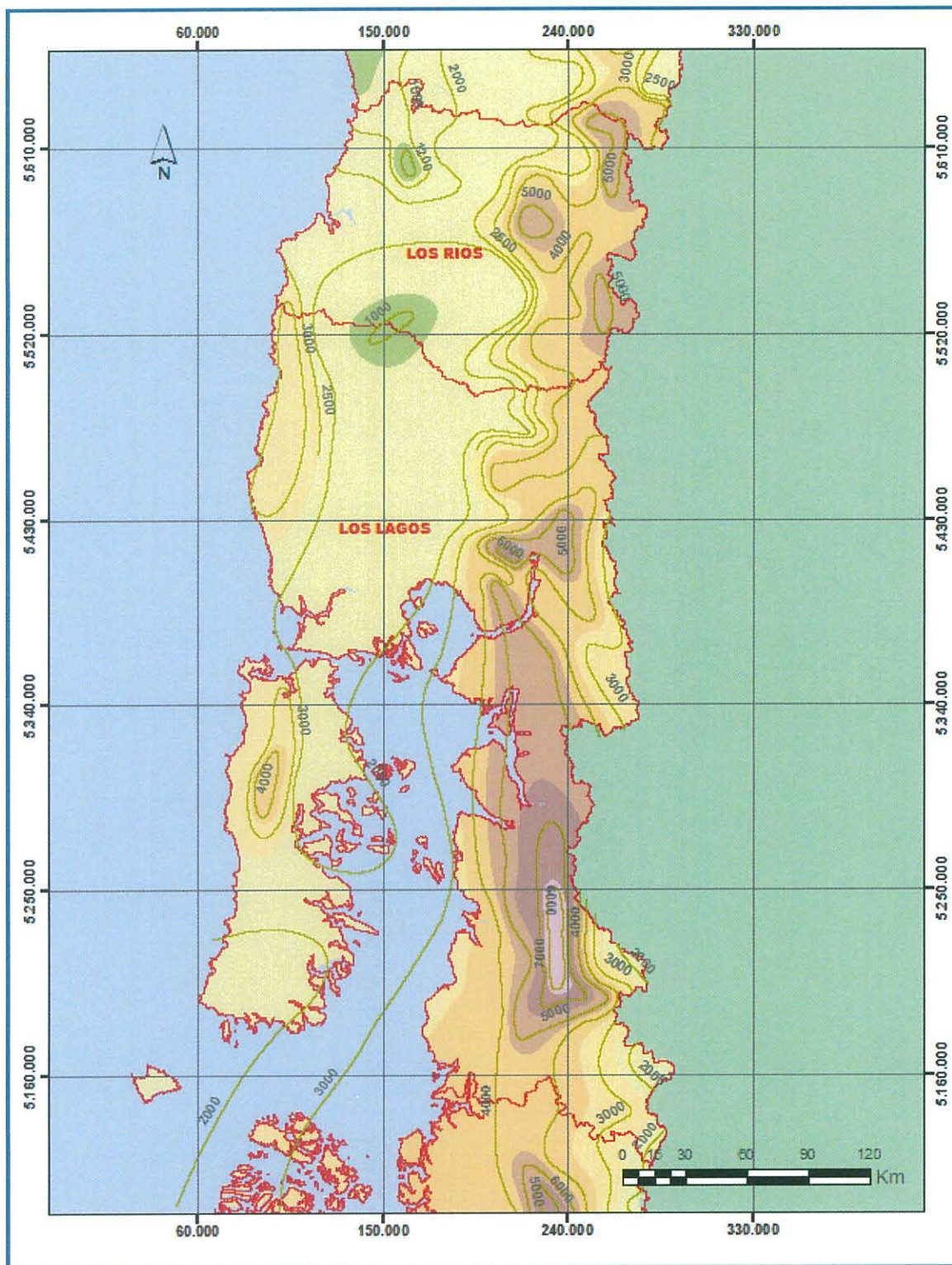
En los mapas N° 6 y 7 se muestra la distribución de las isoyetas del Balance Hídrico de Chile, DGA 1987, correspondiente a las regiones analizadas del presente informe.



Mapa N° 6 Isoyetas, Regiones del Maule, Biobío y La Araucanía



Estimación Preliminar de las recargas de aguas subterráneas y Determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, en las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.



Mapa N° 7 Isoyetas, Regiones Los Ríos y Los Lagos.



En la tabla N°2, se muestran los resultados obtenidos de la estimación de la precipitación media, como también las áreas obtenidas para cada uno de los 82 sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común estudiados en el presente informe.

	Sector	Área km2	PP m/año
1	Cauquenes Alto	80,88	0,80
2	Dunas de Chanco	1219,20	0,80
3	Los Puercos	618,64	0,69
4	Maule Alto	5727,60	2,09
5	Maule Bajo	1043,88	0,77
6	Ñlahue Alto	298,76	0,69
7	Pelluhue	651,24	0,84
8	Playa Junquillar	1089,04	0,71
9	Purapel	795,52	0,81
10	Vichuquen	623,16	0,70
11	Biobio Inferior	1305,60	1,08
12	Biobio Superior	2013,92	3,08
13	Chanco Alto	76,96	0,77
14	Cobquecura	571,48	0,91
15	Itata Inferior	1933,92	0,90
16	Itata Superior	4544,68	1,54
17	Laguna del Laja	2755,52	2,48
18	Lanahue	1853,92	1,87
19	Lebu	859,84	2,18
20	Lleulleu	1169,72	1,69
21	Nahuelbuta	1263,36	1,96
22	Ñuble Alto	1814,88	2,59
23	Pingueral	605,84	1,22
24	Quiapo	624,72	1,26
25	Rio Andalien	799,64	1,34
26	Rio de Biobio	5101,44	1,78
27	Rio Laja	1837,84	1,10
28	Tavoleo	1306,16	1,18
29	Alto Biobio	5594,84	2,36
30	Cautín	5608,24	2,28
31	Cholchol	1912,84	1,09
32	Imperial Bajo	1409,44	0,97
33	Lago Budi	649,04	0,99
34	Purén	1329,44	1,16
35	Rio Renaico	1531,72	2,04



36	Rio Vergara	2818,12	1,32
37	Rios Colpi Quillen	2517,28	1,35
38	Toltén Alto	6097,80	3,32
39	Toltén Bajo	964,28	1,41
40	Toltén Medio	2066,12	1,74
41	Bueno Inferior	721,60	2,16
42	Bueno Superior	5878,12	3,47
43	Colún	667,40	2,30
44	Loncoyen	187,72	1,89
45	Mehuín	543,08	1,57
46	Río Bueno	3567,12	1,72
47	Río Calle Calle	2381,52	2,41
48	Río Cruces	3380,56	1,96
49	Valdivia Alto	362,72	4,99
50	Valdivia Inferior	1314,24	2,04
51	Valdivia Superior	2991,52	3,73
52	Ancud	1397,84	2,18
53	Bahia Mansa	1900,76	2,93
54	Castro	666,84	1,97
55	Chepu	1078,80	2,98
56	Cochamó	397,96	4,54
57	Comau	782,92	5,32
58	Hornopiren	1361,08	4,58
59	Huequí	783,32	4,62
60	Huillínco	1748,20	2,24
61	Lago Chapo	1353,48	4,08
62	Lago Llanquihue	1634,48	2,01
63	Llico	1608,60	2,38
64	Petrohue	2786,60	4,16
65	Piuchen	743,16	2,91
66	Puelo	3082,24	3,72
67	Quellón	2765,88	1,96
68	Rahue	5048,56	1,78
69	Reñihue	945,48	5,40
70	Rio Blanco	430,56	4,30
71	Rio Canef	536,20	3,54
72	Rio Chaiten	233,00	4,22
73	Rio Corcovado	899,80	3,89
74	Rio Daye	451,76	3,54
75	Rio Futaleufú	1944,20	3,75
76	Rio Huellas	96,96	3,64



77	Rio Maullín	3378,48	1,82
78	Rio Palena	2574,28	3,30
79	Rio Puritauquen	181,56	3,93
80	Rio Tíctoc	835,56	3,94
81	Rio Yelcho	2212,20	5,68
82	Vodudahue	891,12	5,59

Tabla N° 2 Precipitación Media y Áreas km² en los Sectores Hidrogeológicos



4.3. Coeficiente de Infiltración

Al tratarse de un informe preliminar, los coeficientes de infiltración utilizados en el presente informe, se diferenciaron en base a las grandes unidades geomorfológicas reconocidas en el país, es decir, para aquellas cuencas localizadas en la zona de la cordillera de Los Andes se determinó la utilización de un coeficiente de infiltración del 1%, para las cuencas localizadas en la zona de la cordillera de la costa un coeficiente de 2% y para las cuencas del valle central o depresión intermedia un coeficiente de 5%.

Los valores indicados buscan estar en concordancia con las condiciones de los acuíferos individualizados en las regiones analizadas a lo largo del país. Esto es, los acuíferos más bien estrechos y de mayor escurrimiento superficial presentes en las zonas de montaña alta como lo es en la cordillera de Los Andes; los sectores inmediatamente adyacentes a la costa, comprendidos entre el litoral y las divisorias de agua, donde la red de drenaje constituye esteros y quebradas más bien de corto desarrollo, que alcanzan el mar en forma individual y que, en estricto rigor, cada uno de ellos conforma una pequeña cuenca, como se presentan en la cordillera de la Costa; y por último, los sectores que presentan un mayor desarrollo del relleno sedimentario, que corresponden a las zonas más bien planas, como lo es el valle longitudinal o depresión intermedia.

Los factores de infiltración se detallan en la tabla N°3 siguiente:

Unidades Geomorfológica	Factor de Infiltración
Cordillera de Los Andes	0.01
Depresión Intermedia	0.05
Cordillera de la Costa	0.02

Tabla N° 3 Factores de Infiltración

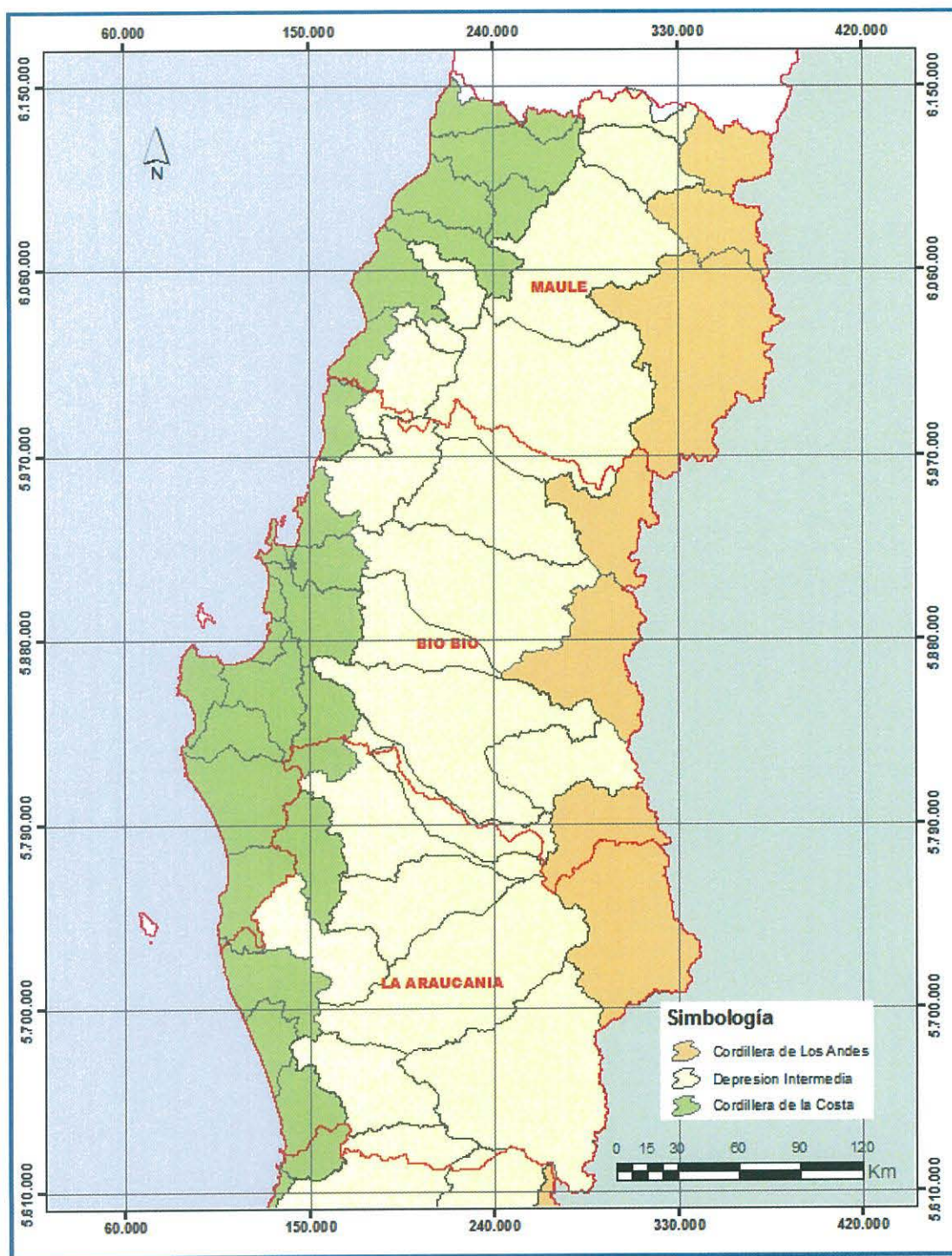
La expresión de cálculo de recarga es la siguiente:

$$\text{Recarga} = A * P_p * C_i$$

Donde A es el área de la cuenca en m², P_p es la precipitación en m/año y C_i el coeficiente de infiltración que es adimensional, obteniéndose de esta manera la recarga expresada en m³/año.

