

ETAPA 2

[2° INFORME DE AVANCE]

Disponibilidad de agua

Proyecciones de la Oferta

Proyecciones de la Demanda

Balances Prospectivos





Sección 1: introducción y resumen ejecutivo

1. INTRODUCCIÓN	10
2. RESUMEN EJECUTIVO.....	11
2.1 SECCIÓN 2	11
A. DISPONIBILIDAD DE AGUA	11
B. AGUA SUBTERRÁNEA EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO	13
2.2 SECCIÓN 3: PROYECCIONES DE LA OFERTA	15
2.3 SECCIÓN 4: PROYECCIONES DE LA DEMANDA	17
2.4 SECCIÓN 5: BALANCES PROSPECTIVOS	21

Sección 2

a) Disponibilidad de Agua Superficial

1. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL O ASD DESDE UN EMBALSE REGULADOR.....	25
2. ANÁLISIS DEL AGUA DISPONIBLE SUPERFICIAL DEL RIO COLORADO.....	26
2.1 ESTIMACIÓN DEL AGUA DISPONIBLE EN LAS TOMAS SUPERIORES	26
2.2 ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DESDE EL EMBALSE CASA DE PIEDRA.....	28
3. ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUAS RIO NEGRO	33
3.1 DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. RIO NEUQUÉN.....	33



3.2 DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. RIO LIMAY. 38

3.3 DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. RIO NEGRO. 42

b) Hidrología de Aguas Subterráneas – modelo de recarga

1. CONTEXTO. 46

2. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS. 50

3. MODELO DE RECARGA. 52

ACUÍFERO DE BASAMENTO CRISTALINO (ACUÍFEROS 37-38) 56

ACUÍFEROS DE BASALTO (ACUÍFEROS N°9- N°16)..... 58

MESETA DE SOMUNCURÁ (ACUÍFERO N°16) 59

INGENIERO ÁREA DE JACOBACCI (ACUÍFEROS N°12, N°13, N°25)..... 62

ACUÍFEROS ALUVIALES DE LAS CUENCAS INTERNAS (PÚRPURA) 65

COMALLO (ACUÍFERO N°28) 65

LOS MENUCOS 68

ACUÍFERO DE SEDIMENTOS CRETÁCEOS - GRUPO NEUQUÉN (ROJO) 70

ACUÍFERO DE SEDIMENTOS Terciarios - RÍO NEGRO FM. (AZUL) 71

ACUÍFERO DE SEDIMENTOS MIXTOS - PATAGONIA Y RÍO NEGRO FM. (VERDE)..... 72

GRAN ACUÍFERO FLUVIAL (AZUL OSCURO) 72

ACUÍFERO DE SEDIMENTOS DEL TRIÁSICO DE LOS ANDES (NARANJA) 72

ACUÍFERO DE DEPÓSITOS GLACIARES (AZUL CLARO) 73



RESUMEN DE RESULTADOS	73
------------------------------------	-----------

4. MODELO.....	74
-----------------------	-----------

. Sección 3: Los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos Provincia de Río Negro

1. ABSTRACTO	80
---------------------------	-----------

2. METODOLOGÍA.....	80
----------------------------	-----------

3. RESULTADOS.....	82
---------------------------	-----------

3.1 CONDICIONES HIDROLÓGICAS Y DE RECURSOS HÍDRICOS ACTUALES EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO	82
--	-----------

3.2 TENDENCIAS HIDROCLIMÁTICAS FUTURAS: TEMPERATURA Y EVAPORACIÓN.....	85
---	-----------

3.3 AGUA DISPONIBLE FUTURA EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO	96
--	-----------

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	101
--	------------

5. REFERENCIAS.....	102
----------------------------	------------

ANEXOS DE SECCION 2	103
----------------------------------	------------

ANEXO I.....	103
---------------------	------------

ANEXO II.....	110
----------------------	------------

Sección 4 – Proyecciones de la demanda

1. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL O ASD DESDE UN EMBALSE REGULADOR.....	25
--	-----------



2.	<u>ANÁLISIS DEL AGUA DISPONIBLE SUPERFICIAL DEL RIO COLORADO.....</u>	26
2.1	<u>ESTIMACIÓN DEL AGUA DISPONIBLE EN LAS TOMAS SUPERIORES</u>	26
2.2	<u>ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DESDE EL EMBALSE CASA DE PIEDRA</u>	28
3.	<u>ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUAS RIO NEGRO</u>	33
3.1	<u>DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. RIO NEUQUÉN.</u>	33
3.2	<u>DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. RIO LIMAY.....</u>	38
3.3	<u>DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. RIO NEGRO.....</u>	42
1.	<u>CONTEXTO.....</u>	46
2.	<u>UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.</u>	50
3.	<u>MODELO DE RECARGA.....</u>	52
1.	ACUÍFERO DE BASAMENTO CRISTALINO (ACUÍFEROS 37-38)	56
2.	ACUÍFEROS DE BASALTO (ACUÍFEROS N°9- N°16)	58
3.	MESETA DE SOMUNCURÁ (ACUÍFERO N°16)	59
4.	INGENIERO ÁREA DE JACOBACCI (ACUÍFEROS N°12, N°13, N°25)	62
5.	ACUÍFEROS ALUVIALES DE LAS CUENCAS INTERNAS (PÚRPURA)	65
6.	COMALLO (ACUÍFERO N°28)	65
7.	LOS MENUÇOS	68
8.	ACUÍFERO DE SEDIMENTOS CRETÁCEOS - GRUPO NEUQUÉN (ROJO)	70
9.	ACUÍFERO DE SEDIMENTOS Terciarios - RÍO NEGRO FM. (AZUL)	71
10.	ACUÍFERO DE SEDIMENTOS MIXTOS - PATAGONIA Y RÍO NEGRO FM. (VERDE)	72
11.	GRAN ACUÍFERO FLUVIAL (AZUL OSCURO)	72
12.	ACUÍFERO DE SEDIMENTOS DEL TRIÁSICO DE LOS ANDES (NARANJA)	72
13.	ACUÍFERO DE DEPÓSITOS GLACIARES (AZUL CLARO)	73
14.	RESUMEN DE RESULTADOS	73



4. MODELO	74
5. REFERENCIAS.....	77
1. ABSTRACTO.....	80
2. METODOLOGÍA.....	80
3. RESULTADOS	82
3.1 CONDICIONES HIDROLÓGICAS Y DE RECURSOS HÍDRICOS ACTUALES EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO.....	82
3.2 TENDENCIAS HIDROCLIMÁTICAS FUTURAS: TEMPERATURA Y EVAPORACIÓN	85
3.3 TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN	87
4. AGUA DISPONIBLE FUTURA EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO	96
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	101
6. REFERENCIAS.....	102
ANEXOS DE SECCION 2	103
ANEXO I.....	103
ANEXO II – SECCION 2.....	110
1. INTRODUCCIÓN.....	117
2. RESUMEN EJECUTIVO	117
3. OBJETIVO DEL INFORME	121



4. RESUMEN DE LA DEMANDA DE AGUA	122
4.1. DEMANDA POBLACIONAL ACTUAL	122
4.2. DEMANDA DE AGRICULTURA	128
4.3 DEMANDAS INDUSTRIALES	139
5. RESUMEN DE LA DEMANDA	141
.6 METODOLOGÍA PARA PROYECCIONES DE LA DEMANDA.....	142
6.1 DEMANDA PROYECTADA PARA EL CONSUMO POBLACIONAL EN UN ESCENARIO TENDENCIAL A 2040 Y 2055	143
6.2 DEMANDA PROYECTADA PARA EL CONSUMO AGRÍCOLA EN UN ESCENARIO TENDENCIAL A 2040 Y 2055	146
6.3 DEMANDA PROYECTADA PARA USO INDUSTRIAL EN UN ESCENARIO TENDENCIAL A 2040 Y 2055.....	150
7. CONCLUSIONES	151
ANEXOS.....	155
ANEXO I – DEMANDAS INDUSTRIALES.....	156
1. CUENCA LIMAY Y AZUL.....	156
2. CUENCA RIO COLORADO	157
RADIO II: CATRIEL - AGUAS ARRIBA	157
RADIO X: RÍO COLORADO - AGUAS ABAJO	158
3. CUENCA RIO NEUQUÉN – ALTO VALLE	158
RADIO IV	160
RADIO VI	162



4. CUENCA RIO NEGRO – ALTO VALLE	164
RADIO V	165
RADIO VIII	167
5. USO DE AGUA PÚBLICA EN LA INDUSTRIA HIDROCARBURÍFERA	168
6. RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADA CUENCA SEGÚN EL RADIO	174
ANEXO II – PROYECCIONES POBLACIONALES	175
ANEXO III – DEMANDA POBLACIONAL	177
1. BALANCES PROSPECTIVOS	185
1.1 CUENCA DEL RÍO NEUQUÉN	185
1.2 CUENCA DEL RÍO NEGRO	186
1.3 CUENCA DEL RÍO COLORADO	187
2. CONCLUSIONES	189

Sección 5: Balances prospectivos escenario tendencial

1. BALANCES PROSPECTIVOS.....	185
1.1 CUENCA DEL RÍO NEUQUÉN	185
1.2 CUENCA DEL RÍO NEGRO	186
1.3 CUENCA DEL RÍO COLORADO.....	187



2. CONCLUSIONES.....189



Sección 1 Introducción y resumen ejecutivo

1. INTRODUCCIÓN	10
2. RESUMEN EJECUTIVO.....	11
2.1 SECCIÓN 2.....	11
A. DISPONIBILIDAD DE AGUA	11
B. AGUA SUBTERRÁNEA EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO	13
2.2 SECCIÓN 3: PROYECCIONES DE LA OFERTA	15
2.3 SECCIÓN 4: PROYECCIONES DE LA DEMANDA.....	17
2.4 SECCIÓN 5: BALANCES PROSPECTIVOS	21



1. INTRODUCCIÓN

El presente informe presenta los resultados correspondientes a la Etapa 2 del Plan Maestro para el Sector Hídrico de la Provincia de Río Negro. En esta etapa se desarrollan los estudios que buscan determinar la relación entre la oferta y la demanda en un escenario tendencial futuro para el año 2055 contemplando los efectos causados por el Cambio Climático a la disponibilidad de recursos hídricos en los distintos sistemas provinciales.

En la Sección N°1 se presenta el análisis completo de la estimación de Agua Disponible (ASD) para la provincia que se comenzó a analizar en el informe N°1, se presentan los cálculos realizados para las cuencas de los ríos Colorado y Negro (incluyendo el Limay y Neuquén). En cuanto a las cuencas de la zona Andina y las de Región Sur, no se pudo realizar la estimación de ASD por no contarse con series de datos sistemáticos y confiables de caudales de éstas. Se recomienda establecer un relevamiento sistemático de datos de caudales para poder realizar a mediano plazo las estimaciones de oferta y su variabilidad con el impacto del cambio climático y de esta manera con las estimaciones realizadas de demanda (sección N°3 de este informe) poder realizar los balances prospectivos de estas cuencas.

En esta sección se presentan también los resultados del modelo matemático de recarga de acuíferos a macro escala elaborado para la Provincia de Río Negro. Este modelo permite, en función de la información disponible, obtener un rango de valores de recarga de los acuíferos provinciales en base a las precipitaciones, generando un escenario de máxima recarga y un escenario de mínima recarga.

En la Sección N°2 se analizan los efectos del Cambio Climático sobre los recursos hídricos de la provincia de Río Negro, para los escenarios objetivos de 2030, 2050 y 2070, presentando en detalle los resultados para el año 2055 según fue definido. Se presentan los resultados para las cuencas mayores, es decir el Limay, Neuquén y Negro y el río Colorado. También en esta Sección se analizan los cambios de temperaturas y precipitaciones y por lo tanto los cambios en la demanda causados por el incremento en la evapotranspiración de los cultivos, en estos escenarios tendenciales. Los análisis prospectivos correspondientes a la Zona Sur serán presentados en el informe correspondiente a la Etapa 4+6 en un análisis integral y detallado de dicha zona.

En la Sección N°3 se determinan las demandas hídricas actuales, tanto poblacional como industrial, hidrocarburífera y agrícola, para luego analizar los cambios de esta en un escenario tendencial al año 2055, donde los únicos cambios planteados son el crecimiento poblacional y los cambios de las temperaturas y precipitaciones causados por el impacto del cambio climático determinados en la sección anterior.

En el informe correspondiente a la Etapa 4 y Etapa 6, se analizarán las variaciones en la demanda hídrica en otros escenarios potenciales, también al año 2055. En estos escenarios se contemplarán los aumentos de demanda derivados de los crecimientos eventuales de población e industrial por el desarrollo de actividades puntuales como el turismo, emprendimientos importantes en el sector hidrocarburífero, desarrollo de actividades energéticas, etc. y sobre todo por el crecimiento de áreas



cultivadas bajo riego en un escenario de ampliación de sistemas de riego actuales y desarrollo de nuevas áreas de riego en la provincia.

El potencial de áreas de riego de la provincia determinadas en varios estudios es muy importante y cabe mencionar como antecedente, por su actualidad y su profundidad en el análisis, los resultados del trabajo realizado por las jurisdicciones de la cuenca del río Negro, en el marco de la AIC (Autoridad Interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro), “Planificación del Aprovechamiento Integral y Gestión Sustentable del Recurso Hídrico de la Cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro”, donde se determinó como área potencial a regar en la provincia de Río Negro 1.178.727 hectáreas versus las 163.015 hectáreas actualmente regadas. Se analizarán con los organismos provinciales la factibilidad del desarrollo de estas superficies, analizando los proyectos y definiendo las áreas que se consideran posibles de poner en producción, en un horizonte al año 2055, de acuerdo con los planes de desarrollo que impulsa la provincia de Río Negro.