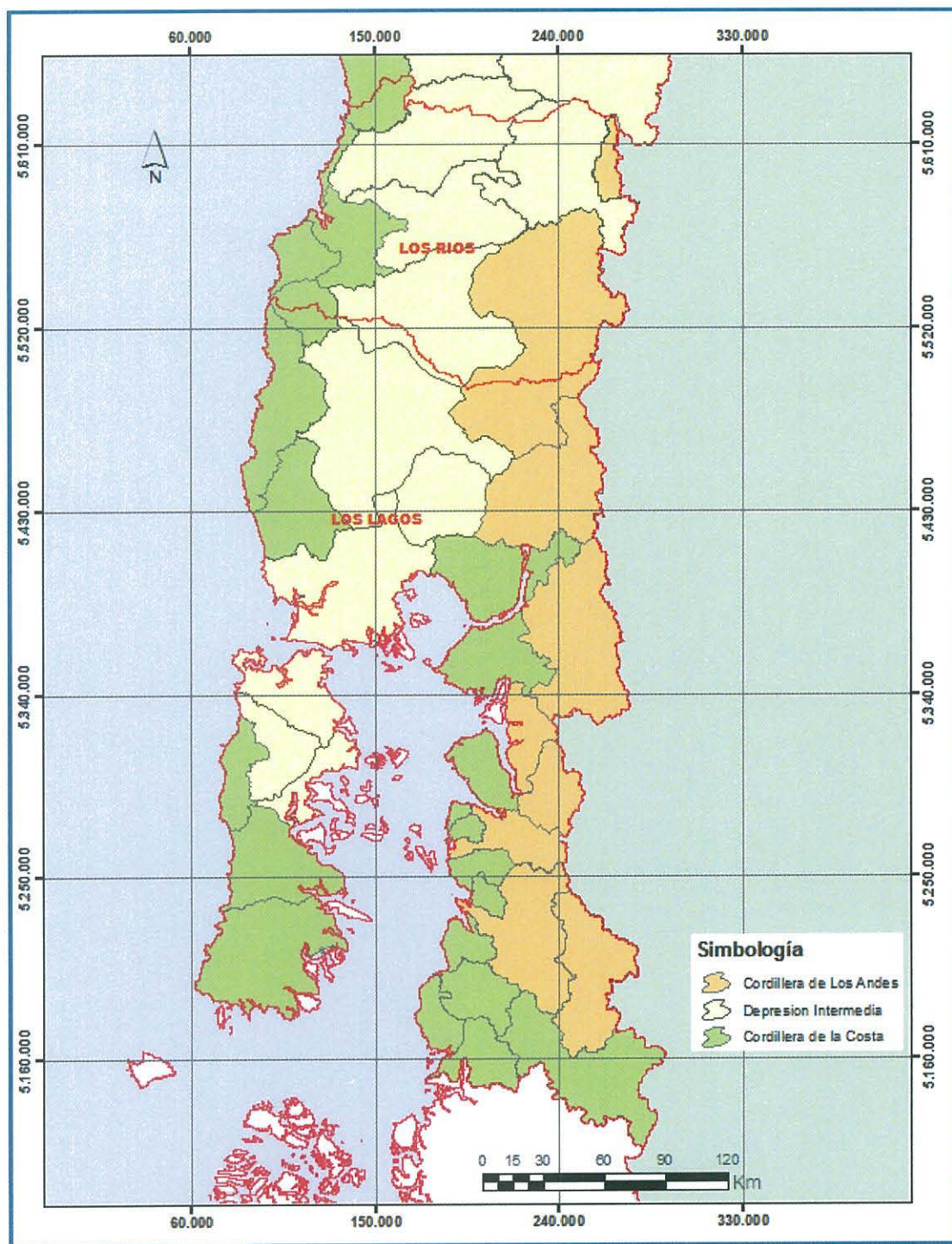
El régimen de escorrentía que caracteriza a los esteros, quebradas y ríos que conforman tanto en las cuencas costeras como en los denominados sectores costeros, es esencialmente de origen pluvial, por lo que su escurrimiento está estrechamente asociado a la distribución estacional de las lluvias.





**Mapa N° 8 Unidades Geomorfológicas identificadas,
Regiones Maule, Biobío y La Araucanía.**





**Mapa N° 9 Unidades Geomorfológicas identificadas,
Regiones Los Ríos y Los Lagos.**



5.1. Caudal Preliminar de explotación sustentable.

En general un acuífero, desde el punto de vista de sus recursos hídricos, se puede caracterizar por un volumen almacenado de agua y una recarga renovable en el tiempo. Un acuífero, es simultáneamente un almacenamiento de agua y vía de transporte de la misma. Las reservas de él están constituidas por el volumen de agua que almacena, determinado por el nivel de saturación del terreno. El caudal medio que recorre el acuífero y sale del mismo, procedente de la alimentación externa que recibe, es conocido como la recarga media anual. El origen principal de la recarga suele ser la infiltración de la lluvia, otros posibles aportes son la percolación desde los ríos, la transferencia subterránea de un acuífero contiguo y la infiltración del riego.

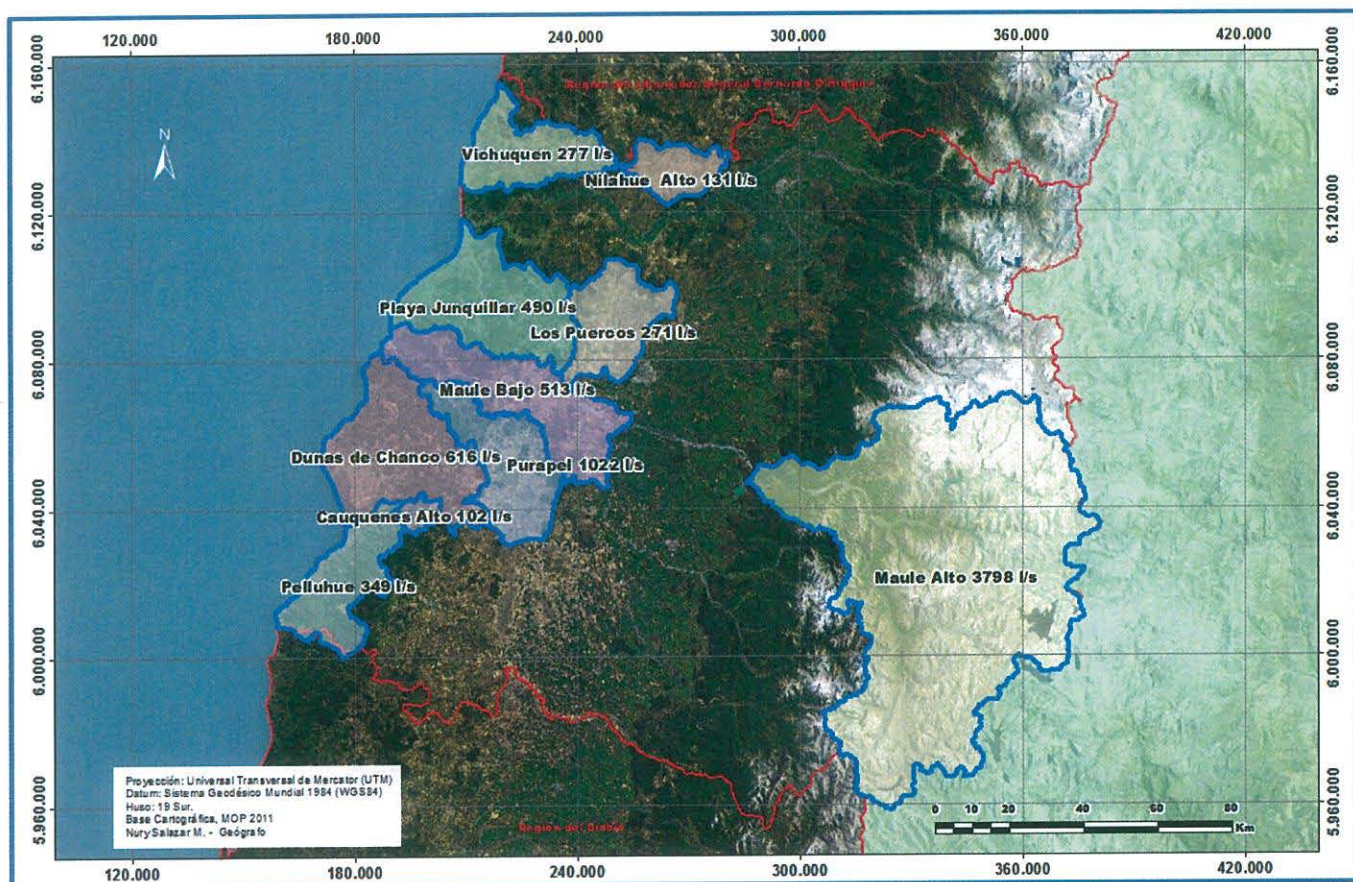
A continuación se procede a la determinación del caudal preliminar de explotación sustentable para cada sector de las regiones analizadas. El referido caudal, da respaldo físico a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas a otorgar, no genera afección a derechos de terceros y no produce impactos no deseados a la fuente, en este caso acuífero, y al medioambiente.

Realizado el análisis de los parámetros involucrados (área, precipitación y coeficiente de infiltración) se determinó la recarga media anual (l/s) para cada sector, las siguientes tablas, separadas por regiones muestran lo señalado precedentemente.

Región del Maule

		Sector	Recarga m3/año	Recarga l/s
1	1	Cauquenes Alto	3.220.601	102
2	2	Dunas de Chanco	19.419.905	616
3	3	Los Puercos	8.536.787	271
4	4	Maule Alto	119.779.581	3.798
5	5	Maule Bajo	16.165.755	513
6	6	Ñlahue Alto	4.127.835	131
7	7	Pelluhue	11.000.720	349
8	8	Playa Junquillar	15.451.278	490
9	9	Purapel	32.238.925	1.022
10	10	Vichuquén	8.728.328	277

Tabla N° 4 - Sectorización y Recarga, Región del Maule.



Mapa N° 10 Sectorización y Recarga, Región del Maule.



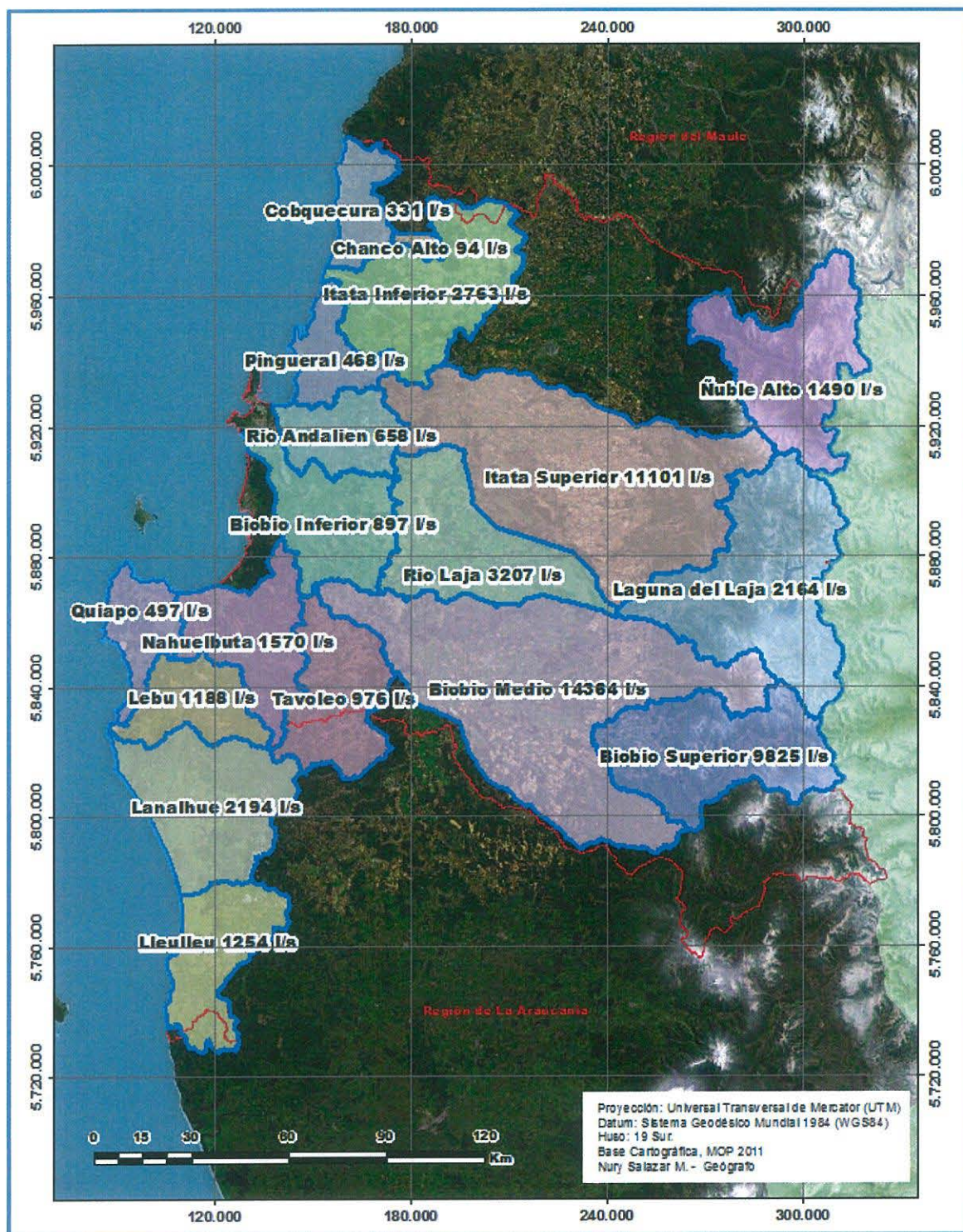
Estimación Preliminar de las recargas de aguas subterráneas y Determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, en las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

Región del Biobío

		Sector	Recarga m3/año	Recarga l/s
11	1	Biobío Inferior	28.273.551	896
12	2	Biobío Superior	309.828.502	9.825
13	3	Biobío Medio	452.990.017	14.364
14	4	Chanco Alto	2.960.228	94
15	5	Cobquecura	10.423.921	331
16	6	Itata Inferior	87.143.305	2.763
17	7	Itata Superior	350.074.428	11.101
18	8	Laguna del Laja	68.245.964	2.164
19	9	Lanahue	69.195.710	2.194
20	10	Lebu	37.456.866	1.188
21	11	Lleulleu	39.534.898	1.254
22	12	Nahuelbuta	49.497.687	1.570
23	13	Ñuble Alto	46.984.521	1.490
24	14	Pingüeral	14.745.055	468
25	15	Quiapo	15.681.971	497
26	16	Rio Andalién	20.753.935	658
27	17	Rio Laja	101.151.038	3.207
28	18	Tavoleo	30.777.309	976

Tabla N° 5 - Sectorización y Recarga, Región del Biobío.





Mapa N° 11 Sectorización y Recarga, Región del Biobío.

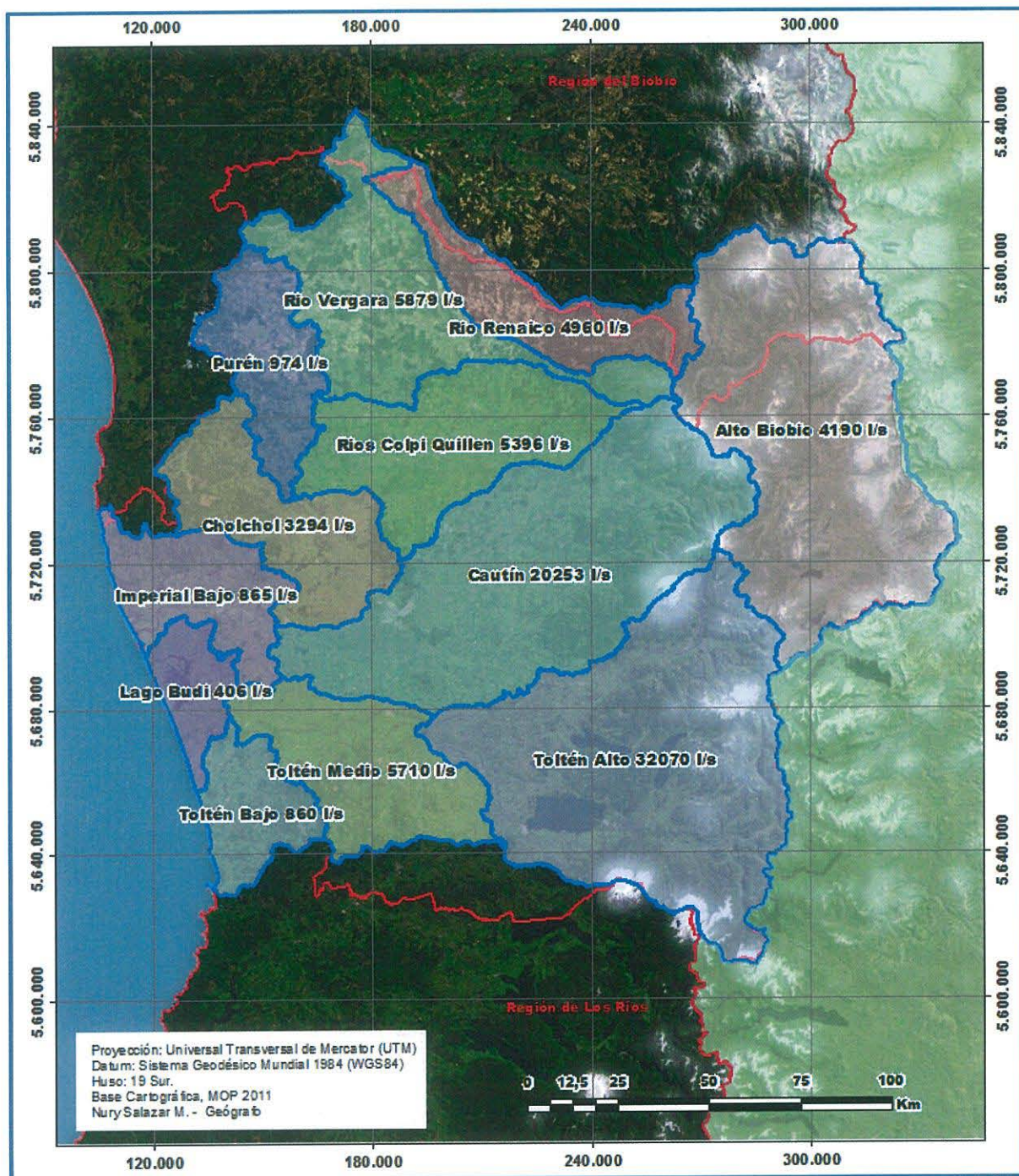


Región de la Araucanía

		Sector	Recarga m3/año	Recarga l/s
29	1	Alto Biobío	132.141.729	4.1909
30	2	Cautín	638.705.629	20.253
31	3	Cholchol	103.883.471	3.294
32	4	Imperial Bajo	27.290.959	865
33	5	Lago Budi	12.816.852	406
34	6	Purén	30.710.064	974
35	7	Rio Renaico	156.433.798	4.960
36	8	Rio Vergara	185.409.751	5.879
37	9	Rios Colpi Quillen	170.164.352	5.396
38	10	Toltén Alto	1.011.347.570	32.070
39	11	Toltén Bajo	27.121.146	860
40	12	Toltén Medio	180.066.490	5.710

Tabla N° 6 - Sectorización y Recarga, Región de La Araucanía.





Mapa N° 12 Sectorización y Recarga, Región de La Araucanía.

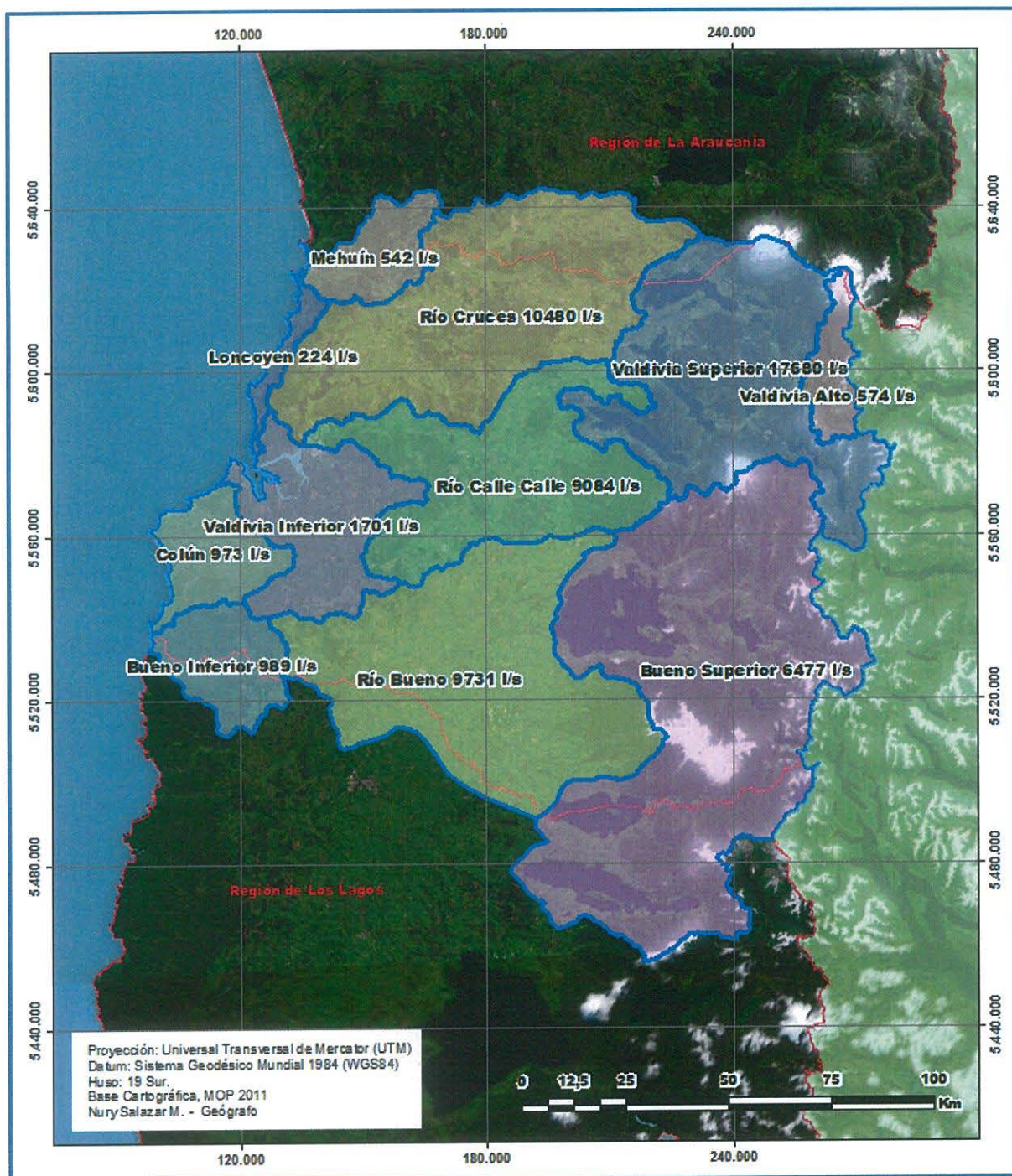
Estimación Preliminar de las recargas de aguas subterráneas y Determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, en las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

Región de Los Ríos

		Sector	Recarga m3/año	Recarga l/s
41	1	Bueno Inferior	31.187.696	989
42	2	Bueno Superior	204.258.204	6.477
43	3	Colún	30.674.505	971
44	4	Loncoyen	7.078.245	224
45	5	Mehuín	17.093.443	542
46	6	Río Bueno	306.890.035	9.731
47	7	Río Calle Calle	286.470.659	9.084
48	8	Río Cruces	330.486.926	10.480
49	9	Valdivia Alto	18.107.019	574
50	10	Valdivia Inferior	53.650.431	1.701
51	11	Valdivia Superior	557.568.472	17.680

Tabla N° 7 - Sectorización y Recarga, Región de Los Ríos.





Mapa N° 13 Sectorización y Recarga, Región de Los Ríos.



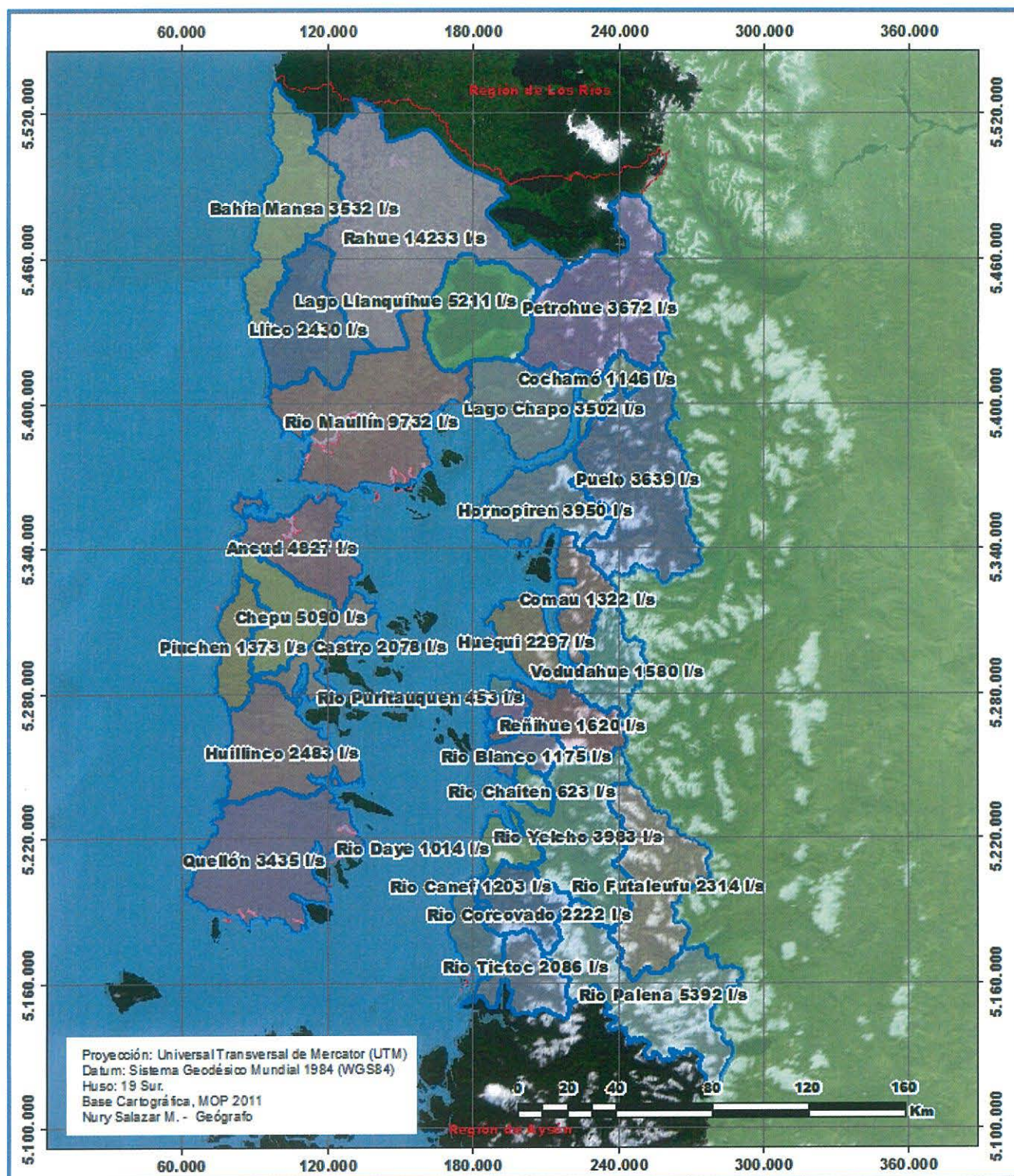
Estimación Preliminar de las recargas de aguas subterráneas y Determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, en las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