En la Sección N°4 se realizan Balances Prospectivos para el escenario tendencial al año 2055 con los valores de demanda y oferta hídrica determinados en las secciones anteriores, buscando determinar los puntos de falla o que se presentarían y las estrategias a implementar para evitarlas o minimizarlas.

2. RESUMEN EJECUTIVO

2.1 SECCIÓN 2

a. DISPONIBILIDAD DE AGUA

a) AGUA DISPONIBLE CUENCAS DE LOS RÍOS COLORADO; LIMAY; NEUQUÉN Y NEGRO

En este apartado se analizó la situación hídrica del río Colorado, en el embalse Casa de Piedra por ser la única regulación del río y porque al ser un río de régimen nival, la cuenca activa o de recarga se encuentra aguas arriba y además porque las mayores demandas se ubican aguas debajo de esta presa. Se observan dos períodos con diferencias muy notorias de los escurrimientos o volúmenes derramados. Los mismos tienen un quiebre en el año 2010 marcando a partir de allí ciclos hidrológicos muy pobres, situación que se revierte en el año 2023 (período que queda fuera del análisis, pero es importante remarcarlo).

Valores del Agua Superficial Disponible en el río Colorado a la salida de Casa de Piedra.

Periodo de análisis	Buta Ranquil (hm ³ /año)	Erogado Casa de Piedra (hm ³ /año)	Volumen en el embalse al inicio (hm ³)	ASD (hm ³ /Año)
1995 a 2010	4961	4210	2344	4215
2011 a 2022	2632	1994	1521	1851



En cuanto a las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro la situación es similar. En base a la información hidrológica suministrada de los volúmenes erogados de los embalses compensadores Arroyito sobre el Río Limay y El Chañar sobre el Río Neuquén se procede a analizar el valor de estas y las tendencias observadas.

Se puede apreciar que para los dos sistemas (Limay y Neuquén y por consecuencia del río Negro) se ha producido un descenso de los volúmenes disponibles de agua superficial en los compensadores durante la última década, si bien es más notorio para el Río Neuquén donde la reducción es del orden del 53% y para el río la disminución es del 36%, generando que, en el Río Negro en Allen, la reducción de los caudales sea del orden del 42%.

Valores característicos del Agua Superficial Disponible en el río Neuquén a la salida del El Chañar.

Periodo de análisis	Almacenamiento inicial medio Barreales (hm ³)	Almacenamiento inicial medio Mari Menuco (hm ³)	Erogado en El Chañar (hm ³ /año)	Agua disponible El Chañar (hm ³ /año)
2000 a 2010	24740	13749	8876	9010
2011 a 2023	24614	13720	4205	4191

Valores característicos del Agua Superficial Disponible en el río Limay a la salida de Arroyito

Periodo de análisis	Almacenamiento inicial medio Alicura (hm ³)	Almacenamiento inicial medio Piedra del Águila (hm ³)	Almacenamiento inicial medio El Chocón (hm ³)	Erogado Arroyito (hm ³ /año)	Agua disponible Arroyito (hm ³ /año)
2000 a 2010	2881	9966	16452	18770	19961
2011 a 2023	3002	9954	15995	13066	12682

Valores característicos del Agua Superficial Disponible en el río Negro en Allen

Periodo de análisis	Río Neuquén. Disponibilidad en El Chañar	Río Limay. Disponibilidad en Arroyito	Consumos desde Arroyito y Chañar hasta Allen.	Retornos al río hasta Allen.	Disponibilidad del Río Negro en Allen. Sin Retornos	Disponibilidad del Río Negro en Allen. Con Retornos
2001 a 2010	9284	20621	1642	310	28263	28573
2011 a 2021	4365	13136	1503	295	15977	16271



B. AGUA SUBTERRÁNEA EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO

El modelo, como resultado, genera dos mapas de información, una de infiltración máxima y una de infiltración mínima en mm/año a una resolución de 100x100 m. Luego, para cada área, unidades de acuífero en este caso, se suma el volumen total de agua y se convierte a la recarga de agua anual (agua disponible) en hectómetros cúbicos (hm³). Un resumen de los resultados del modelo se presenta en la tabla 1. La tabla está organizada por los tipos de acuífero y los detalles de cada acuífero: el área de superficie (en km²), el mínimo, el máximo y la recarga calculada por el modelo (en hm³), la tasa de precipitación media en ese acuífero (en mm/año*m²), el volumen total de agua que suma (multiplicando la tasa de precipitación por la superficie del acuífero, en hm³), y la recarga factor (dividiendo el volumen total de recarga por el volumen total de precipitación). Para áreas donde hay alguna estimación de la recarga del acuífero, también se indica la estimación.

Es importante señalar que el modelo calcula la cantidad de agua que ingresa al sistema proveniente de la lluvia, pero no garantiza la calidad del agua. Los acuíferos con alta salinidad existente (como los acuíferos sedimentarios del Cretácico y Terciario) pueden recibir una gran afluencia anual de agua dulce, pero una vez mezclada con las aguas salobres del acuífero, quedarán inutilizables para el consumo humano. A los efectos del agua potable, este modelo puede ayudar mejor en áreas donde el agua subterránea es de buena calidad, pero no hay una estimación de las tasas de reposición para gestionar la producción. O detectar áreas de altas tasas de recarga, que podemos explorar como una opción para la producción de agua.

Tabla 1: Resultados del modelo de recarga

Tipo de acuífero	Aq. #	Área [km ²]	Recarga modelada [hm ³]			Est. [hm ³]	Precipitación		Tasa de recarga Alfa [-]
			MÍN.	MÁX.	AVG		media [mm/año]	Vol. [hm ³]	
acuíferos es depósitos glaciares	1	544	39,6	58.1	48,9		842	458	0,11
	2	256	5.7	8.5	7.1		328	84	0,08
	3	502	34,8	48,5	41,7		463	232	0,18
Acuíferos Sedimentitas Terciarias Andinas	4	2827	28.6	49,9	39.2		542	1532	0,03
Acuíferos aluviales de grandes ríos	5	7097	256.0	321.1	288,6		339	2406	0,12
	6	2094	68,9	84,5	76,7		303	634	0,12
Acuíferos Sedimentitas Cretácicas	7	14956	367,4	444.4	405.9		235	3512	0,12



Tipo de acuífero	Aq. #	Área [km ²]	Recarga modelada [hm ³]			Est. [hm ³]	Precipitación		Tasa de recarga Alfa [-]
			MÍN.	MÁX.	AVG		media [mm/año]	Vol. [hm ³]	
	8	22756	165,2	220,4	192,8		177	4028	0,05
acuíferos rocas basálticas	9	1489	6.8	9.3	8.1	>0,75 *	152	226	0,04
	10	488	6.8	9.6	8.2		281	137	0,06
	11	150	0,5	0,8	0,6		154	23	0,03
	12	602	2.7	3.9	3.3		196	118	0,03
	13	1899	9.7	13.5	11.6		190	360	0,03
	14	2586	11.5	16.2	13.9		167	431	0,03
	15	360	1.2	1.8	1.5		150	54	0,03
	dieciséis	24039	130,8	178,5	154,7	>65*	176	4241	0,04
Acuíferos Sedimentitas Terciarias continentales	17	2941	54,5	64.2	59,4		204	601	0,10
	18	22571	1679,6	2028.3	1853.9		392	8847	0,21
	19	12859	798.0	960,6	879,3		352	4532	0,19
Acuíferos Sedimentitas Terciarias mixtos	20	17170	636,5	779,5	708.0		282	4836	0,15
Acuíferos Aluviales de Cuencas Interiores	21	36	0,5	0,8	0,7		303	11	0,06
	22	96	1.0	1.5	1.3		262	25	0,05
	23	166	0,6	0,8	0,7		141	23	0,03
	24	476	1.0	2.0	1.5		160	76	0,02
	25	202	0,5	1.0	0,8		191	39	0,02
	26	763	5.9	8.0	6.9		195	149	0,05
	27	226	1.8	3.3	2.5		362	82	0,03
	28	213	0,7	1.2	0,9		235	50	0,02
	29	22	0.1	0.1	0.1		151	3	0,02
	30	79	0,2	0,4	0.3		152	12	0,03
	31	102	0,4	0,6	0,5		150	15	0,03
	32	329	1.1	1.9	1.5		205	67	0,02
	33	491	1.3	2.3	1.8		211	103	0,02
	34	329	0,5	1.1	0,8		208	68	0,01
	35	187	0.1	0,4	0.3		217	41	0,01
	36	134	0,4	0,8	0,6		216	29	0,02



Tipo de acuífero	Aq. #	Área [km ²]	Recarga modelada [hm ³]			Est. [hm ³]	Precipitación		Tasa de recarga Alfa [-]
			MÍN.	MÁX.	AVG		media [mm/año]	Vol. [hm ³]	
Acuíferos rocas graníticas, metamórficas y volcánicas	37	54355	199.1	318,8	258,9		220	10842	0,02
	38*	2891	38,5	80.0	59.2		1634	4722	0,01
Total		199281	4558	5726	5142		536	53	0,10

2.2 SECCIÓN 3: PROYECCIONES DE LA OFERTA

El propósito de este estudio es analizar y cuantificar las condiciones climáticas e hidrológicas actuales y futuras de la provincia de Río Negro y como resultado, la disponibilidad de recursos hídricos con respecto al cambio climático.

Este estudio documenta los cambios proyectados en varios componentes del ciclo hidrológico como precipitación, evaporación y caudal, y evalúa el agua disponible actual y futura en la provincia. En este estudio se aplicó un novedoso enfoque de conjunto regional para evaluar y cuantificar los impactos potenciales del cambio climático en el ciclo hidrológico y los recursos hídricos tanto en el área de la Cordillera de los Andes como así también en las zonas bajas de la parte oriental de Río Negro.

Los resultados muestran una clara tendencia de calentamiento y sequedad en la provincia de Río Negro y en las zonas altas de la cordillera de los Andes que desembocan en la provincia. El modelo muestra una fuerte señal de reducción en las precipitaciones invernales en la cordillera, desde donde se producen los escurrimientos hacia las zonas áridas y semiáridas de la provincia.

La disminución de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas conducirán a una menor acumulación de nieve en los Andes y, como resultado, a menores caudales fluviales en las dos cuencas principales de la provincia: Río Colorado y Río Negro. Al mismo tiempo, las zonas agrícolas de la provincia enfrentarán una mayor evaporación y menores valores de humedad del suelo. El aumento del índice de sequía provocará condiciones de sequía más prolongadas e intensas. Los hallazgos de este estudio concuerdan con estudios recientes similares en la región.

La agricultura en esta región depende en gran medida de los recursos hídricos y también es sensible a los extremos climáticos, como las crecientes olas de calor. En base a los resultados del presente estudio y de los aumentos esperados en las demandas de agua para los distintos usos, queda claro la importancia de mejorar las estrategias de mitigación para hacer frente a las condiciones de sequía actuales y futuras.



Los resultados obtenidos marcan una clara disminución del agua disponible en las dos principales cuencas de la provincia, los valores obtenidos son los que se transcriben las siguientes tablas.

Proyecciones de volúmenes de Agua Superficial Disponible anual y porcentaje de cambio referido al periodo 2000-2020 para el Rio Colorado (hm³)

Rio Colorado		
Periodo	Valor ASD	Cambio
2020-2020	4.186	
2030	3.707	-11,5%
2040	3.690	-11,9%
2050	3.387	-19,1%
2055	3.107	-25,8%
2070	2.747	-34,4%

Proyecciones de volúmenes de Agua Superficial Disponible anual y porcentaje de cambio referido al periodo 2000-2020 para el Rio Negro (hm³)

Rio Negro		
Periodo	Valor ASD	Cambio
2020	26.270	
2030	23.162	-11,8%
2040	22.360	-14,9%
2050	20.648	-21,4%
2055	20.360	-22,5%
2070	18.300	-30,3%

Proyecciones de volúmenes de Agua Superficial Disponible anual y porcentaje de cambio referido al periodo 2000-2020 para el Rio Negro + Rio Colorado (hm³)

Total Rio Negro + Rio Colorado		
Periodo	Valor AVG	Cambio
2000-2020	30.456	
2030	26.869	-12%
2040	25.300	-17%
2050	24.035	-21%
2055	23.537	-23%
2070	21.047	-31%

Los resultados presentados en este estudio muestran una clara tendencia de calentamiento en la provincia de Río Negro: en la Cordillera de los Andes y la región Atlántica. El aumento de las temperaturas y los cambios en las cantidades y patrones de precipitación provocarán una mayor



evaporación, aridez, derretimiento temprano de la nieve y menores valores de humedad del suelo en el país.

Los resultados del modelo hidrológico aquí presentados muestran que se espera que disminuyan los volúmenes de caudales que fluyen desde los Andes hacia las zonas bajas de la provincia. Esta tendencia conducirá a una reducción de alrededor del 12% en 2030, 21% en 2050 y 31% hasta 2070 en el total de agua superficial disponible en la provincia (drenaje a la región Atlántica de la provincia).

El conjunto de múltiples modelos climáticos también muestra una tendencia positiva en las precipitaciones en la región de las Tierras Bajas, debido principalmente al aumento de las tormentas convectivas en las estaciones relativamente cálidas. Sin embargo, un aumento de algunos porcentajes en las estaciones de transición y las precipitaciones de verano (precipitaciones monzónicas de verano) en la zona semiárida de la provincia será despreciable y apenas afectará los balances de recursos hídricos de la provincia. En todo caso, provocará inundaciones repentinas dañinas debido a la mayor intensidad de las precipitaciones.

La provincia de Río Negro se verá afectada por efectos del cambio climático similares a los de otras regiones que se encuentran en el lado negativo de la circulación de células de Hadley alrededor de las latitudes 30 en el norte y sur de Hampshire (Rivera et. al, 2020, 2021).

La disminución del agua disponible sumado al aumento de la evaporación provocará un aumento de las demandas de riego para la agricultura respecto a las condiciones actuales. La provincia no dispondrá de la misma cantidad de agua que en la actualidad para satisfacer la demanda. Los efectos combinados de una disminución en los volúmenes de agua natural, además del aumento en el consumo de agua, pueden llevar a una pérdida total de agua de alrededor del 21% del agua disponible en Río Negro para 2050 y del 31% para 2070. Incluso ante un escenario futuro con demandas de agua iguales a las actuales, será necesario implementar estrategias de mitigación para hacer frente a las condiciones de sequía futuras. De lo contrario, en las próximas décadas, el sector agrícola de la provincia necesitará volúmenes adicionales de agua para cubrir los aumentos de demandas debido a un aumento de la evaporación y una disminución del agua superficial disponible.

2.3 SECCIÓN 4: PROYECCIONES DE LA DEMANDA

En la sección N°3 se determina las demandas actuales y las proyecciones de demanda de agua para los sectores Agrícola, Poblacional, Industrial y otros en la Provincia de Río Negro en un escenario actual y en uno tendencial, las proyecciones se realizaron para los años 2040 y 2055.

La demanda sectorial actual de agua de la provincia de Río Negro, para el año 2023, se presenta en la siguiente tabla:



Demanda actual de agua por sectores

Sector	Demanda de Agua (hm³)
Poblacional (hm ³)	122
Agricultura (hm ³)	4857
Industrial (hm ³)	32
Total (hm³)	5011

Según la proyección de la demanda total de agua se observa en la tabla siguiente donde se prevé un aumento del 4 % desde el año 2023 al año 2040, aumentando 205 hm³ en 17 años y un 7 % al año 2055. El incremento en la demanda hídrica total es de 358 hm³ en 32 años.

Distribución de la demanda en un escenario tendencial en hm³

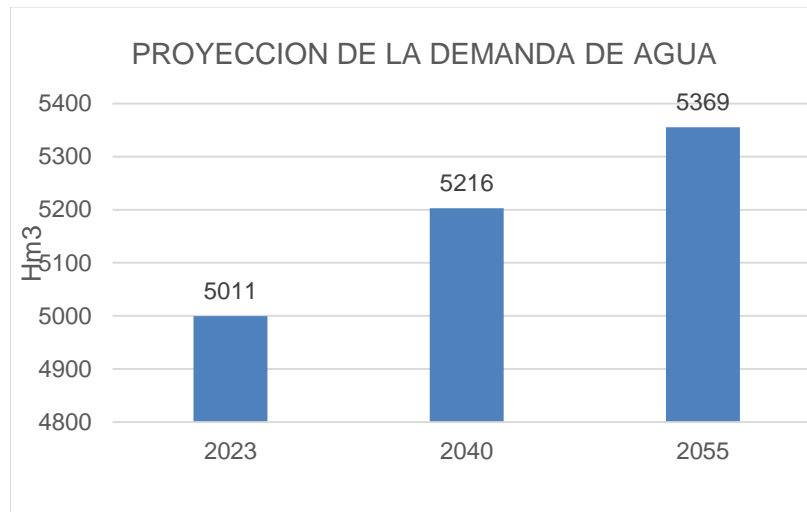
	Poblacional	Agricultura	Industrial	Total
2023	122	4857	32	5011
2040	193	4987	36	5216
2055	250	5082	37	5369

Estos incrementos están previstos en un escenario tendencial, es decir sin tener en cuenta factores externos, solo se tiene en cuenta el crecimiento demográfico y efectos del cambio climático sobre la agricultura, sin realizar intervención de infraestructura en los sistemas públicos de riego, manteniendo las mismas condiciones y suponiendo que no haya cambios en el patrón de cultivo.

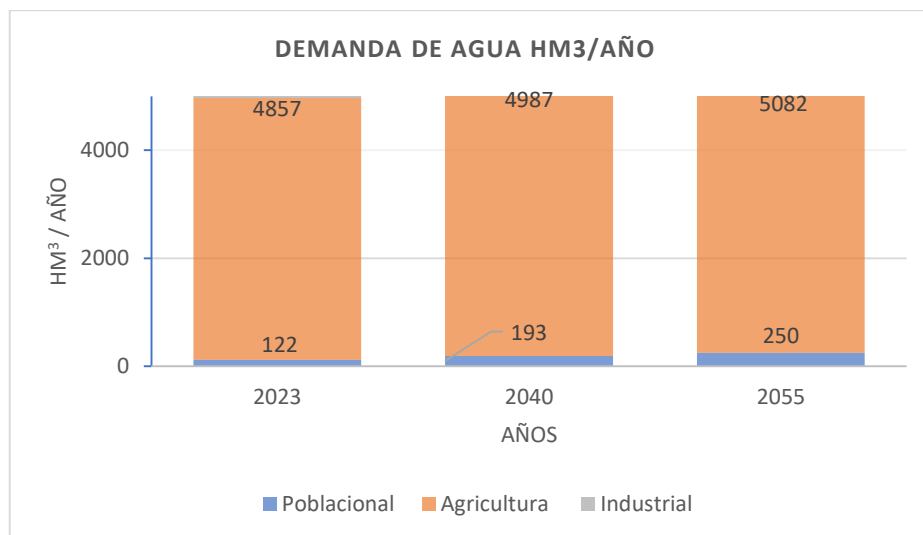
La demanda actual es de 5011 Hm³ de los cuales el 2% corresponde al consumo poblacional, el 1% al consumo industrial y el 97% al consumo agrícola, siendo el consumo más significativo.



Demanda de agua proyectada (hm³) – 2023-2040 – 2055



Demanda de agua proyectada por sector (hm³) – 2023 -2055



Para el análisis de la demanda hídrica en el territorio de la provincia se realiza una desagregación por cuencas. Algunas de estas cuencas presentan una oferta muy elevada como así también su capacidad de regulación mediante embalses. En algunas otras la oferta es muy baja y no cuentan con grandes estructuras de regulación.

Para analizar las demandas de la cuenca del Río Negro se dividió esta cuenca en aguas arriba y aguas abajo de la confluencia de sus tributarios más importantes, analizando por separado los consumos en el Río Limay, los consumos en el Río Neuquén y los consumos aguas abajo de la confluencia de estos. Del río Neuquén se alimenta el canal principal de riego del sistema del Alto Valle del río Negro (con su toma en el dique Ballester), también el sistema público de Campo Grande se abastece del río Neuquén. En la cuenca del Limay, los consumos más relevantes se deben al uso poblacional en la ciudad de Bariloche y alrededores. También existe un área incipiente de riego de 1.052 has, denominada Terrazas bajas del Limay – Las Perlas.



Aguas abajo de la confluencia del Neuquén y el Limay, se tomaron tres sectores, Alto Valle (Valle Azul), Valle Medio (Choele Choele, Margen Norte, Canal Ing. Suarez) y Valle Inferior (Gral Conesa, Colonia Frías e IDEVI).

En la cuenca del río Colorado se tomaron dos secciones divididas por el embalse y presa Casa de Piedra que oficia como única obra de regulación de la cuenca, una, aguas arriba del dique Casa de Piedra (sector no regulado del río, con principal consumo en Catriel) y otra, aguas abajo de Casa de Piedra (sector regulado, consumos en el valle de Río Colorado y Santa Nicolasa).

En la cuenca del río Chubut se toman los consumos agrícolas en Río Chico y UAP para riego en cercanías de El Maitén.

Por último, en la Región Sur se consideró la demanda poblacional que toma de los manantiales de la meseta de Somuncurá y la agrícola del arroyo Valcheta.

Las demandas hídricas determinadas para cada uno de los sistemas se presentan a continuación:

CUENCA	Demanda bruta 2022			
	Poblacional	Agrícola	Industrial	TOTAL
	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)
Río Neuquén	36	1.527	6,7	1569
Río Negro	46	2.882	22,2	2950
Río Colorado	6	389	0,0	395
Limay	22		3,4	26
Azul	4	23	0,1	27
Chubut	0	15	0,0	15
Región Sur (*)	4	22	0,0	26
Subterránea	5		0,0	5
Totales	122	4857	32	5011

Región Sur (*): Corresponde al agua superficial de los arroyos.



Tabla 2-4: Demanda Hídrica Proyectada por cuencas

CUENCA	Demanda bruta 2040				Demanda bruta 2055			
	Poblacional	Agrícola	Industrial	TOTAL	Poblacional	Agrícola	Industrial	TOTAL
	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)
Río Neuquén	51	1.565	7,4	1624	63,3	1.605	7,6	1676
Río Negro	72	2.960	23,8	3056	93,7	3.009	23,9	3127
Río Colorado	10	400	0,2	411	13,9	405	0,3	419
Limay	40		4,1	44	51,6		4,3	56
Azul	9	23	0,2	33	14,6	24	0,3	38
Chubut	0	3	0,0	3	0,2	3	0,0	3
Región Sur	5	23	0,2	28	5,4	24	0,2	30
Subterránea	5		0,0	5	6,5		0,0	6
Totales	193	4.974	36,0	5203	249	5069	36,6	5355

Para realizar un análisis en profundidad del cambio en las tendencias de consumos en el tiempo, en cada región, así como también una mejor gestión del recurso hídrico, es recomendable incrementar la medición de los consumos de agua en todos los sectores de demanda hídrica de la provincia.

La disminución proyectada en la disponibilidad de agua y el aumento proyectado en la demanda agrícola podrían, en algunas cuencas, obligar al sector agrícola a modificar sus prácticas actuales si se pretende mantener o aumentar la superficie cultivada.

2.4 SECCIÓN 5: BALANCES PROSPECTIVOS

En el presente informe se realiza un análisis de balance prospectivo con los valores actuales y proyectados de oferta y demanda de la cuenca del río Neuquén, del río Negro y del río Colorado, determinadas en las secciones anteriores. Estos balances buscan evaluar la relación entre el agua disponible para cada cuenca y las demandas hídricas para los distintos usos (poblacional, agrícola, ganadero, industrial y ambiental) en el marco de un análisis de escenarios tendenciales como ya se ha explicado precedentemente.



Balance Prospectivo del río Neuquén (hm³/año)

			2000/2020	2040	2055
1	Agua Disponible en El Chañar	hm3/año	6816	5800	5282
2	Oferta total Agua Disponible	hm3/año	6816	5800	5282
3	Demandas Alto Valle + poblacional + ind.	hm3/año	1569	1626	1680
4	Demandas Neuquén (Chañar-confluencia)	hm3/año	51	53	55
5	Demanda Total (3+4)	hm3/año	1620	1679	1735
6	Balance prospectivo (2-5)	hm3/año	5196	4122	3548

Balance Prospectivo del río Negro (hm³/año)

			2000/2020	2040	2055
1	Agua Disponible en Allen	hm3/año	22370	19037	17337
2	Aporte retornos drenajes AVRN	hm3/año	595	595	595
3	Oferta total Agua Disponible (1+2)	hm3/año	22965	19632	17932
4	Demandas Valle Azul + poblacional + ind.	hm3/año	232	251	263
5	Demandas Valle Medio + pobl. + industrial	hm3/año	1236	1275	1311
6	Demandas Valle Inferior + pobl. + ind.	hm3/año	1471	1517	1542
7	Caudal ecológico en Primera Angostura	(250 m3/s)	7884	7884	7884
8	Volumen para demanda Bs As	(50 m3/s)	1577	1577	1577
9	Demanda Total (4+5+6+7+8)	hm3/año	12400	12504	12577
10	Balance prospectivo (3-9)	hm3/año	10565	7128	5355

Balance Prospectivo del río Colorado (hm³/año)

			2000/2020	2040	2055
1	Agua Disponible en el río Colorado (2+3)	hm3/año	3556	3178	2728
2	Consumos aguas arriba	hm3/año	281	292	298
3	Agua Disponible en Casa de Piedra	hm3/año	3275	2885	2430
4	Demanda Sta Nicolasa	hm3/año	67	68	69



			2000/2020	2040	2055
5	Demanda Río Colorado + poblacional	hm ³ /año	197	205	209
6	Demanda provincia Buenos Aires	hm ³ /año	1511	1511	1511
7	Pérdidas infiltración y evaporación cauce	8%	284	254	218
8	Caudal mínimo al mar	(15 m ³ /s)	473	473	473
9	Demanda Total (4+5+6+7+8)	hm³/año	2533	2511	2480
10	Balance prospectivo (3-9)	hm³/año	742	374	-50



Sección 2

a) Disponibilidad de Agua Superficial

1. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL O ASD DESDE UN EMBALSE REGULADOR.....	25
2. ANÁLISIS DEL AGUA DISPONIBLE SUPERFICIAL DEL RIO COLORADO.....	26
2.1 ESTIMACIÓN DEL AGUA DISPONIBLE EN LAS TOMAS SUPERIORES	26
2.2 ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DESDE EL EMBALSE CASA DE PIEDRA.....	28
3. ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUAS RIO NEGRO	33
3.1 DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. RIO NEUQUÉN.....	33
3.2 DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. RIO LIMAY.	38
3.3 DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. RIO NEGRO.	42



1. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL O ASD DESDE UN EMBALSE REGULADOR.