Región de Los Lagos

		Sector	Recarga m3/año	Recarga l/s
52	1	Ancud	152.235.959	4.827
53	2	Bahia Mansa	111.392.519	3.532
54	3	Castro	65.535.702	2.078
55	4	Chepu	160.509.797	5.090
56	5	Cochamó	36.140.499	1.146
57	6	Comau	41.688.220	1.322
58	7	Hornopiren	124.577.747	3.950
59	8	Huequi	72.430.467	2.297
60	9	Huillínco	78.291.039	2.483
61	10	Lago Chapo	110.451.547	3.502
62	11	Lago Llanquihue	164.338.792	5.211
63	12	Llico	76.625.983	2.430
64	13	Petrohue	115.791.311	3.672
65	14	Piuchen	43.309.284	1.373
66	15	Puelo	114.756.419	3.639
67	16	Quellón	108.322.371	3.435
68	17	Rahue	448.849.800	14.233
69	18	Reñihue	51.064.618	1.619
70	19	Rio Blanco	37.054.596	1.175
71	20	Rio Canef	37.938.617	1.203
72	21	Rio Chaitén	19.642.086	623
73	22	Rio Corcovado	70.060.947	2.221
74	23	Rio Daye	31.963.014	1.014
75	24	Rio Futaleufú	72.989.545	2.314
76	25	Rio Huellas	7.061.752	224
77	26	Rio Maullín	306.916.326	9.732
78	27	Rio Palena	170.054.877	5.392
79	28	Rio Puritauquen	14.287.828	453
80	29	Rio Tictoc	65.786.647	2.086
81	30	Rio Yelcho	125.610.486	3.983
82	31	Vodudahue	49.820.470	1.580

Tabla N° 8 - Sectorización y Recarga, Región de Los Lagos.





Mapa N° 14 Sectorización y Recarga, Región de Los Lagos.



Estimación Preliminar de las recargas de aguas subterráneas y Determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, en las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

5.2. Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

En relación a la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, es importante destacar que la Dirección General de Aguas, para constituir nuevos derechos realiza un balance considerando el caudal de explotación sustentable del acuífero y los aprovechamientos comprometidos; ya que es obligación del Servicio evitar la sobreexplotación de los acuíferos tanto por razones de sustentabilidad en el largo plazo de los aprovechamientos, como por la necesidad de resguardar los derechos de los usuarios existentes.

La determinación del caudal susceptible de explotar desde una obra de captación de aguas subterráneas, es una condición necesaria pero no suficiente para poder constituir un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas. Lo anterior en atención a que con las pruebas de bombeo de un pozo, es posible determinar cuál es el caudal que se puede explotar desde dicho pozo; pero evidentemente que no determina si existe o no recurso disponible a nivel de fuente.

En consecuencia, para la constitución de derechos sobre aguas subterráneas es necesario saber cuánta agua es posible extraer desde un pozo y además saber cuánta agua hay disponible a nivel de fuente; única manera de cumplir con lo dispuesto en el artículos 22 y 140 del Código de Aguas y en el Reglamento sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas, Decreto MOP N°203, 2014 artículo 20 c) y d), en el sentido de que la DGA puede constituir un derecho de aprovechamiento cuando la solicitud sea legalmente procedente, cuando hay recursos disponibles y no pudiendo perjudicar ni menoscabar derechos de terceros.

Para constituir derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en un sector acuífero, la Dirección General de Aguas establece entonces, la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo o volumen sustentable, como aquel volumen que permite un equilibrio de largo plazo del sistema, otorgando respaldo físico a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidos, no generando afección a derechos de terceros, tanto superficiales como subterráneos, y no produciendo impactos no deseados a la fuente y al medio ambiente.

5.2.1 Demanda Comprometida de Recursos Hídricos.

La demanda comprometida de un sector acuífero corresponde a todos los derechos otorgados, las solicitudes tramitadas conforme al artículo 2º Transitorio del Código de Aguas de 1981, las solicitudes tramitadas en virtud del artículo 4º Transitorio de la Ley 20.017 que modificó el Código de Aguas, que corresponden a aquellas presentadas por pequeños productores agrícolas y campesinos que se encuentran definidos en el artículo 13 de la Ley N° 18.910 y también aquellas solicitudes pendientes tramitadas de acuerdo a este mismo artículo 4 transitorio, las solicitudes tramitadas en virtud del artículo 3º Transitorio de la Ley 20.017 que modificó el Código de Aguas, y las solicitudes tramitadas por el artículo 6º transitorio de la Ley 20.017 que modificó el Código de Aguas.



La siguiente tabla presenta la demanda comprometida al 30 de marzo de 2014. En el anexo se adjuntan los listados correspondientes.

Región del Maule.

Sector	Recarga l/s	Recarga m3/año	Derechos Aprobados l/s	Derechos Aprobados m3/año	Solicitudes l/s	Solicitudes m3/año	Total l/s	Total m3/año
Cauquenes Alto	102	3.220.601	-	-	-	-	-	-
Dunas de Chanco	616	19.419.905	59	1.399.371	48	593.040	107	1.992.411
Los Puercos	271	8.536.787	78	1.930.868	136	1.627.362	214	3.558.230
Maule Alto	3.798	119.779.581	8	255.442	134	3.554.233	142	3.809.675
Maule Bajo	513	16.165.755	204	6.329.582	91	1.729.483	295	8.059.065
Nilahue Alto	131	4.127.835	49	663.689	39	1.091.145	88	1.754.834
Pelluhue	349	11.000.720	37	1.155.432	7	153.080	43	1.308.512
Playa Junquillar	490	15.451.278	211	5.673.196	72	824.666	283	6.497.862
Purapel	1.022	32.238.925	62	1.126.373	91	1.665.150	153	2.791.522
Vichuquén	277	8.728.328	55	1.031.149	39	782.724	93	1.813.872

Tabla N° 9 Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida Región del Maule.

Los 10 sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común definidos en la Región del Maule, se encuentran con una demanda comprometida inferior al volumen sustentable determinado preliminarmente en el presente informe, esto se muestra en los gráficos 1a y 1b siguientes.

Lo anterior permite avanzar en la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas que al momento se encuentran pendientes, sin perjudicar los derechos de terceros que ya se encuentran constituidos, como tampoco los sectores acuíferos aquí individualizados, siempre y cuando estas solicitudes cumplan con las exigencias definidas en el Código de Aguas.



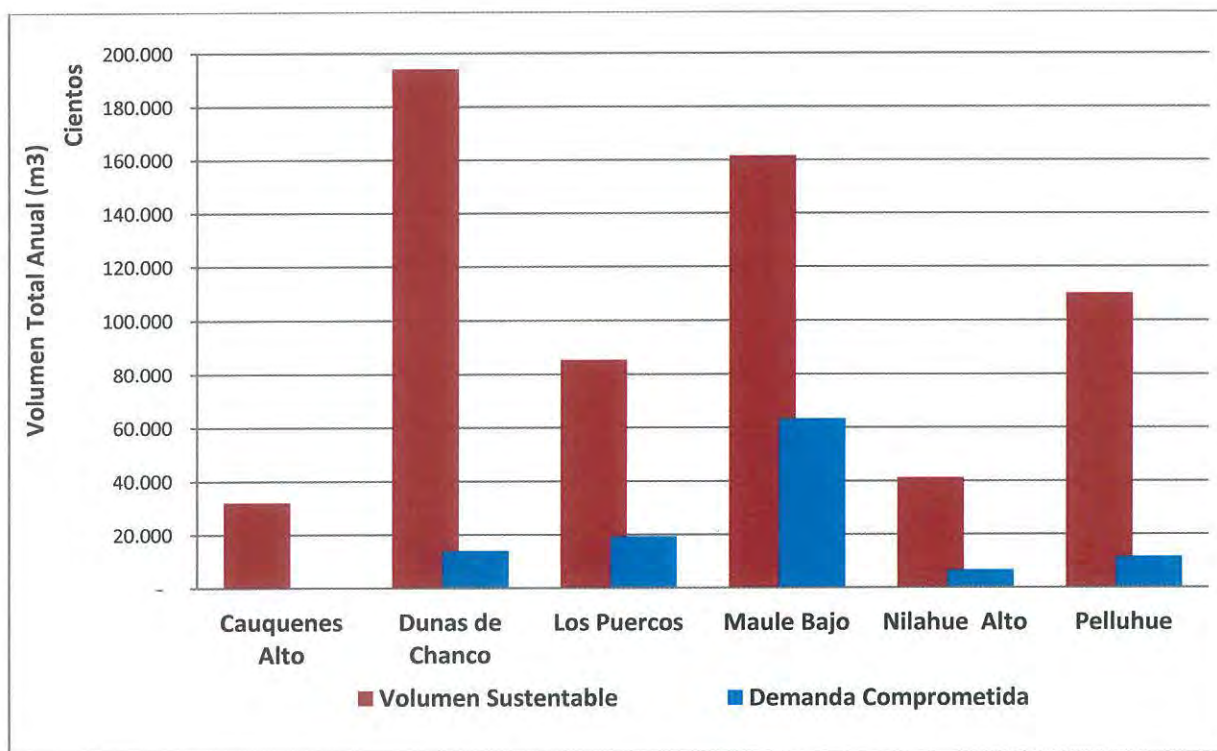


Gráfico N°1a Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.

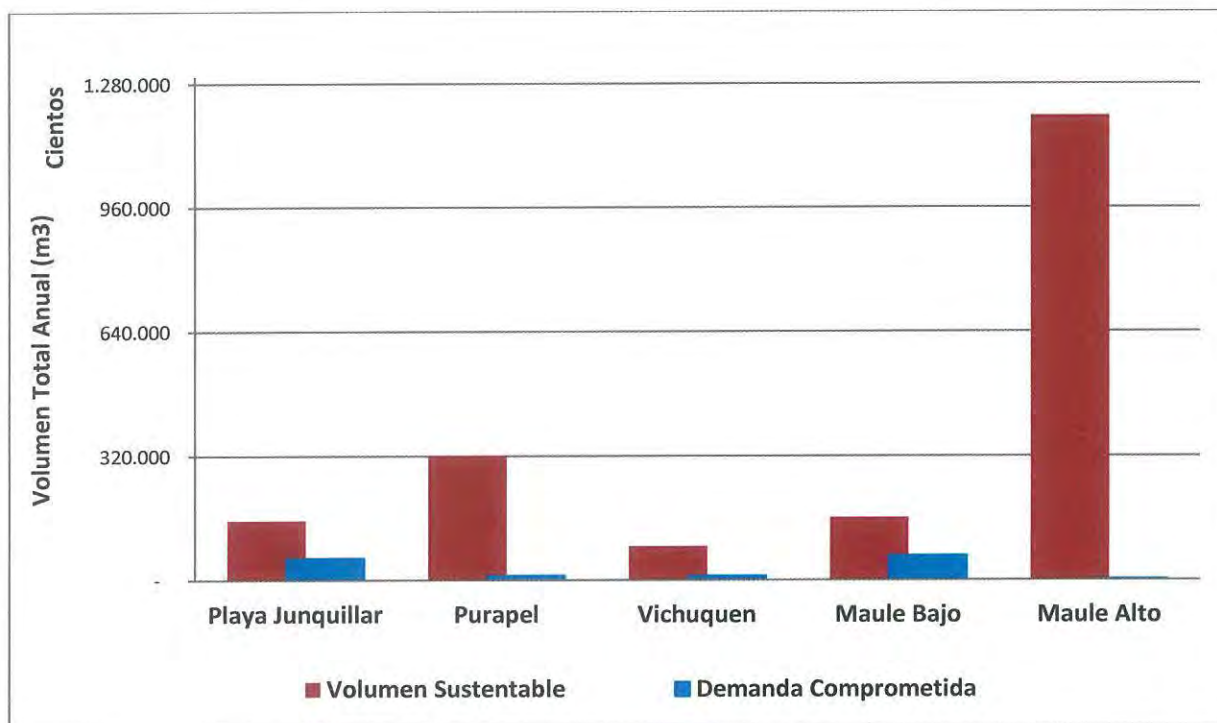


Gráfico N°1b Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.



Región del Biobío.