Se define al agua superficial disponible (ASD) como el valor medio de la cantidad de agua que es factible de utilizar desde un determinado embalse o reservorio, medido en unidades de volumen (hm³) durante un determinado periodo. El valor de ASD se obtiene restando, al volumen que ingresa al embalse, las pérdidas que se producen en el mismo. Este volumen de pérdida es la suma de la evaporación, infiltración u otras salidas no controladas o no reguladas del embalse.

$$ADS = \sum_{t=1}^n (V_{\text{ingreso}} - V_{\text{pérdidas}}) \text{ Ec.1}$$

Siendo:

ADS=Agua Superficial Disponible en el periodo de tiempo estudiado

V_{ingreso} =Volumen de agua que ingresa al embalse

$V_{\text{pérdidas}}$ =Volumen de agua de salidas no reguladas o pérdidas del sistema

El periodo durante el cual se estiman los volúmenes puede ser horario, diario, mensual, anual o más extensos de ser necesario. Este periodo está relacionado con la disponibilidad y calidad de los datos que se posea, ya sea para caracterizar situaciones pasadas como proyecciones a futuro.

Para un reservorio determinado, el cambio en el volumen de agua almacenado durante un periodo definido de tiempo se define como:

$$\Delta V = \sum_{t=1}^n (V_{\text{ingreso}} - V_{\text{salida}}) \text{ Ec.2}$$

Siendo:

V_{ingreso} =Volumen de agua que ingresa al embalse

V_{salida} =Volumen de agua que egresa del embalse

Los volúmenes de salida contemplan las erogaciones del embalse y las pérdidas de este.

$$V_{\text{salida}} = (V_{\text{erogado}} + V_{\text{pérdidas}}) \text{ Ec.3}$$

V_{erogado} =Volumen de agua que se liberó y contabilizó

$V_{\text{pérdidas}}$ =Volumen de agua que sale del sistema de manera no regulada (evaporación, filtraciones, etc)

Combinando las ecuaciones 2 y 3 se obtiene lo siguiente:



$$\Delta V = \sum_{t=1}^n (V_{\text{ingreso}} - (V_{\text{erogado}} + V_{\text{perdidas}}))$$
$$\Delta V + \sum_{t=1}^n V_{\text{erogado}} = \sum_{t=1}^n (V_{\text{ingreso}} - V_{\text{perdidas}}) \quad \text{Ec.4}$$

Volviendo a la ecuación 1, y reemplazando con la ecuación 4, se obtiene lo siguiente:

$$\text{ADS} = \sum_{t=1}^n (V_{\text{ingreso}} - V_{\text{perdidas}}) = \Delta V + \sum_{t=1}^n V_{\text{erogado}}$$
$$\text{ADS} = \Delta V + \sum_{t=1}^n V_{\text{erogado}} \quad \text{Ec.5}$$

Mediante la aplicación de la ecuación 5 el Agua Superficial Disponible, ADS, puede expresarse en función de parámetros operacionales medibles. El cambio de volumen de agua es calculado mediante el cambio de nivel de agua en el embalse y la curva cota – volumen; y las erogaciones de agua del embalse, son expresadas en hm^3 por año.

2. ANÁLISIS DEL AGUA DISPONIBLE SUPERFICIAL DEL RIO COLORADO

Este río nace en la confluencia de los ríos Grande y Barrancas, ambos de origen nival, y atraviesa diversas ecorregiones, desde la Estepa Arbustiva Patagónica hasta las Estepas Altoandinas, presentando una amplia variabilidad en términos de clima, suelos y biodiversidad.

Para evaluar adecuadamente la disponibilidad hídrica superficial del río Colorado, es necesario dividir su análisis en dos tramos distintos. El primer tramo abarca desde su nacimiento en la confluencia de los ríos Grande y Barrancas hasta la presa de embalse Casa de Piedra. En esta sección no regulada, el caudal del río está influenciado principalmente por las precipitaciones niveas y el deshielo de las áreas montañosas que forman su cuenca. En el segundo tramo, que se extiende desde el embalse Casa de Piedra hacia aguas abajo, la disponibilidad hídrica se calcula en función de las erogaciones controladas del embalse.

2.1 ESTIMACIÓN DEL AGUA DISPONIBLE EN LAS TOMAS SUPERIORES

La gestión del agua en el río Colorado se realiza de manera diferenciada según la ubicación de las tomas en relación con el embalse Casa de Piedra. Las tomas aguas arriba del embalse Casa de Piedra, donde los derrames no se encuentran regulados, si bien las dotaciones a abastecer se consideran independientes del año hidrológico y la escasez no impacta en los volúmenes de las dotaciones de riego, en los últimos años ha sido necesario la realización de obras para asegurar el ingreso de agua a las tomas o derivaciones.



A continuación, se analizan los volúmenes derivados y los escurrimientos para la temporada 2022/23, también se analizan las pérdidas en el tramo y consumos para condiciones climáticas medias.

Tabla 2.1: Volúmenes derivados aguas arriba de Casa de Piedra. Río Colorado. Temporada 2022/23.

Mes	Buta Ranquil		Condiciones climáticas medias			Entrante a Casa de Piedra	
	Caudal [m3/seg]	Derrame Hm3	Pérdidas en el tramo		Consumo	Caudal [m3/s]	Derrame Hm3
			Coefficiente de perdidas	Perdidas [m3/s]	Caudal [m3/s]		
julio	43.7	117.0	0.90	4.4	1.4	37.9	101.6
agosto	45.7	122.3	0.90	4.6	4.0	37.1	99.4
septiembre	58.2	150.9	0.90	5.8	6.0	46.4	120.3
octubre	105.8	283.5	0.90	10.6	8.0	87.3	233.7
noviembre	190.9	494.7	0.92	15.3	12.0	163.6	424.0
diciembre	113.9	305.2	0.85	17.1	18.0	78.8	211.2
enero	66.8	178.8	0.85	10.0	18.0	38.8	103.8
febrero	49.5	119.7	0.90	4.9	16.0	28.5	69.0
marzo	42.9	114.9	0.90	4.3	12.0	26.6	71.3
abril	38.8	100.5	0.92	3.1	9.0	26.7	69.1
mayo	42.4	113.6	0.98	0.8	1.4	40.2	107.6
junio	126.6	328.2	0.98	2.5	1.4	122.7	318.0
Derrame anual en hm3		2 429	Clasificación del año		Extra Seco		1929

Se presentan los valores de caudales en m³/s y derrames mensuales en hm³ para la estación Buta Ranquil, luego mediante la aplicación de un coeficiente que representa la proporción del caudal que efectivamente ingresa en Casa de Piedra, tras sufrir pérdidas por evaporación e infiltración. En la siguiente columna, se presentan los valores de caudal de consumo en las tomas superiores y, por último, los valores que ingresan en Casa de Piedra. Las demandas de Neuquén, La Pampa y Río Negro se estiman en 281 hm³, siendo 145 hm³ correspondientes a las demandas de la provincia de Río Negro. Estos consumos son valores netos, es decir volúmenes captados del río para uso agrícola menos los retornos por drenaje, que vuelven al río para volver a ser utilizados aguas abajo.

Para la campaña de riego 2022 a 2023, con datos brindados por el COIRCO se estimaron los siguientes valores: las pérdidas por evaporación e infiltración fueron de 219 hm³/año. Los consumos totales promediaron los 282 hm³/año. La diferencia entre el derrame anual en Buta Ranquil y el derrame anual entrante en casa de piedra fue de 500 hm³/año.

Debido a la configuración de la gestión, la disponibilidad del recurso está determinada por las demandas actuales de estas zonas de riego y la capacidad de las tomas de ser dotadas.

En cambio, la disponibilidad desde el embalse Casa de Piedra se encuentra directamente afectada por el año hidrológico y la gestión del embalse. La misma se presenta a continuación.



2.2 ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DESDE EL EMBALSE CASA DE PIEDRA

Mediante los datos provistos por el DPA y rellenados con datos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, se procede a efectuar el cálculo de la Disponibilidad de Agua Superficial.

Se define el año hidrológico como aquel que comienza el 1 de julio y termina el 30 de junio del año siguiente. Esto se debe a la necesidad de caracterizar cada ciclo de precipitación nival y fusión de la misma. Si bien el régimen del río presenta un marcado comportamiento termo nival, que, con la adopción de año hidrológico descripto, se logra caracterizar de manera adecuada, el mismo también posee características pluvionivales, presentando en los meses de invierno un leve aumento de los caudales, característica propia del régimen hidrológico de los ríos del sur.

Tabla 2.2: Cálculo del agua superficial disponible aguas abajo de Casa de Piedra. Río Colorado. Valores en hm³ por año.

Año Hidrológico	Buta Ranquil	Erogado Casa de Piedra	Volumen en el embalse al inicio	Cambio de Volumen	Agua Superficial Disponible.
1995	5149	4501	2686	-358	4143
1996	5149	4212	2321	-5	4208
1997	2290	2376	2316	-495	1880
1998	6049	4598	1884	976	5573
1999	2207	2752	2719	-1119	1633
2000	3656	2796	1672	330	3126
2001	5833	5148	1976	187	5335
2002	6029	5319	2102	518	5837
2003	7266	6794	2654	-415	6379
2004	4173	3454	2233	5	3458
2005	3520	3083	2245	-303	2779
2006	7845	5963	2081	1102	7065
2007	6947	6188	3000	-90	6097
2008	3652	3620	2913	-868	2752
2009	4707	3277	2260	333	3610
2010	4897	3280	2438	279	3560
2011	2737	2870	2716	-1027	1843
2012	2881	2289	1690	-338	1951
2013	2669	2294	1492	-170	2124
2014	2392	1876	1247	-26	1850
2015	2656	1707	1214	254	1961
2016	3538	1968	1443	472	2440
2017	2762	2051	1965	-170	1882
2018	2647	2134	1722	-336	1798

Año Hidrológico	Buta Ranquil	Erogado Casa de Piedra	Volumen en el embalse al inicio	Cambio de Volumen	Agua Superficial Disponible.
2019	2768	1944	1429	19	1963
2020	1720	1635	1448	-663	973
2021	2835	1711	750	356	2067
2022	1976	1452	1142	-88	1364

Agua Superficial Disponible. Rio Colorado en Casa de Piedra

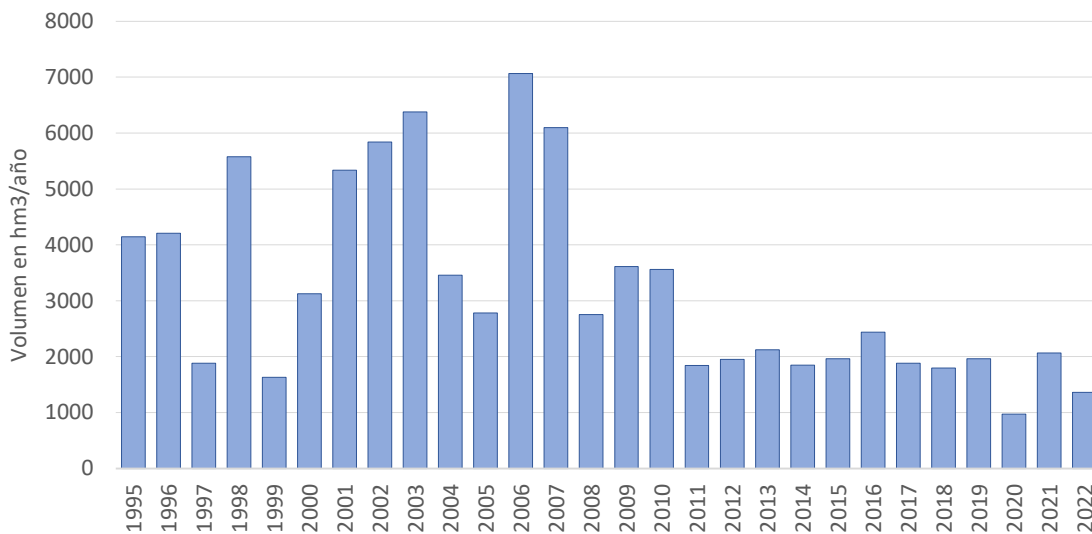


Figura N°1: Agua superficial disponible en Casa de Piedra.

El embalse Casa de Piedra tiene una capacidad máxima de almacenamiento de aproximadamente 3.555 hm³ y un volumen mínimo extraordinario, estimado entre 805 hm³ y 505 hm³, basado en su cota mínima extraordinaria.

En el gráfico N°1 se presentan los valores de Agua Superficial Disponible (ASD) para cada temporada de riego. Se observa una diferencia notable entre los periodos 1995-2010 y 2011-2022, lo que requiere un análisis diferenciado para cada uno.

Hasta el año 2010, la gran variabilidad en los derrames del río, alternando entre años abundantes y años pobres, permitió una regulación interanual significativa. En los años de abundancia, la gestión del embalse permitió la acumulación de aproximadamente el 11% del volumen disponible, con valores que oscilaron entre el 18% y 16% en los años 1998 y 2006 respectivamente, y entre el 4% y 9% en los años de menor acumulación, como 2001 y 2002. Estos valores están condicionados por la capacidad del embalse, siempre que no se exceda dicha capacidad o se presente una serie de años continuos de abundancia.

Durante el citado periodo, de 1995 a 2010, la acumulación de agua en el embalse fue positiva en 76 hm³, lo que representa un 2% de la disponibilidad media. Sin embargo, si se considera que la gestión permitió recuperar los 358 hm³ consumidos en el año 1995, el valor asciende a 434 hm³, representando un 13% de la disponibilidad media

Volumen almacenado en Casa de Piedra al inicio de la campaña de riego.

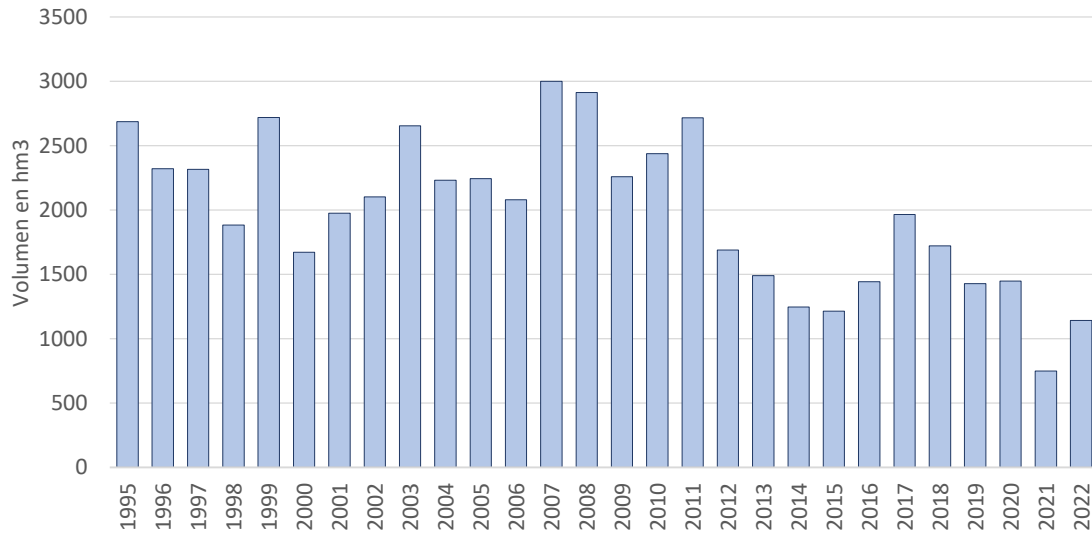


Figura N°2: Volumen almacenado en Casa de Piedra.

Variación acumulada en el almacenamiento del embalse

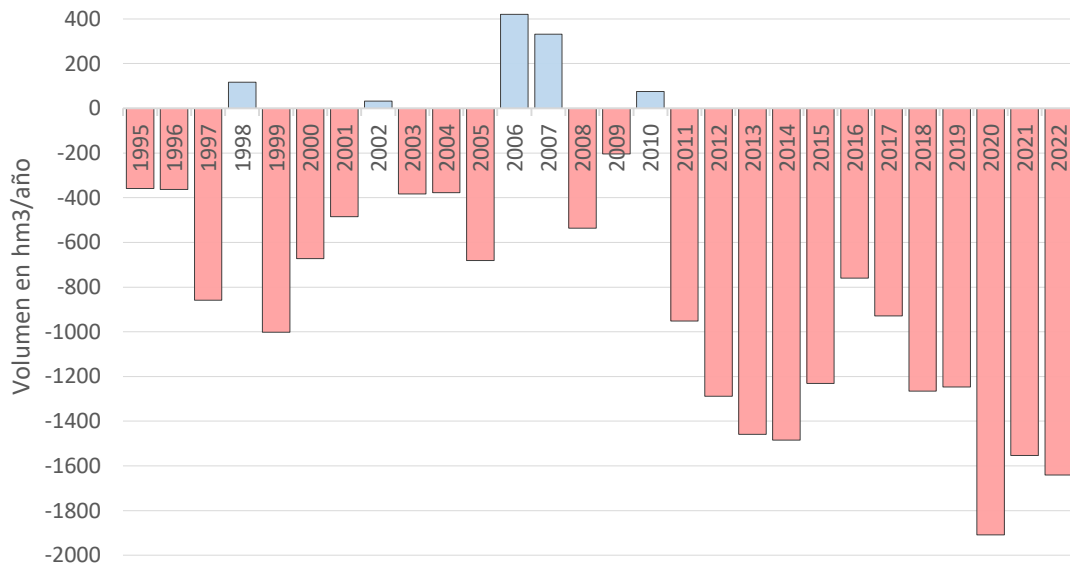


Figura N°3: Variación en el almacenamiento. Embalse Casa de Piedra.

El año 2011 se destacó como el tercer peor en términos de derrames desde 1995, con los años 1997 y 1999 siendo comparables. La diferencia radicó en que el derrame en 1996 fue ligeramente superior al valor medio, y 1998 fue un año abundante. En 1997, el volumen consumido del embalse representó el 26% de la ASD, mientras que en 1999 ascendió al 69%. La situación de 2011 fue similar, ya que, al



no poder cubrir las demandas con los derrames del río, se utilizó el volumen almacenado, representando un 56% de la disponibilidad hídrica de ese año. A partir de 2011, los derrames del río disminuyeron de manera continuada, impidiendo la acumulación de agua en el embalse.

El año 2012 presentó derrames casi iguales a 2011, resultando en fuertes disminuciones en el almacenamiento. Esta tendencia continuó hasta 2015, registrándose el menor volumen al inicio de la temporada desde 1995.

En 2015 y 2016 se logró acumular un total de 726 hm³ entre ambos años, alcanzando 1.965 hm³ al inicio de 2017 (el volumen medio de almacenamiento entre 1995 y 2010 fue de 2.337 hm³). Sin embargo, esta leve recuperación fue transitoria y empeoró a partir de 2017. En 2020, el volumen de derrames marcó el mínimo absoluto desde 1995, con el volumen consumido del embalse representando el 68% de la disponibilidad hídrica de ese año. Esto llevó a que, a inicios de 2021, el volumen almacenado fuera el mínimo de toda la serie, unos 750 hm³.

Aunque los derrames de 2021 fueron levemente superiores a la media de 2011-2022, permitiendo una ligera acumulación de agua, la situación se revirtió nuevamente en 2022 con bajos derrames y consumo del volumen del embalse.

Las tendencias en los dos periodos estudiados son claras. Entre 1995 y 2010, tanto los valores de ASD como el volumen almacenado al inicio de la campaña de riego mostraron valores medios que oscilaron entre 4.644 hm³ y 4.021 hm³ al año. A partir de 2011, la abrupta disminución en los derrames del río provocó una caída sostenida de estos valores medios hasta 2022, acompañada por una fuerte disminución en los volúmenes embalsados.

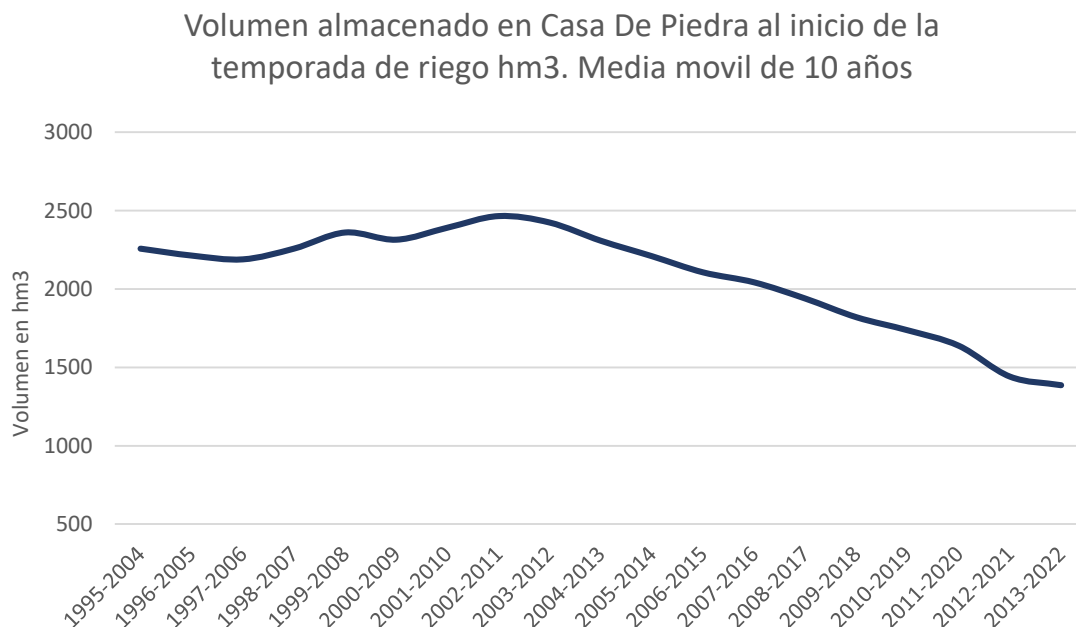


Figura N°4: Tendencias en el volumen almacenado al inicio de la temporada. Embalse Casa de Piedra. Expresadas como media móvil de 10 años.

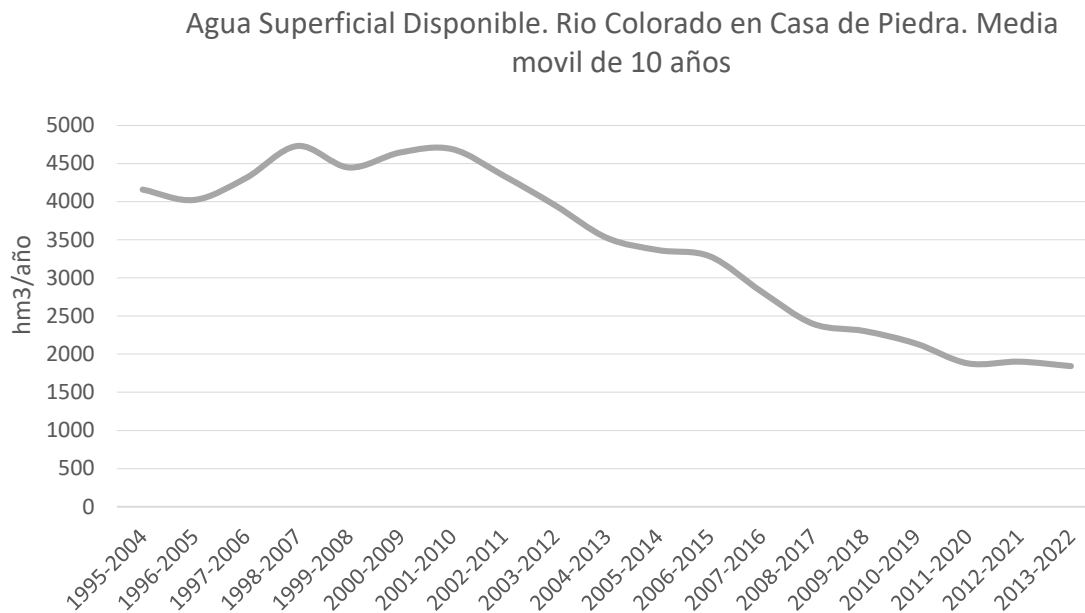


Figura N°5: Tendencias en el ASD del Rio Colorado expresadas como media móvil de 10 años

Tabla 2.3: Valores característicos del Agua Superficial Disponible en el río Colorado a la salida de Casa de Piedra.

Periodo de análisis	Buta Ranquil (hm ³ /año)	Erogado Casa de Piedra (hm ³ /año)	Volumen en el embalse al inicio (hm ³)	ASD (hm ³ /Año)
1995 a 2010	4961	4210	2344	4215
2011 a 2022	2632	1994	1521	1851

La elevada capacidad de almacenamiento del embalse Casa de Piedra, en relación a los derrames del río, aproximadamente 3.500 hm³, junto con un modelo de gestión que utiliza el volumen almacenado en años de bajos derrames y aumentaba el almacenamiento en años de abundantes caudales, permitió satisfacer las demandas de erogación de manera relativamente uniforme. Este enfoque permitió concluir el periodo de análisis con un almacenamiento superior al inicial para el periodo 1995 a 2010. Desde un punto de vista climático, el periodo siguiente 2011-2022 fue significativamente diferente al anterior. Aunque la variabilidad interanual fue menor, este periodo se caracterizó por una persistente disminución de los derrames del río. Este contexto, sumado a un modelo de gestión que priorizaba la satisfacción de las erogaciones sobre el almacenamiento del embalse (modelo que tuvo un buen desempeño para el periodo 1995 a 2010, en términos de almacenamiento), generó inicialmente una



abrupta caída en los volúmenes almacenados, volúmenes que luego fueron imposibles de recuperar. La situación se agravó, llegando a valores de almacenamiento mínimos operativos.

Luego del período analizado, en el invierno 2023, volvió a nevar en cantidades similares a los valores de 1995 a 2010, incluso superando la media histórica para el río Colorado. Esto permitió una recuperación del agua disponible para dicho ciclo hidrológico y los niveles del embalse, llegando a igualar los valores máximos de la serie. El análisis se realiza sin tomar en cuenta este ciclo ya que no entra en el período de análisis previsto en el contrato y no afecta sustancialmente los valores medios obtenidos. Estas situaciones en un marco de tendencia a la disminución de los volúmenes de Agua Disponible se darán aleatoriamente.