Sector	Recarga l/s	Recarga m3/año	Derechos Aprobados l/s	Derechos Aprobados m3/año	Solicitudes l/s	Solicitudes m3/año	Total l/s	Total m3/año
Biobío Inferior	897	28.273.551	630	17.233.408	78	1.423.945	708	18.657.353
Biobío Superior	9.825	309.828.502	459	13.233.202	153	4.765.090	612	17.998.291
Biobío Medio	14.364	452.990.017	3.644	93.156.983	1.843	42.690.546	5.487	135.847.529
Chanco Alto	94	2.960.228	0	757			0	757
Cobquecura	331	10.423.921	56	1.568.529	71	1.480.931	127	3.049.459
Itata Inferior	2.763	87.143.305	1.205	32.922.607	276	6.393.015	1.481	39.315.621
Itata Superior	11.101	350.074.428	5.192	122.877.786	1.955	40.676.055	7.147	163.553.840
Laguna del Laja	2.164	68.245.964	57	1.078.292	4	75.686	61	1.153.978
Lanahue	2.194	69.195.710	254	4.245.883	77	1.351.131	331	5.597.014
Lebu	1.188	37.456.866	13	326.586	20	479.347	33	805.933
Lleulleu	1.254	39.534.898	26	585.473	5	29.392	30	614.865
Nahuelbuta	1.570	49.497.687	106	2.569.922			106	2.569.922
Ñuble Alto	1.490	46.984.521	4	46.988	68	1.865.670	72	1.912.658
Pingual	468	14.745.055	86	1.298.815	34	558.565	120	1.857.380
Quiapo	497	15.681.971	9	65.910	8	50.458	17	116.368
Rio Andalién	658	20.753.935	126	1.529.071	46	642.704	172	2.171.774
Rio Laja	3.207	101.151.038	2.208	63.997.481	197	3.653.453	2.405	67.650.934
Tavoleo	976	30.777.309	1	33.050	18	297.384	19	330.433

Tabla N° 10 Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida Región del Biobío.

De los 18 sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común definidos en la Región del Biobío, se tiene que se encuentran con una demanda comprometida inferior al volumen sustentable determinado preliminarmente en el presente informe, pudiéndose entonces, avanzar en la constitución de nuevos de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas que al momento se encuentran pendientes, sin perjudicar los derechos de terceros que ya se encuentran constituidos, como tampoco los sectores acuíferos aquí individualizados. El volumen sustentable en relación a la demanda comprometida se muestra en los gráficos N° 2a, 2b y 2c.



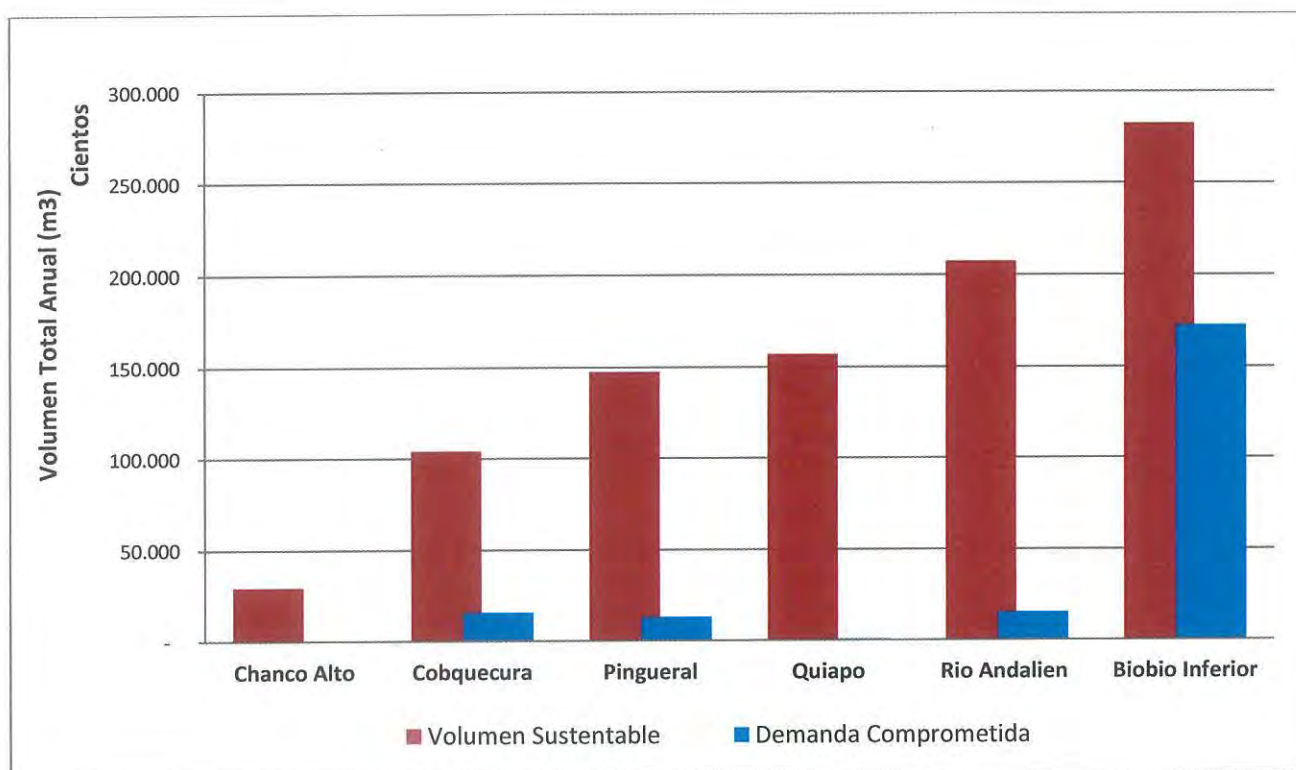


Gráfico N°2a - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.

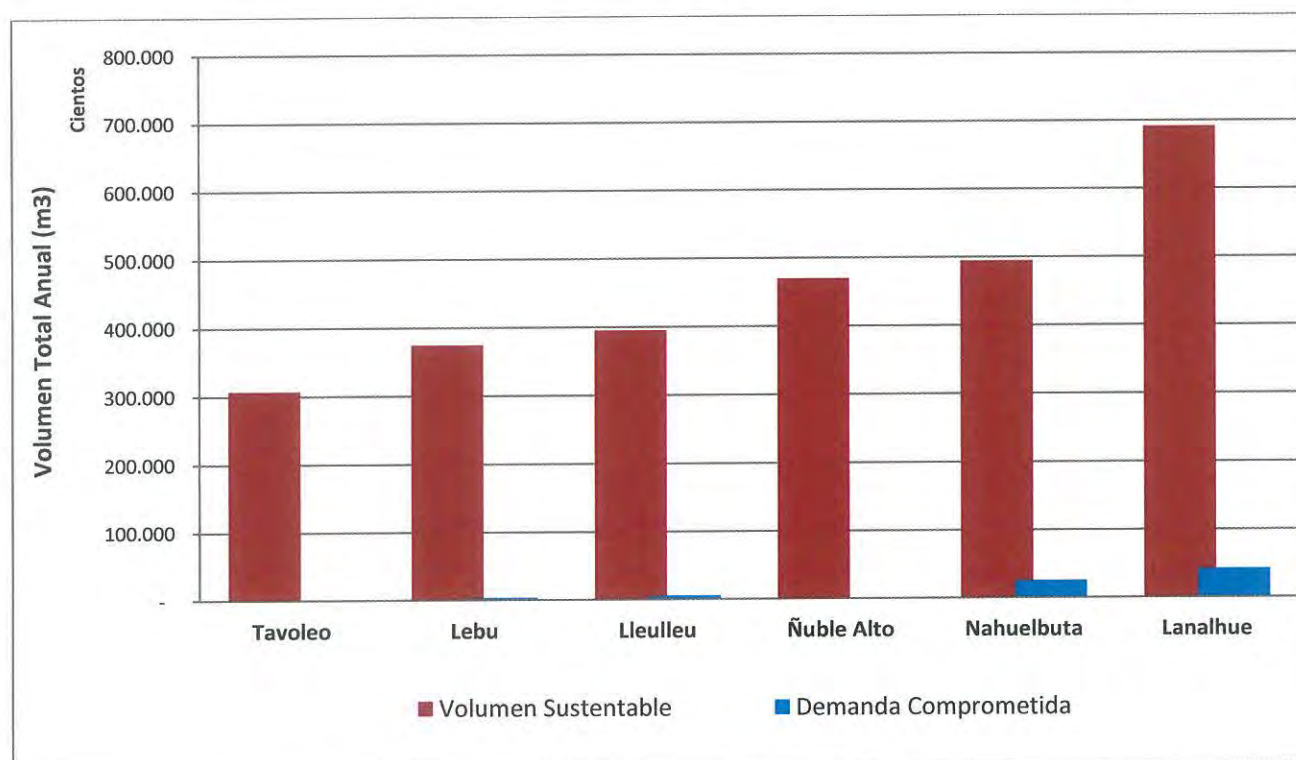


Gráfico N°2b - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.



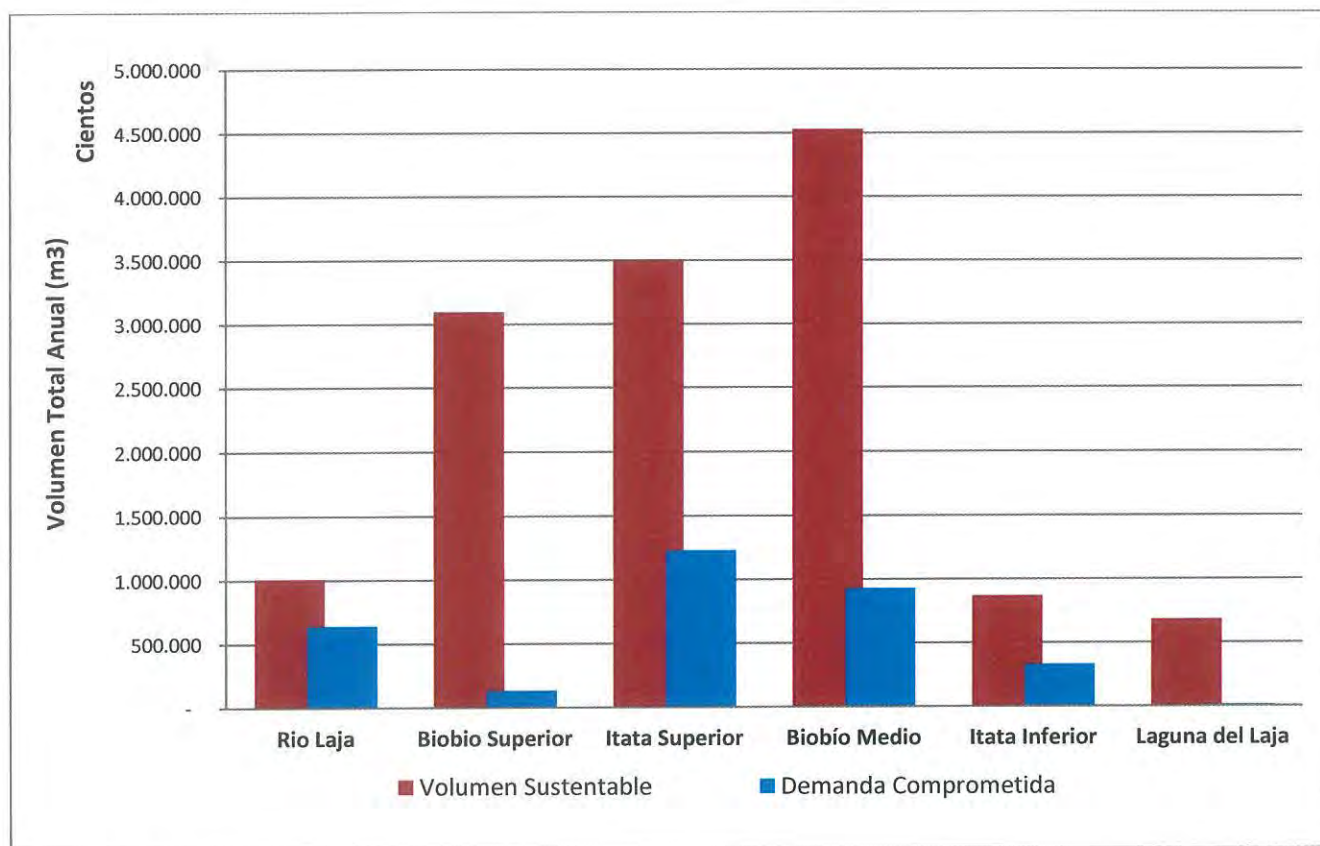


Gráfico N°2c - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.



Región de La Araucanía.

Sector	Recarga l/s	Recarga m3/año	Derechos Aprobados l/s	Derechos Aprobados m3/año	Solicitudes l/s	Solicitudes m3/año	Total l/s	Total m3/año
Alto Biobío	4.190	132.141.729	31	950.180	14	291.393	46	1.241.573
Cautín	20.253	638.705.629	6.807	186.850.529	738	16.191.180	7.546	203.041.709
Cholchol	3.294	103.883.471	339	7.054.062	43	1.151.110	382	8.205.172
Imperial Bajo	865	27.290.959	322	7.269.443	49	604.284	371	7.873.727
Lago Budi	406	12.816.852	245	6.720.810	-	-	245	6.720.810
Purén	974	30.710.064	69	1.387.367	8	47.304	77	1.434.671
Rio Renaico	4.960	156.433.798	179	3.598.308	14	106.907	193	3.705.215
Rio Vergara	5.879	185.409.751	882	20.850.829	230	3.054.600	1.112	23.905.430
Rios Colpi Quillen	5.396	170.164.352	2.325	54.889.082	216	4.785.750	2.541	59.674.832
Toltén Alto	32.070	1.011.347.570	2.684	74.831.486	434	10.997.883	3.118	85.829.369
Toltén Bajo	860	27.121.146	231	5.509.307	1	10.370	232	5.519.677
Toltén Medio	5.710	180.066.490	2.621	63.355.010	375	7.083.477	2.996	70.438.487

Tabla N° 11 Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida Región de La Araucanía.

Los 12 sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común definidos en la Región de La Araucanía, se encuentran con una demanda comprometida inferior al volumen sustentable determinado preliminarmente en el presente informe. Los gráficos N° 3a, 3b y 3c, muestran la relación existente entre el volumen sustentable y la demanda comprometida en dichos sectores.