Es fundamental migrar hacia un modelo de gestión que, manteniendo niveles de erogaciones aceptables, priorice la recuperación de los volúmenes almacenados en el sistema para poder afrontar situaciones futuras de bajos derrames.

3. ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUAS RIO NEGRO

El río Negro se encuentra en la región patagónica de Argentina. Dentro de los ríos que nacen y mueren en el país, es el más caudaloso y se origina en la confluencia. El río Neuquén y el río Limay tienen características hidrológicas diferentes. El río Negro drena un área total de aproximadamente 125.500 km² antes de desembocar en el océano Atlántico.

El río Neuquén, con su caudal irregular influenciado por las precipitaciones otoñales y el deshielo primaveral, contribuye con derrames que presentan una gran variación a lo largo del año. En contraste, el río Limay se caracteriza por su regularidad debido a su origen en lagos glaciares.

En este apartado, se analizará la disponibilidad hídrica del río Negro mediante el estudio de los derrames de sus dos afluentes principales. Luego se integran ambos análisis para ofrecer una visión completa del río Negro en la estación de aforo Allen.

En base a la información hidrológica suministrada de los volúmenes erogados de los embalses compensadores Arroyito sobre el Río Limay y El Chañar sobre el Río Neuquén se procede a analizar el valor de las mismas y las tendencias observadas.

Se puede apreciar que para los dos sistemas (Limay y Neuquén) se ha producido un descenso de los volúmenes disponibles de agua superficial en los compensadores durante la última década, si bien es más notorio para el Río Neuquén donde la reducción es del orden del 53%, para el río Limay el número es del 36%, generando que, en el Río Negro en Allen, la disminución es del orden del 42%.

3.1 DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. RIO NEUQUÉN.

La cuenca, localizada en el sector norte de la provincia de Neuquén y una porción en el noroeste de Río Negro, drena una superficie aproximada de 49,958 km². El río Neuquén, uno de los principales afluentes del río Negro, se origina en el Cajón de los Chenques y recibe importantes afluentes como el río Varvarco, el río Trocomán y el caudaloso Agrío.

En su régimen natural presenta sus crecidas en los meses de primavera e invierno. El pico de los meses de invierno responde a las elevadas precipitaciones de los meses de mayo a julio y en primavera, responde al deshielo ocurrido en la cordillera.

El régimen del río es torrencial con crecidas elevadas, que actualmente son reguladas por el complejo Cerros Colorados, que está compuesto por diversas obras de infraestructura, aunque no son suficientes como se observó en varias crecidas en los últimos años, estando previstas otras obras de atenuación de crecidas y regulación de la cuenca, como Chihuidos I y II. En cabecera del sistema, el Dique Portezuelo Grande y su canal derivador, conducen casi la mayor parte de los derrames del río hacia el embalse Los Barreales. Una parte de los mismos, continúan por el cauce natural del río abasteciendo zonas de riego de la provincia de Neuquén y cumpliendo funciones de caudales mínimos en el tramo del río, entre Portezuela Grande y El Chañar.

El sistema de embalses se compone del, ya mencionado, embalse Los Barreales y Mari Menuco. Entre ambos existe el dique Loma de la Lata, controlando el flujo entre ambos.

La salida del embalse Mari Menuco se produce por el dique y central Planicie Banderita. Aguas abajo del mismo se encuentra el dique El Chañar que actúa de embalse compensador a las erogaciones. Siguiendo aguas abajo, se encuentra el dique Ballester, siendo este regulador y la cabecera del sistema de riego del Alto Valle de Río Negro.

Si bien la disponibilidad de agua superficial del río Neuquén se evalúa a la salida de la presa El Chañar, existen captaciones y usos de agua, aguas arriba del mismo que abastecen usos en la provincia de Neuquén.



Figura N°6: Río Neuquén. Tramo desde Paso de los Indios a la ciudad de Neuquén.



Tabla 3.1 Calculo del Agua Superficial Disponible en el río Neuquén a la salida de El Chañar.

Año Hidrológico	Barreales		Mari Menuco		Entrante Mari Menuco (hm ³)	Erogado Banderitas (hm ³)	Erogado Chañar (hm ³)	Agua Superficial Disponible El Chañar (hm ³)
	Volumen al inicio (hm ³)	ΔV (hm ³)	Volumen al inicio (hm ³)	ΔV (hm ³)				
2000	24528	973	13716	0	5853	4716	5296	*6269
2001	24934	406	13798	82	6317	9551	9800	10289
2002	25040	106	13805	7	13410	11867	12031	12144
2003	24942	-98	13795	-10	13916	12033	12289	12180
2004	24493	-449	13701	-94	4916	6873	7176	6633
2005	24758	265	13797	96	7021	5610	5933	6294
2006	25016	259	13812	16	7260	12415	12666	12941
2007	24961	-55	13812	0	4413	12585	12878	12823
2008	23954	-1007	13465	-348	5213	4553	4881	3526
2009	24578	624	13734	269	4433	6790	7044	7937
2010	24934	356	13805	72	4232	7323	7643	8070
2011	24442	-492	13678	-127	5589	4036	4362	3743
2012	24922	480	13802	124	6011	4567	4868	5472
2013	24024	-898	13494	-308	3419	4609	4969	3762
2014	24699	675	13797	303	3317	3621	3881	4860
2015	25146	447	13798	2	4811	5037	5322	5770
2016	24895	-251	13798	0	3108	5495	5645	5394
2017	23793	-1102	13390	-409	3974	3405	3742	2231
2018	24645	852	13769	379	3652	3112	3262	4493
2019	24695	51	13791	23	3725	4472	4720	4793
2020	24613	-82	13760	-31		2709	3633	3520
2021	24926	313	13807	47		3371	3618	3978
2022	24430	-496	13673	-134		3144	3320	2690
2023	24754	323	13809	136		3326	3324	3783

* El ASD para el año 2000 se estima sin considerar el cambio de volumen en Mari Menuco ya que no se cuenta con ese dato.

Se observa que el almacenamiento en los embalses Barreales y Mari Menuco ha disminuido sensiblemente; sin embargo, no se aprecia un cambio significativo en el volumen almacenado al inicio de la temporada. Esto se evidencia en el siguiente gráfico, que muestra la media móvil de 10 años de los volúmenes de almacenamiento al comienzo de la temporada.

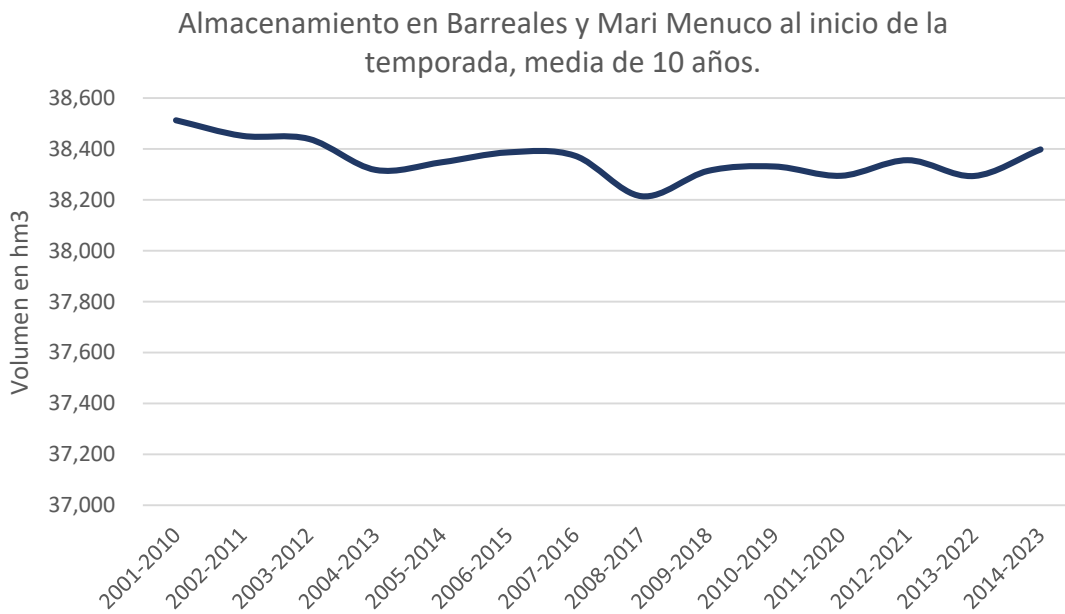


Figura N°7: Tendencias en almacenamiento inicial en Barreales y Mari Menuco expresada como media móvil de 10 años

Al analizar la variación en el agua disponible, se observa una disminución muy acentuada a partir del año 2011, con el inicio del último periodo de sequías. La disminución del volumen de agua superficial disponible en términos medios es de más del 50%.

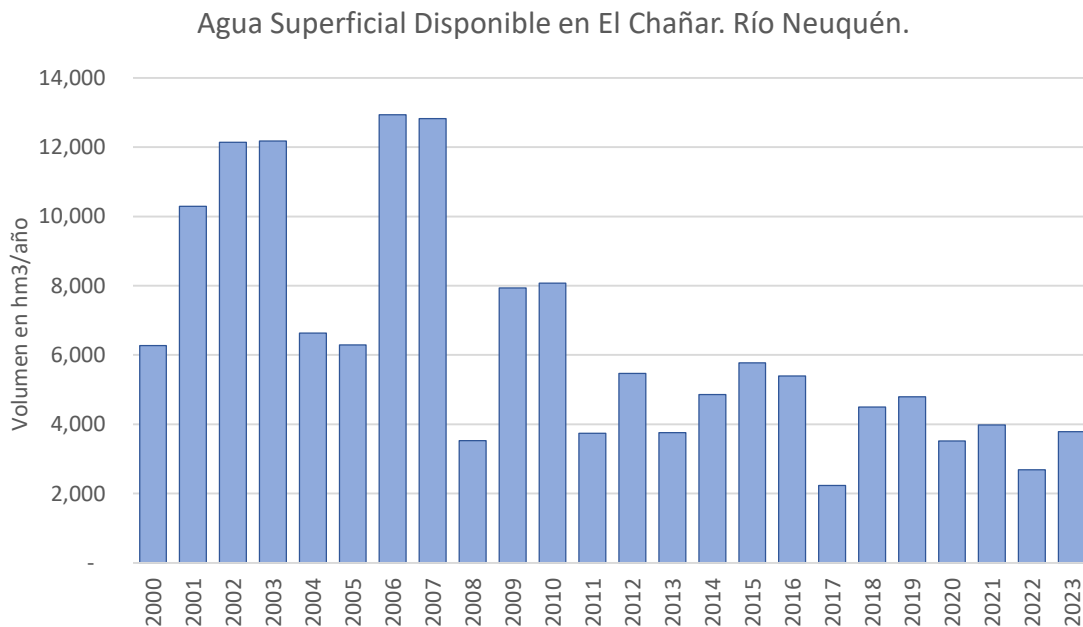


Figura N°9: Variación en el Agua Superficial Disponible en el río Neuquén, a la salida del embalse El Chañar.

Al analizar las tendencias en los valores de agua disponible, se observa una clara disminución en los valores medios a lo largo de los 20 años de análisis. Sin embargo, a partir del año 2013, se alcanza una cierta estabilidad en torno a los 4100 hm³.

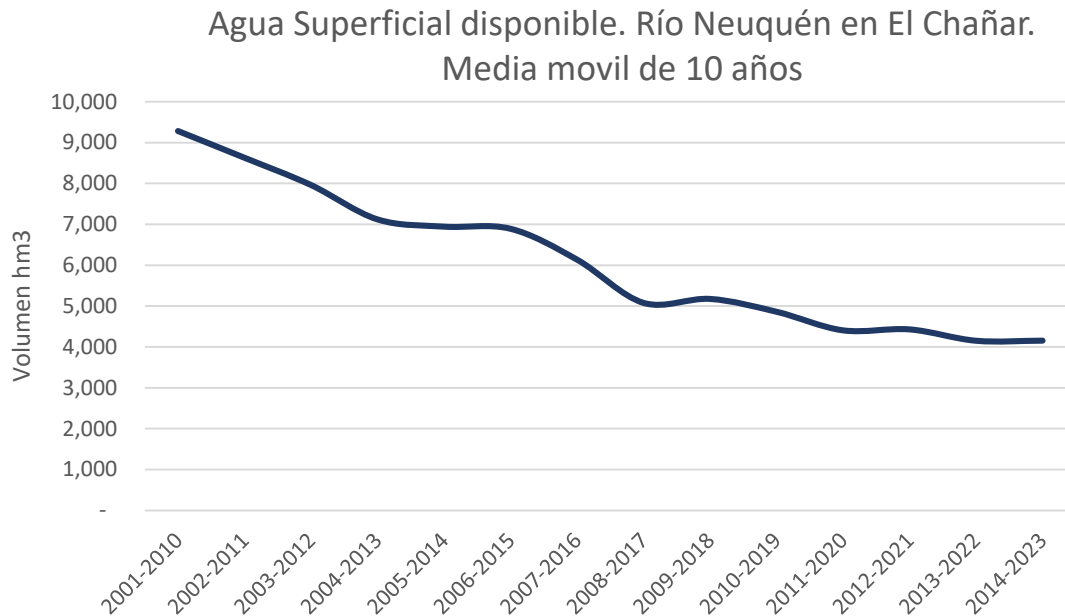


Figura N°8: Variación en el Agua Superficial Disponible en el río Neuquén, a la salida del embalse El Chañar. Expresada como media móvil de los últimos 10 años.