Se puede entonces, avanzar en la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas que al momento se encuentran pendientes, sin perjudicar los derechos de terceros que ya se encuentran constituidos, como tampoco los sectores acuíferos aquí individualizados, siempre y cuando estas solicitudes cumplan con las exigencias definidas en el Código de Aguas.



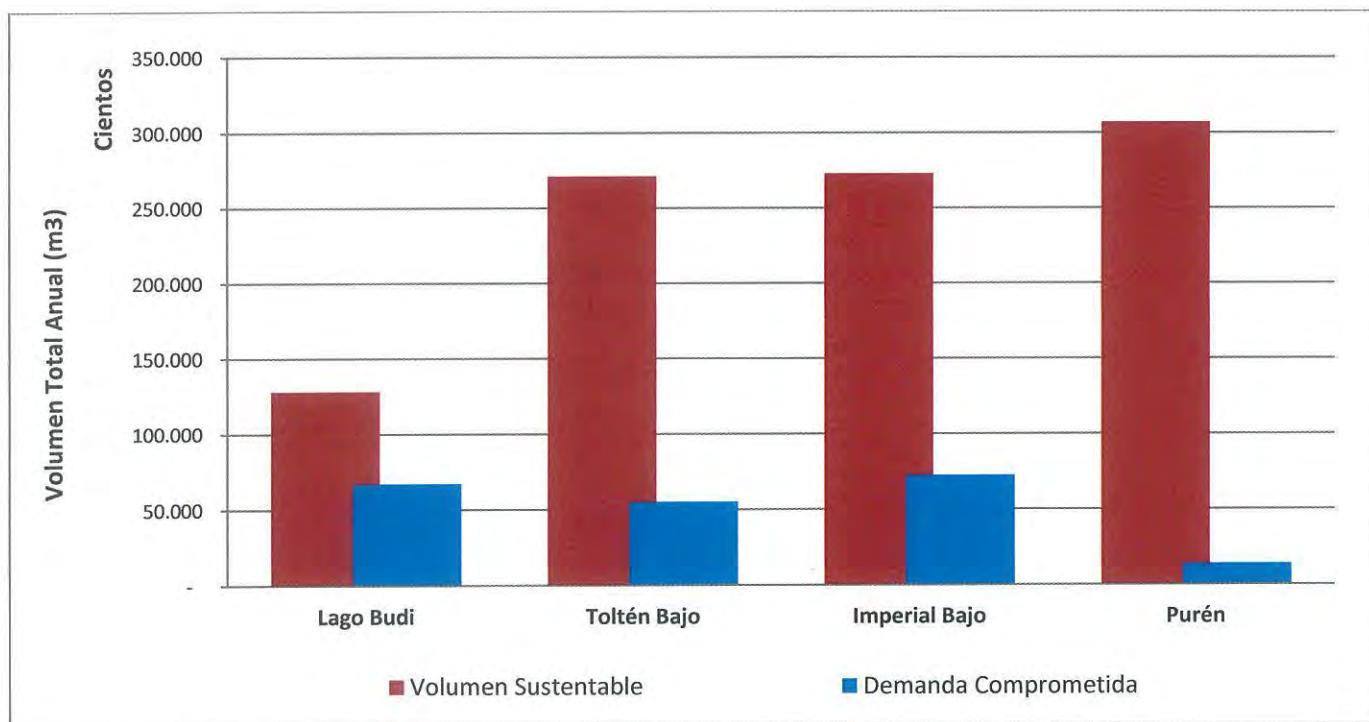


Gráfico N°3a - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.

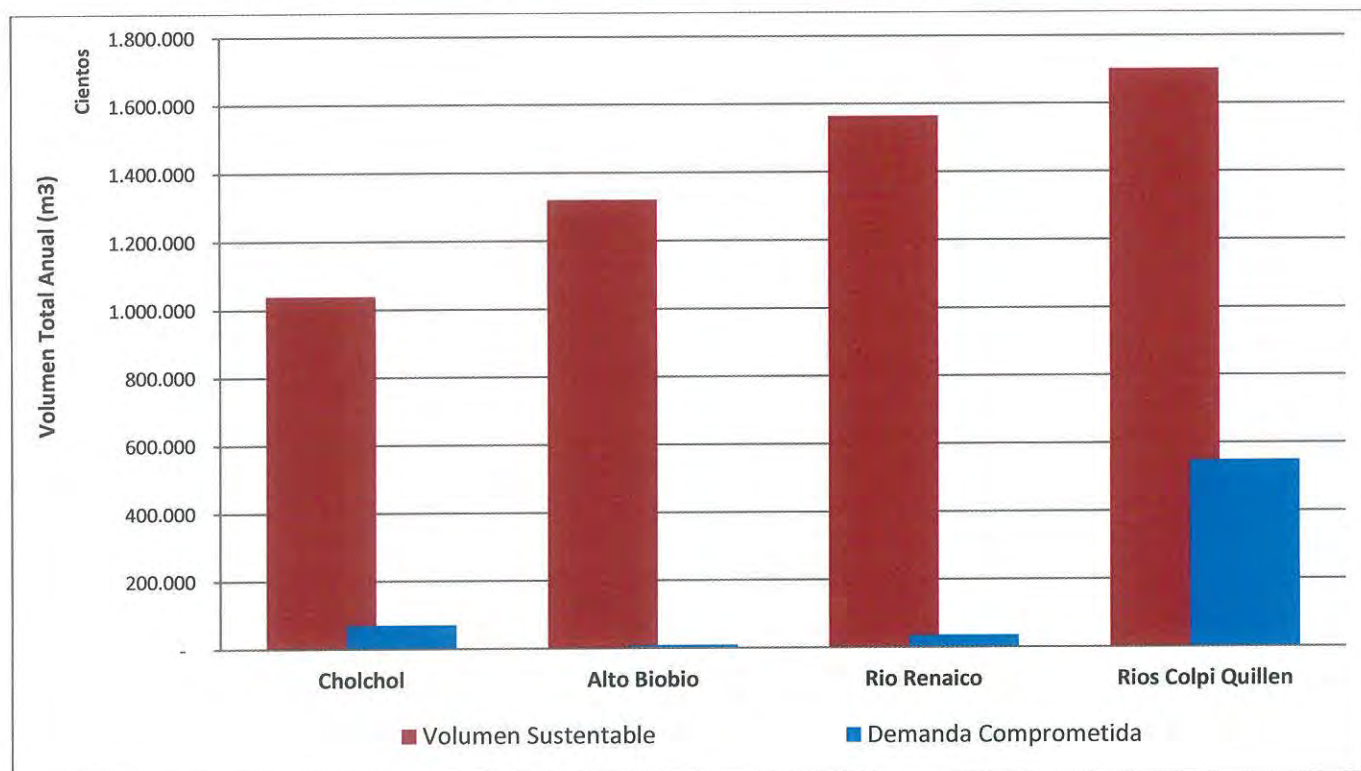


Gráfico N°3b - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.



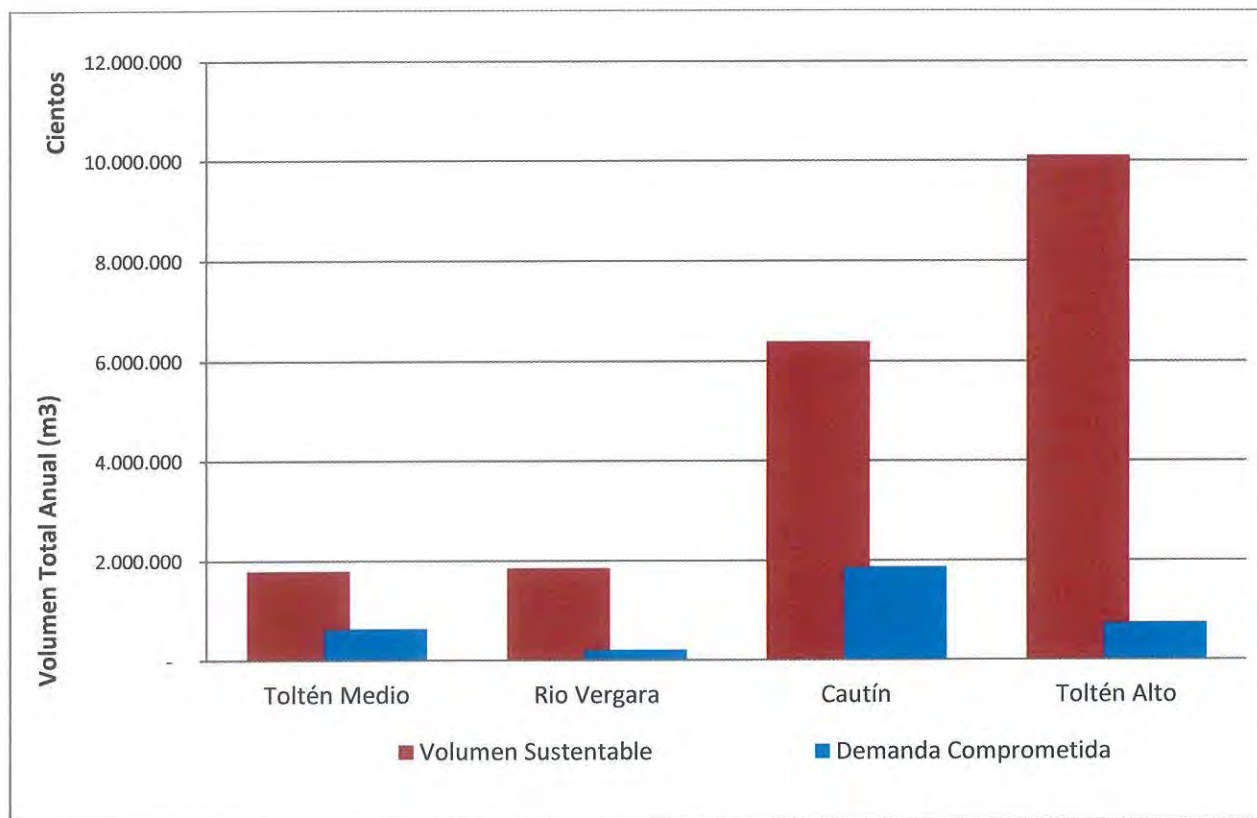


Gráfico N°3c - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.



Región de Los Ríos.

Sector	Recarga m3/año	Recarga l/s	Derechos Aprobados m3/año	Derechos Aprobados l/s	Solicitudes m3/año	Solicitudes l/s	Total m3/año	Total l/s
Bueno Inferior	31.187.696	989	12.930	1	25.229	4	38.159	5
Bueno Superior	204.258.204	6.477	12.406.288	506	8.617.254	270	21.023.541	777
Colún	30.674.505	973	-	-	-	-	-	-
Loncoyen	7.078.245	224	1.261	0			1.261	0
Mehuín	17.093.443	542	62.758	10	214.843	7	277.601	17
Río Calle Calle	286.470.659	9.084	17.164.405	633	3.026.734	138	20.191.139	770
Río Cruces	330.486.926	10.480	118.240.372	4.494	20.232.254	790	138.472.626	5.284
Valdivia Alto	18.107.019	574	-	-	-	-	-	-
Valdivia Inferior	53.650.431	1.701	3.032.397	131	1.838.660	53	4.871.057	184
Valdivia Superior	557.568.472	17.680	9.034.140	322	9.516.105	325	18.550.244	646
Río Bueno	306.890.035	9.731	157.566.694	6.961	27.226.662	1.146	184.793.356	8.107

Tabla N° 12 Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida Región de Los Ríos.

Los 11 sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común definidos en la Región de Los Ríos, se encuentran con una demanda comprometida inferior al volumen sustentable determinado preliminarmente en el presente informe. Los gráficos N° 4a y 4b muestran la relación existente entre el volumen sustentable y la demanda comprometida en dichos sectores.

Se puede entonces, avanzar en la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas que al momento se encuentran pendientes, sin perjudicar los derechos de terceros que ya se encuentran constituidos, como tampoco los sectores acuíferos aquí individualizados, siempre y cuando las solicitudes cumplan con las exigencias definidas en el Código de Aguas.



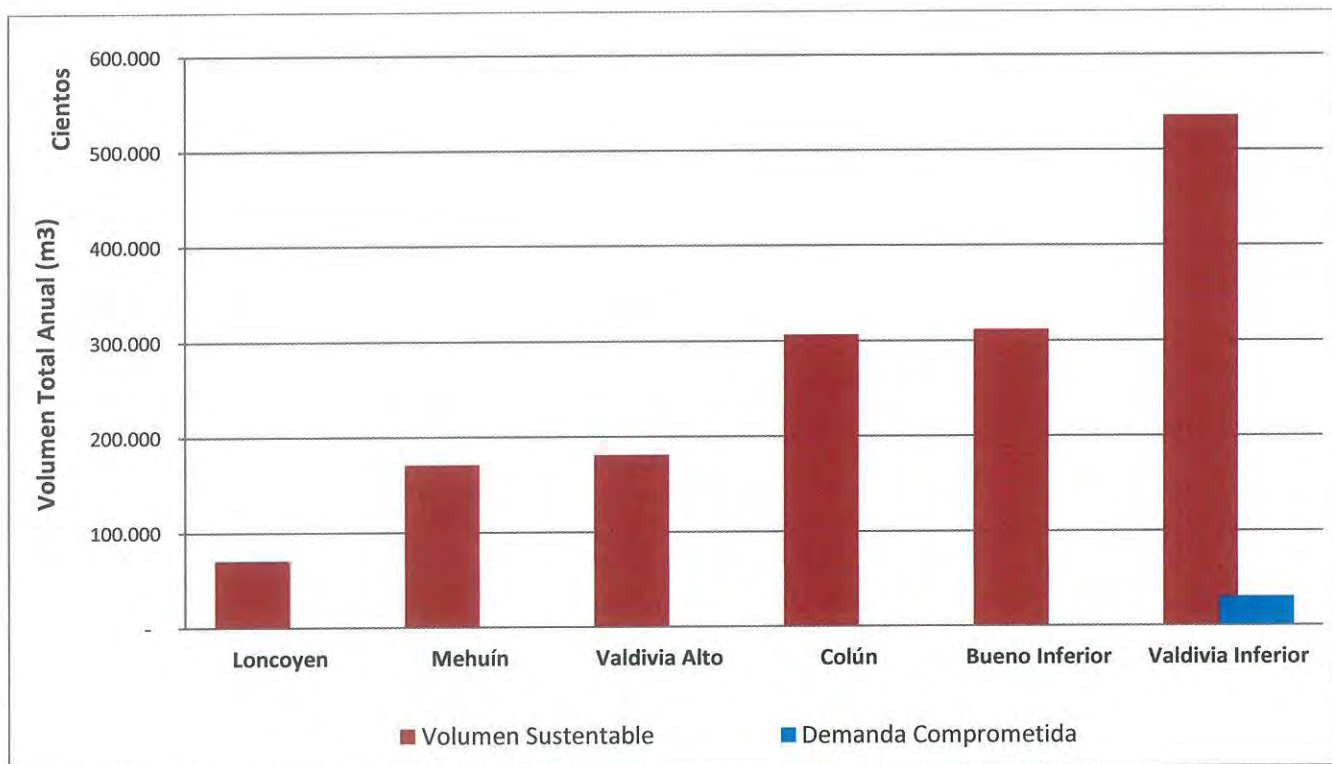


Gráfico N°4a - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.