Tabla 3.2: Valores característicos del Agua Superficial Disponible en el río Neuquén a la salida del El Chañar.

Periodo de análisis	Almacenamiento inicial medio Barreales (hm ³)	Almacenamiento inicial medio Mari Menuco (hm ³)	Erogado en El Chañar (hm ³ /año)	Agua disponible El Chañar (hm ³ /año)
2000 a 2010	24740	13749	8876	9010
2011 a 2023	24614	13720	4205	4191

El análisis de los valores característicos durante los periodos de 2000 a 2010 y de 2011 a 2023 revela importantes tendencias en la disponibilidad hídrica. En el primer periodo, el almacenamiento inicial medio en Barreales fue de 24740 hm³ y en Mari Menuco de 13749 hm³. Durante este tiempo, el volumen erogado en El Chañar alcanzó 8876 hm³/año, mientras que el agua disponible en El Chañar fue de 9010 hm³/año.

En el segundo periodo, de 2011 a 2023, se observa una ligera disminución en los almacenamientos iniciales medios, con Barreales registrando 24614 hm³ y Mari Menuco 13720 hm³. Sin embargo, la disminución más significativa se presenta en los volúmenes erogados en El Chañar, que bajaron a 4,205 hm³/año, y en el agua disponible en El Chañar, que se redujo a 4,191 hm³/año.

Estos datos reflejan una tendencia de disminución en la cantidad de agua disponible y erogada en El Chañar a lo largo de los años analizados.

3.2 DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. RIO LIMAY.

La cuenca del río Limay abarca el sector sur de la provincia del Neuquén y el sector norte de la provincia de Río Negro. Este río es el principal aporte de caudales al río Negro y drena una superficie aproximada de 56,000 km². El río Limay se extiende a lo largo de 430 km desde su nacimiento en el lago Nahuel Huapi hasta su confluencia con el río Neuquén.

Los derrames del río Limay están influenciado por los numerosos lagos de origen glaciar que lo alimentan, siendo estos embalses naturales los que generan una disminución de la intensidad de las crecidas y aumentando los caudales en el periodo de estiaje. La construcción de embalses, como los de Alicurá, Piedra del Águila, Pichi Picún Leufú, Chocón y Arroyito tienen un papel crucial en la regulación del caudal del río.

La represa de Arroyito, ubicada en la cuenca baja del río Limay, es un embalse compensador clave a la hora de evaluar la disponibilidad hídrica del río Negro. El análisis de la disponibilidad hídrica de la cuenca se realiza considerando los volúmenes erogados por este embalse.

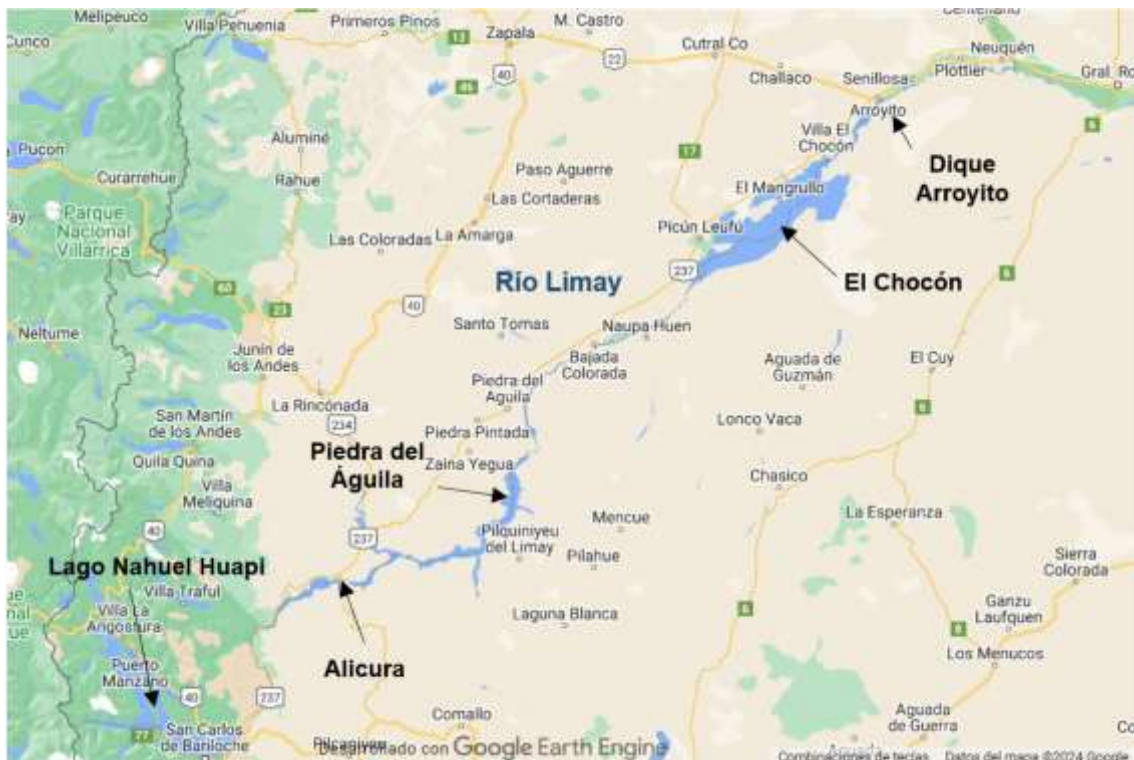


Figura 10: Río Limay. Tramo desde Lago Nahuel Huapi a la ciudad de Neuquén

Tabla 3.3 Calculo del Agua Superficial Disponible en el río Limay a la salida de Arroyito.



Año Hidrológico	Alicura		Piedra del Águila		El Chocón		Erogado Arroyito (hm ³)	Agua Disponible Arroyito (hm ³ /año)
	Volumen al inicio (hm ³)	Cambio de Volumen (hm ³)	Volumen al inicio (hm ³)	Cambio de Volumen (hm ³)	Volumen al inicio (hm ³)	Cambio de Volumen (hm ³)		
2000	2613	-45	7406	2154	12840	2267	8982	13358
2001	2786	173	10163	2758	17544	4704	13970	21605
2002	2885	99	9643	-521	16805	-739	24259	23100
2003	2839	-46	9777	135	17439	633	23664	24386
2004	2601	-238	10143	365	17439	0	17776	17903
2005	2590	-11	9218	-924	17779	341	18811	18216
2006	2938	348	10104	886	17787	8	23787	25029
2007	3120	182	10134	30	17810	23	24865	25099
2008	3126	5	10831	697	10540	-7270	18173	11606
2009	3115	-11	10992	161	17703	7164	10631	17945
2010	3083	-32	11218	227	17281	-422	21551	21324
2011	3097	14	11315	97	17154	-127	13373	13357
2012	3093	-4	11196	-119	17132	-22	13198	13052
2013	3122	30	11459	263	14561	-2570	13470	11193
2014	3040	-82	10519	-940	17734	3172	12262	14412
2015	2925	-115	9734	-785	18464	730	14222	14053
2016	3047	122	10328	594	17296	-1168	16986	16534
2017	3063	16	11151	823	13075	-4221	11965	8583
2018	3068	5	10134	-1017	16835	3760	10623	13371
2019	3065	-3	8944	-1189	16717	-118	15316	14006
2020	2994	-71	9112	167	17281	564	13735	14395
2021	2891	-104	9754	643	13708	-3573	14572	11538
2022	2903	12	7139	-2615	12721	-987	10640	7049
2023	2715	-187	8615	1476	15263	2542	9496	13327

Al analizar la variación en el agua disponible en el río Limay, se observa una clara disminución a partir del año 2011, coincidiendo con el inicio del último periodo de sequías.

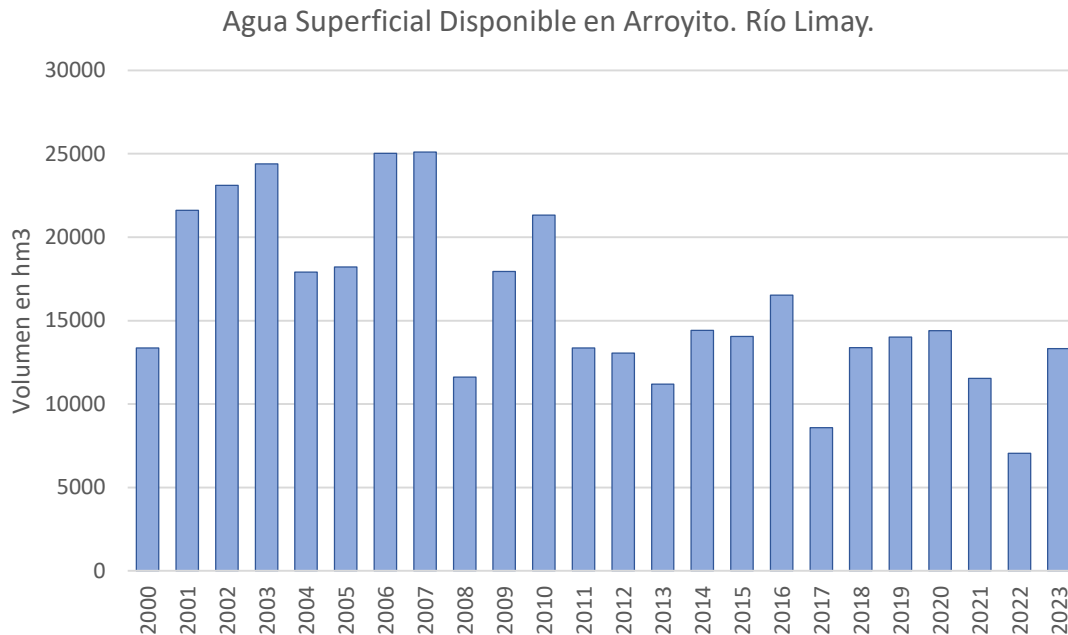


Figura N°11: Variación en el Agua Superficial Disponible en el río Limay, a la salida del embalse Arroyito

En relación a la variación en el almacenamiento inicial. Se observa en los primeros años una tendencia al aumento en el volumen inicial de los embalses, para luego mantenerse y terminar en una clara disminución. Si bien, se observan estas tres tendencias, en términos relativos la variación no es muy marcada, se encuentra en torno al 6%.

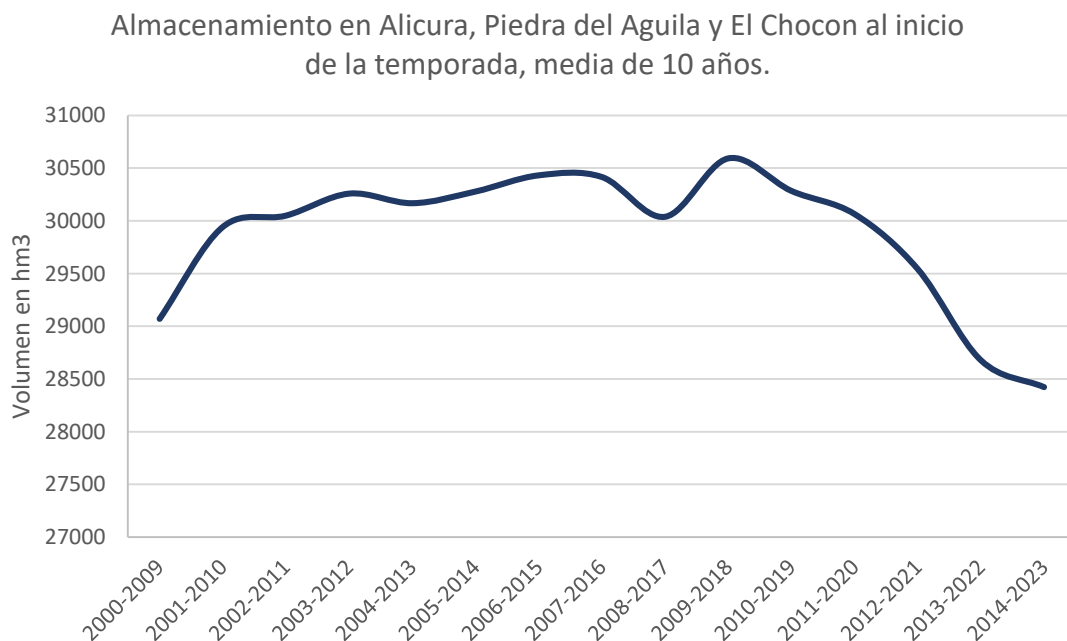


Figura N°12: Tendencias en almacenamiento inicial en Alicurá, Piedra del Águila y El Chocón expresada como media móvil de 10 años

Agua superficial disponible en el Dique Arroyito. Media de 10 años.