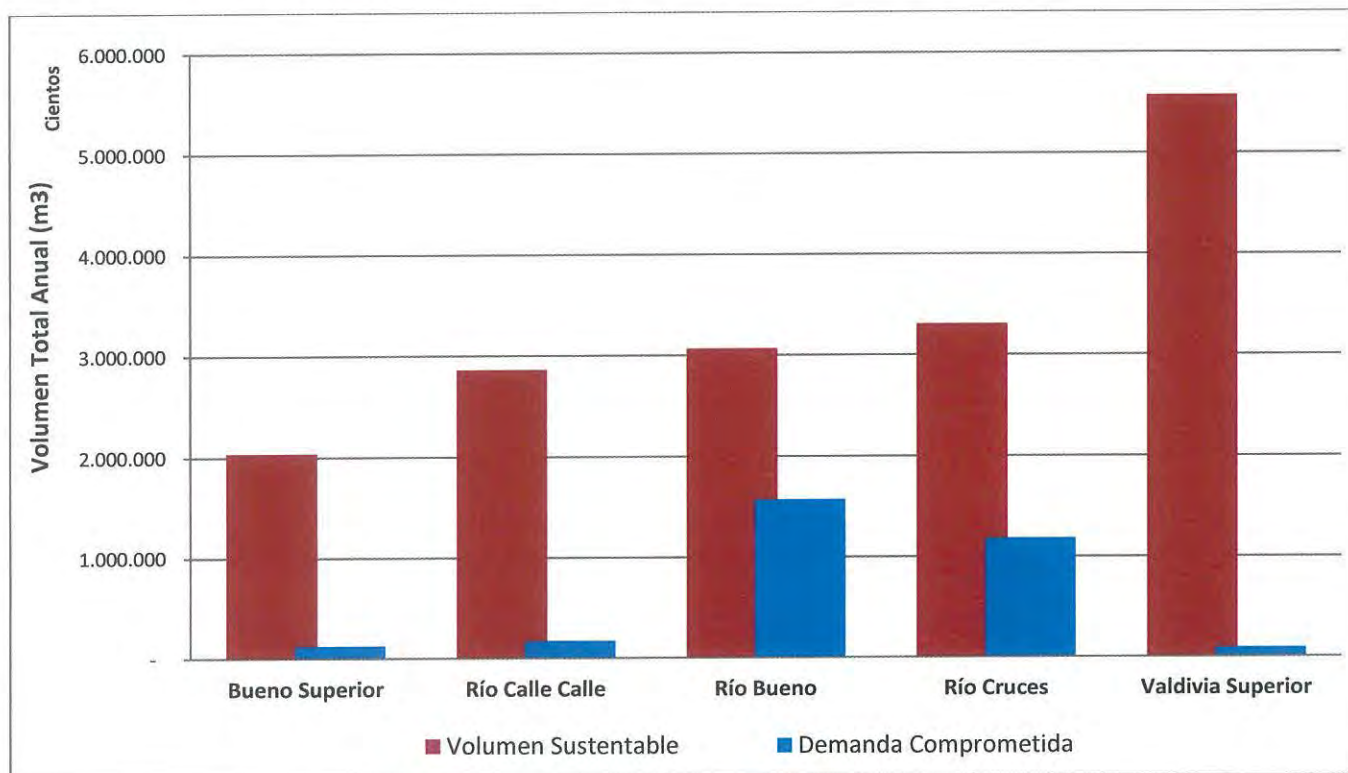


Gráfico N°4b - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.

Estimación Preliminar de las recargas de aguas subterráneas y Determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, en las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.



Región de Los Lagos.

Sector	Recarga m3/año	Recarga l/s	Derechos Aprobados m3/año	Derechos Aprobados l/s	Solicitudes m3/año	Solicitudes l/s	Total m3/año	Total l/s
Ancud	152.235.959	4.827	4.460.983	151	473.939	32	4.934.922	183
Bahia Mansa	111.392.519	3.532	531.697	18	631	0	532.328	18
Castro	65.535.702	2.078	11.294.488	413	2.536.504	84	13.830.991	497
Chepu	160.509.797	5.090	3.578.524	114	301.484	12	3.880.008	125
Cochamó	36.140.499	1.146	-	-	-	-	-	-
Comau	41.688.220	1.322	-	-	-	-	-	-
Hornopiren	124.577.747	3.950	1.451.296	51	-	-	1.451.296	51
Huequi	72.430.467	2.297	-	-	-	-	-	-
Huillinco	78.291.039	2.483	13.668.768	514	2.396.317	78	16.065.085	592
Lago Chapo	110.451.547	3.502	13.795.464	477	534.760	24	14.330.224	501
Lago Llanquihue	164.338.792	5.211	56.158.490	1.970	3.680.085	134	59.838.575	2.104
Llico	76.625.983	2.430	5.069.437	199	1.900.152	80	6.969.589	278
Petrohue	115.791.311	3.672	15.017.441	476	158.737	5	15.176.178	482
Piuchen	43.309.284	1.373	-	-	-	-	-	-
Puelo	114.756.419	3.639	9.777	1	254.180	8	263.958	9
Quellón	108.322.371	3.435	7.566.592	273	-	-	7.566.592	273
Rahue	448.849.800	14.233	221.093.731	8.557	23.960.627	944	245.054.359	9.501
Refñihue	51.064.618	1.619	14.508	2	9.461	2	23.969	4
Rio Blanco	37.054.596	1.175	-	-	223.275	7	223.275	7
Rio Canef	37.938.617	1.203	-	-	-	-	-	-
Rio Chaitén	19.642.086	623	9.462	0	-	-	9.462	0
Rio Corcovado	70.060.947	2.222	-	-	-	-	-	-
Rio Daye	31.963.014	1.014	-	-	-	-	-	-
Rio Futaleufú	72.989.545	2.314	767.113	29	4.415	1	771.528	29
Rio Huellas	7.061.752	224	-	-	-	-	-	-
Rio Palena	170.054.877	5.392	825.613	27	61.180	10	886.793	36
Rio Puritauquen	14.287.828	453	-	-	-	-	-	-
Rio Tictoc	65.786.647	2.086	-	-	-	-	-	-
Rio Yelcho	125.610.486	3.983	-	-	-	-	-	-
Rio Maullín	306.916.326	9.732	174.097.114	5.878	26.468.961	903	200.566.076	6.781
Vodudahue	49.820.470	1.580	-	-	-	-	-	-

Tabla N° 13 Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida Región de Los Lagos.



Los 31 sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común definidos en la Región de Los Ríos, se encuentran con una demanda comprometida inferior al volumen sustentable determinado preliminarmente en el presente informe. Los gráficos N° 5a, 5b, 5c, 5d y 5e, muestran la relación existente entre el volumen sustentable y la demanda comprometida en dichos sectores.

Se puede entonces, avanzar en la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas que al momento se encuentran pendientes, sin perjudicar los derechos de terceros que ya se encuentran constituidos, como tampoco los sectores acuíferos aquí individualizados, siempre y cuando estas solicitudes cumplan con las exigencias determinadas en el Código de Aguas.

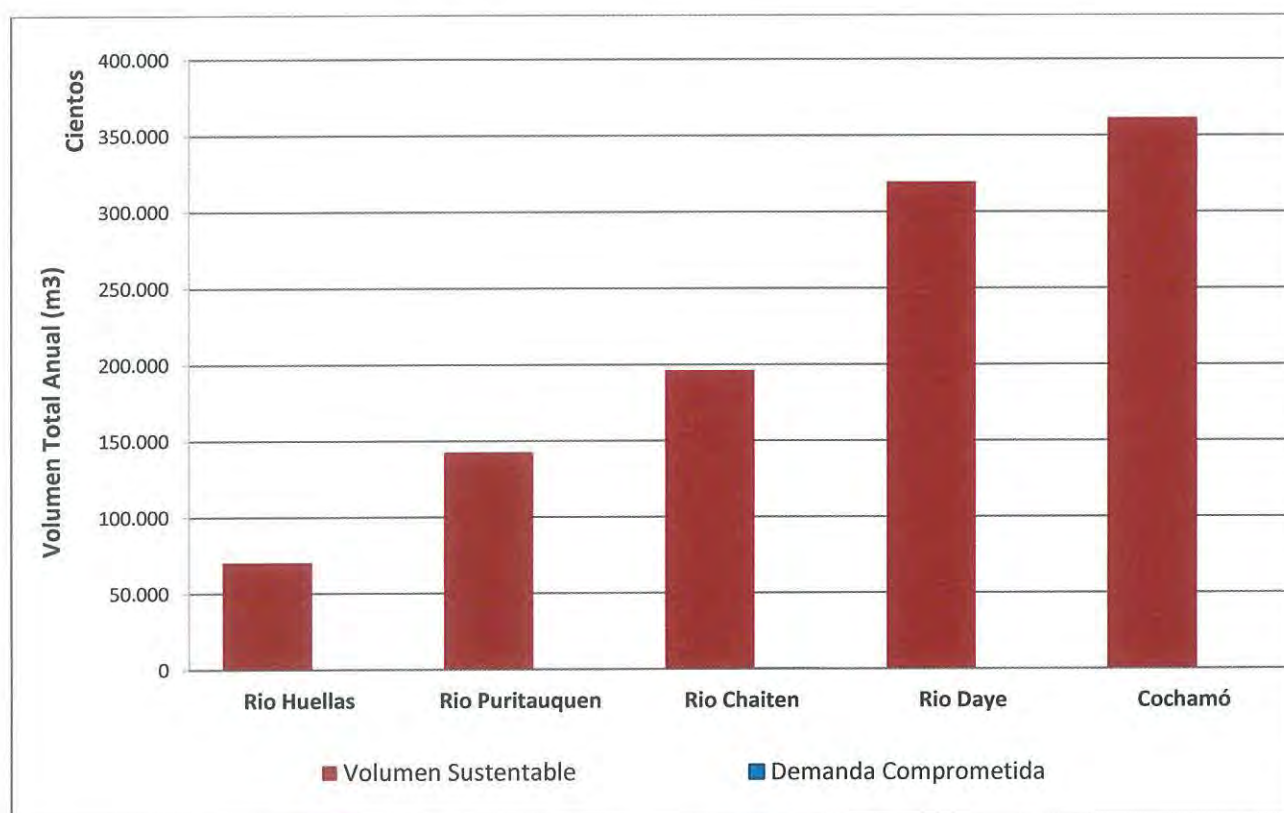


Gráfico N°5a - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.



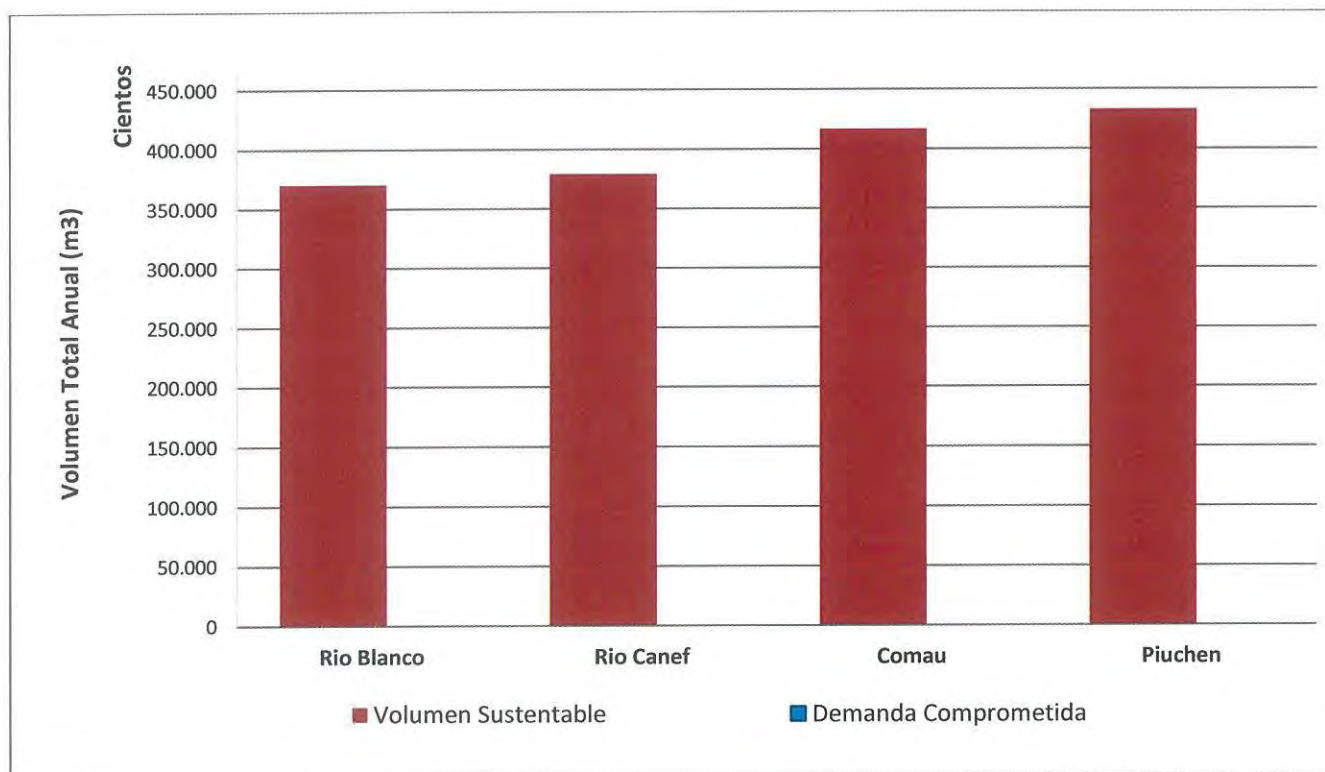


Gráfico N°5b - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.

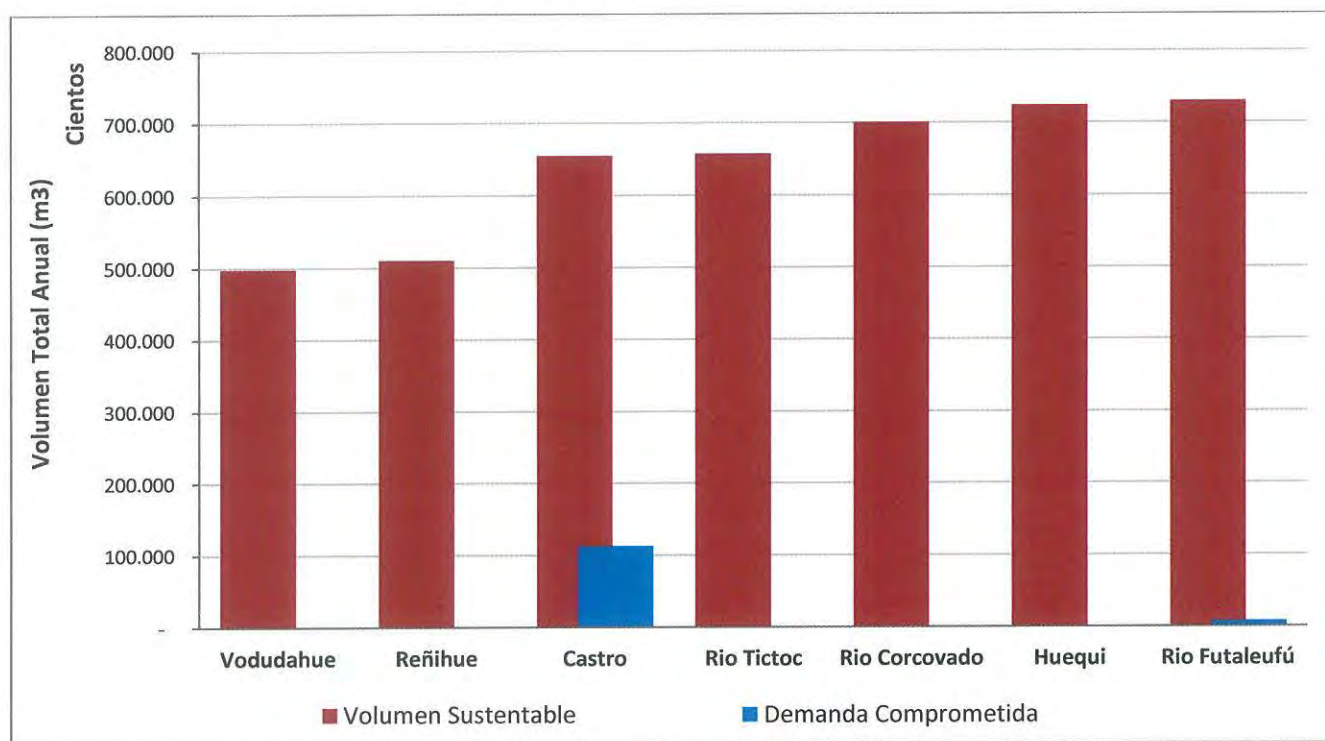


Gráfico N°5c - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.



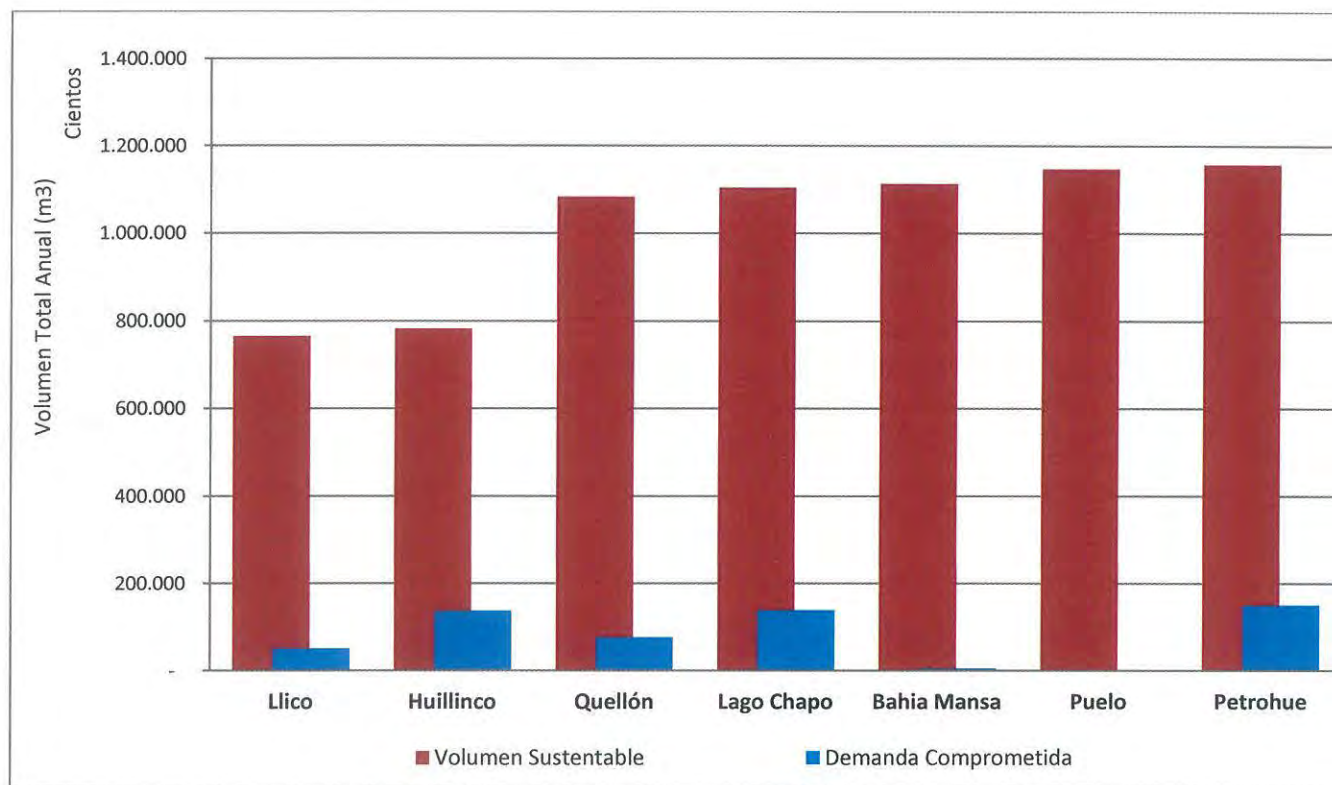


Gráfico N°5d - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.

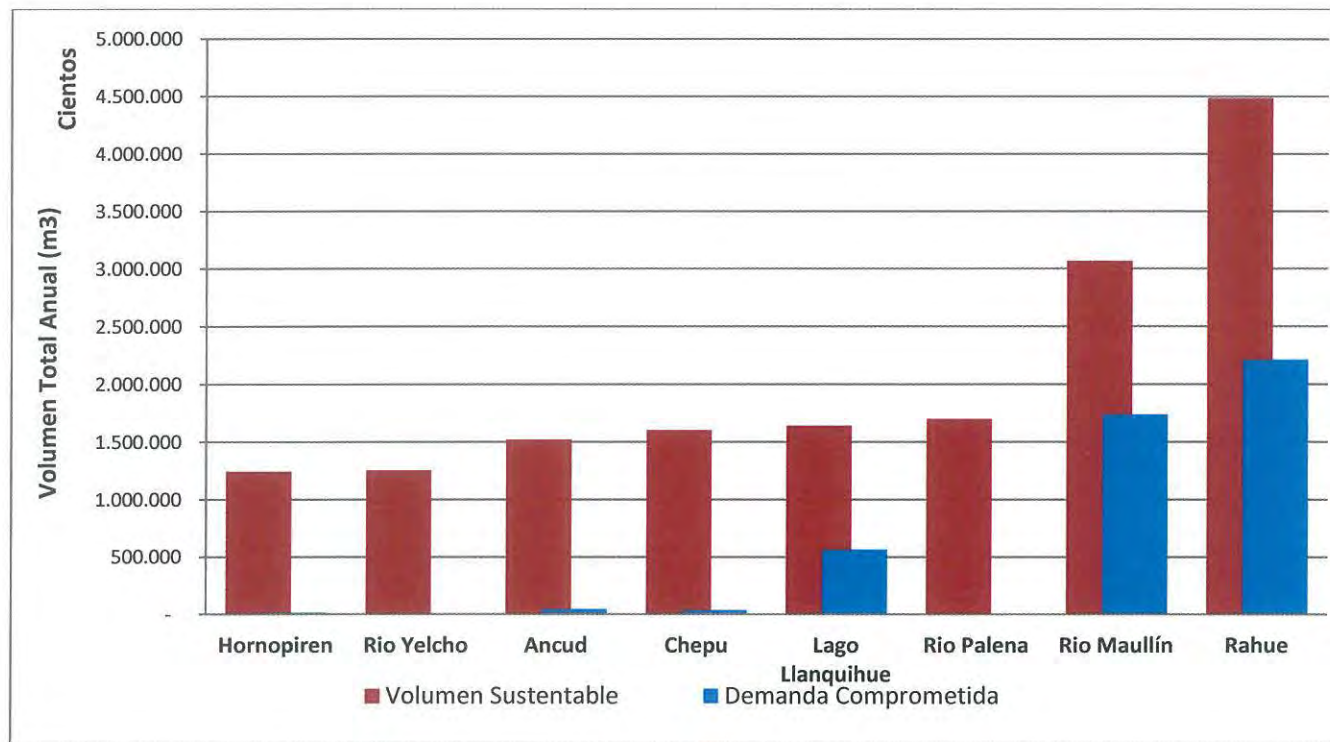


Gráfico N°5e - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.



5.- Conclusiones y Recomendaciones

En el presente informe se ha desarrollado un balance hídrico preliminar, que permite establecer de forma conservadora la recarga sustentable de explotación de los 82 sectores acuíferos individualizados, con el fin de avanzar en la resolución de nuevos derechos de aprovechamiento de agua subterránea.

En este sentido, este trabajo ha permitido concluir que de un total de 82 sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común individualizados en las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, todos se encuentran en una situación que su explotación actual y el otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamiento de agua subterránea no generan riesgo a la sustentabilidad de dichos acuíferos, ni a derechos de terceros, en este sentido por cuanto las demandas comprometidas no superan los volúmenes sustentables.

Además, cabe señalar, que en la medida que se disponga de mayores estudios en las zonas analizadas, la disponibilidad calculada en el presente informe podría cambiar y ser actualizada con cargo a los nuevos antecedentes técnicos.

Por otra parte, el presente informe permite aplicar a las Direcciones Regionales la metodología aquí utilizada, a fin de determinar preliminarmente y establecer de forma conservadora los volúmenes sustentables de explotación, en aquellos sectores acuíferos del país que no cuenten con estudios de disponibilidad de recursos hídricos subterráneos, y que tampoco fueron incluidos en el presente análisis.


Nury Salazar Martínez
Geógrafo

Depto. Adm. Recursos Hídricos
Dirección General de Aguas



6.- Referencias.

DARH - DGA Evaluación de los Recursos Hídricos subterráneos de la cuenca del Río Cauquenes, SDT N° 322, 2011.

DEP – DGA Estimación de la Oferta Hídrica en las cuencas de los Esteros Belco y el Arenal, SDT N° 345 de septiembre de 2013.

DEP –DGA Estimación de la Oferta Hídrica en las cuencas del Estero Los Puercos, SDT N° 346 2013.

DARH – DGA Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos en el sector acuífero Estero Belco y El Arenal, IT DARH N° 358 de octubre de 2013.

VALENZUELA M. Memoria e Título. Universidad de Chile. Reconocimiento Hidrogeológico de la Zona Costera Litoral Central V Región. 1994.

SERNAGOMIN. Carta Geológica de Chile. Escala 1:1.000.000

DGA. Balance Hídrico de Chile, 1987.

7.- Anexos.