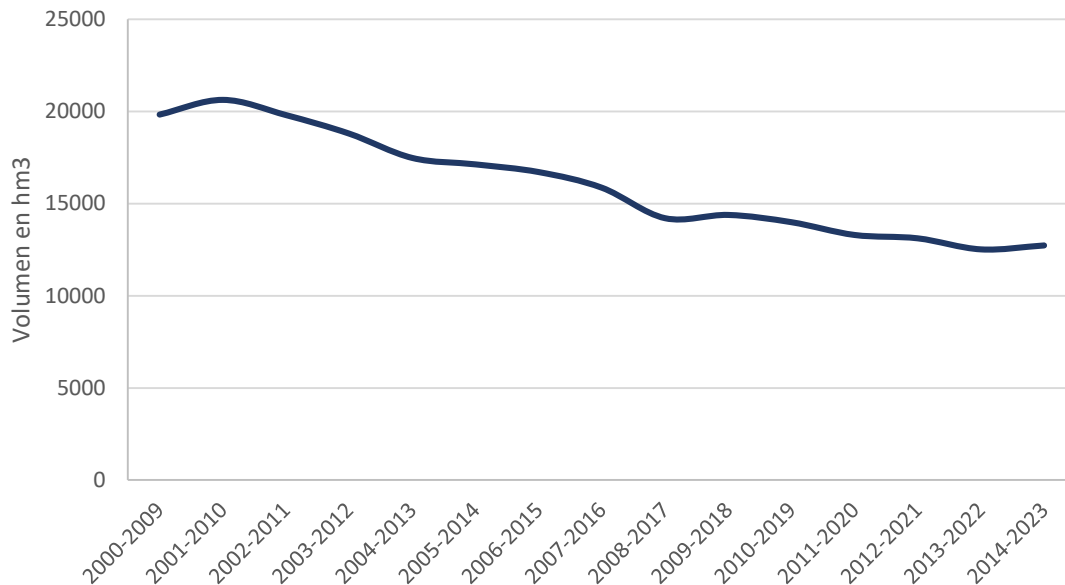


Figura N°13: Variación en el Agua Superficial Disponible en el río Limay, a la salida del embalse Arroyito. Expresada como media móvil de los últimos 10 años.

El gráfico anterior muestra la media móvil de 10 años del volumen de agua superficial disponible en el Dique Arroyito durante el periodo 2000-2023.

A lo largo del tiempo, se observa una tendencia general a la baja en el volumen de agua disponible. Durante los primeros años (2000-2010), el volumen de agua se mantuvo relativamente estable, con un ligero incremento inicial seguido de una disminución gradual. A partir de 2010, se observa una disminución más pronunciada en el volumen de agua disponible, que se estabiliza alrededor de los 12500 hm³ a partir de 2017. En los últimos años, se nota una ligera recuperación, aunque sin volver a los niveles iniciales.

Tabla 3.4: Valores característicos del Agua Superficial Disponible en el río Limay a la salida de Arroyito.

Periodo de análisis	Almacenamiento inicial medio Alicura (hm ³)	Almacenamiento inicial medio Piedra del Águila (hm ³)	Almacenamiento inicial medio El Chocón (hm ³)	Erogado Arroyito (hm ³ /año)	Agua disponible Arroyito (hm ³ /año)
2000 a 2010	2881	9966	16452	18770	19961
2011 a 2023	3002	9954	15995	13066	12682

Al comparar ambos periodos, se observa una estabilidad en los almacenamientos iniciales medios en Alicura y Piedra del Águila, con ligeras variaciones. Esto se debe a las condiciones de manejo para generación de energía y no hidrológicas.

La disminución más notable se presenta en los volúmenes erogados y en la disponibilidad de agua en Arroyito. El volumen erogado en Arroyito pasó de 18770 hm³/año a 13066 hm³/año, y la disponibilidad de agua disminuyó de 19961 hm³/año a 12682 hm³/año.

Estos datos reflejan una reducción significativa en la cantidad de agua disponible en el Dique Arroyito en los últimos años.

3.3 DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. RIO NEGRO.

El cálculo del agua disponible en el río Negro, se basa en la suma de los volúmenes de agua disponible en los ríos Neuquén y Limay, considerando las demandas y retornos a lo largo de su curso hasta la estación de aforo de Allen.

Se determinan los volúmenes de agua disponibles en el río Neuquén en el Dique El Chañar, y en el río Limay, estimados en Arroyito. Estos volúmenes se expresan en hectómetros cúbicos por año (hm³/año). Las derivaciones existentes en ambos ríos se restan para obtener el volumen neto de agua disponible en la confluencia. Además, se calculan los retornos al sistema hasta la estación de aforo Allen, volúmenes que aumentan la oferta hídrica aguas abajo.

La disponibilidad de agua en el río Negro en Allen se presenta de dos maneras: sin considerar los retornos y considerando los retornos. La primera se calcula sumando los volúmenes disponibles en la confluencia y restando los consumos entre la confluencia y Allen. La segunda, además, incluye los retornos al sistema hasta Allen. Para la estimación de los retornos y consumos hasta la estación Allen, se utiliza el modelo WEAP (Water Evaluation And Planning System) D20210107-AIC-Ensamble-req+nqn_h5, con una eficiencia global en el uso agrícola del agua en el Alto Valle del 20.6%.



Figura 14: Río Negro con sus afluentes, el río Neuquén y Limay.



Tabla 3.5: Calculo del agua disponible en el río Negro, valores expresados en hm³ al año

Año	Agua disponible Río Neuquén en El Chañar.	Agua disponible Río Limay. en Arroyito	Consumos Río Neuquén entre El Chañar y la confluencia	Consumos Río Limay entre Arroyito y la confluencia	Consumos Río Negro. Entre la confluencia y Allen.	Retornos al sistema hasta Allen.	Agua disponible Río Negro en Allen. Sin Retornos	Agua disponible Río Negro en Allen. Con Retornos
2001	10289	21605	1191	171	5	269	30527	30796
2002	12144	23100	1461	186	6	310	33591	33901
2003	12180	24386	1302	174	6	287	35085	35372
2004	6633	17903	1532	191	6	320	22807	23126
2005	6294	18216	1350	175	6	289	22980	23269
2006	12941	25029	1492	188	6	316	36284	36599
2007	12823	25099	1531	196	7	328	36188	36517
2008	3526	11606	1617	206	7	341	13301	13642
2009	7937	17945	1567	193	7	326	24115	24441
2010	8070	21324	1452	185	6	315	27750	28066
2011	3743	13357	1541	189	6	320	15364	15684
2012	5472	13052	1208	159	5	271	17152	17423
2013	3762	11193	1392	187	6	318	13370	13688
2014	4860	14412	1265	169	5	289	17832	18121
2015	5770	14053	1354	168	5	288	18296	18584
2016	5394	16534	1362	181	6	302	20379	20681
2017	2231	8583	1530	183	6	315	9095	9410
2018	4493	13371	1202	155	5	265	16502	16767
2019	4793	14006	1362	181	6	302	17250	17551
2020	3520	14395	1530	183	6	315	16196	16511
2021	3978	11538	1028	174	6	258	14308	14567

El análisis muestra la tendencia persistente en la disminución de la disponibilidad de agua en el río Negro en la estación de aforo de Allen desde el periodo 2001-2010 hasta el periodo 2012-2021.

Agua disponible en el río Negro en la estación de aforo de Allen.
Media móvil de 10 años.

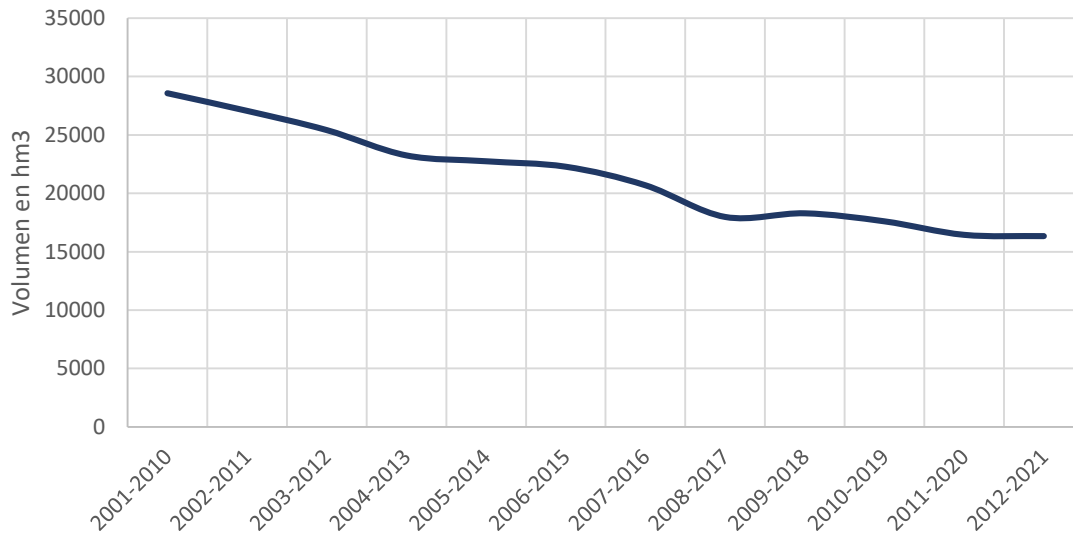


Figura N°15: Variación en el Agua Superficial Disponible en el río Negro, en Allen. Expresada como media móvil de los últimos 10 años.

Tabla 3.6: Valores característicos del Agua Superficial Disponible en el río Negro en Allen.

Periodo de análisis	Río Neuquén. Disponibilidad en El Chañar	Río Limay. Disponibilidad en Arroyito	Consumos desde Arroyito y Chañar hasta Allen.	Retornos al río hasta Allen.	Disponibilidad del Río Negro en Allen. Sin Retornos	Disponibilidad del Río Negro en Allen. Con Retornos
2001 a 2010	9284	20621	1642	310	28263	28573
2011 a 2021	4365	13136	1503	295	15977	16271

La tabla presenta los valores característicos de disponibilidad hídrica y consumos en los periodos 2001 a 2010 y 2011 a 2021 para los ríos Neuquén, Limay y Negro. Durante el primer periodo, la disponibilidad de agua en El Chañar (río Neuquén) fue de 9284 hm³/año, y en Arroyito (río Limay) de 20621 hm³/año.

Los consumos desde Arroyito y Chañar hasta Allen fueron de 1642 hm³/año, y los retornos al río hasta Allen sumaron 310 hm³/año. Así, la disponibilidad del río Negro en Allen, sin considerar los retornos, fue de 28263 hm³/año, aumentando a 28573 hm³/año al incluirlos.

En el segundo periodo 2011 a 2021, se observa una significativa reducción en la disponibilidad de agua. En El Chañar, la disponibilidad disminuyó a 4365 hm³/año, y en Arroyito a 13,136 hm³/año. Los consumos también bajaron ligeramente a 1503 hm³/año, con retornos de 295 hm³/año. La disponibilidad del río Negro en Allen, sin retornos, fue de 15977 hm³/año, y con retornos, de 16271 hm³/año.



Sección 2

b) Hidrología de Aguas Subterráneas – modelo de recarga

1. CONTEXTO.....	46
2. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	50
3. MODELO DE RECARGA.	52
ACUÍFERO DE BASAMENTO CRISTALINO (ACUÍFEROS 37-38)	56
ACUÍFEROS DE BASALTO (ACUÍFEROS N°9- N°16).....	58
MESETA DE SOMUNCURÁ (ACUÍFERO N°16).....	59
INGENIERO ÁREA DE JACOBACCI (ACUÍFEROS N°12, N°13, N°25).....	62
ACUÍFEROS ALUVIALES DE LAS CUENCAS INTERNAS (PÚRPURA)	65
COMALLO (ACUÍFERO N°28)	65
LOS MENUCOS	68
ACUÍFERO DE SEDIMENTOS CRETÁCEOS - GRUPO NEUQUÉN (ROJO)	70
ACUÍFERO DE SEDIMENTOS TERCIARIOS - RÍO NEGRO FM. (AZUL)	71
ACUÍFERO DE SEDIMENTOS MIXTOS - PATAGONIA Y RÍO NEGRO FM. (VERDE).....	72
GRAN ACUÍFERO FLUVIAL (AZUL OSCURO)	72
ACUÍFERO DE SEDIMENTOS DEL TRIÁSICO DE LOS ANDES (NARANJA)	72
ACUÍFERO DE DEPÓSITOS GLACIARES (AZUL CLARO)	73
RESUMEN DE RESULTADOS.....	73



4. MODELO..... 74

1. CONTEXTO.

La estimación de la tasa de recarga de aguas subterráneas requiere un monitoreo constante de los niveles de agua en los acuíferos en múltiples ubicaciones junto con observaciones de precipitación en cada región y recuento del consumo de agua.

Como estos datos no están disponibles en la provincia de Río Negro, Mekorot utilizó un modelo de recarga de aguas subterráneas a macroescala para estimar la recarga promedio anual de los acuíferos. Para dicha modelación se utilizó como base, un mapa de acuíferos proporcionado por la DPA (figura 1). El modelo tiene en cuenta varios tipos de cobertura terrestre, tipo de litología, pendiente del terreno y la recarga potencial de las precipitaciones (influida por la aridez de las regiones), en función de lo anterior, se estima un rango de recarga anual probable.

Las fuentes de datos que se utilizaron para la modelación fueron:

- Datos de precipitación media anual del informe del estudio hidrogeológico del municipio de Los Menucos, el cual está basado en el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) datos del año 2009 y datos recientes de estaciones meteorológicas locales en la provincia de Río Negro. La DPA nos proporcionó el informe y sus datos (figura 2).
- Mapa Geológico / Litológico a resolución 1:2.5M de SEGEMAR (Servicio Geológico Minero Argentino) (<https://sigam.segemar.gov.ar/>) – figura 3.
- Datos topográficos del USGS (United States Geological Survey) (<https://earthexplorer.usgs.gov>) – figura 4.
- Datos de cobertura terrestre de ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.) (<https://livingatlas.arcgis.com/landcoverexplorer>) – figura 5.

El modelo desarrollado por Mekorot fue calibrado sobre datos medidos de los acuíferos en Israel, resulta muy adecuado para áreas con precipitación media anual de 0-1.000 mm/año. El modelo calcula únicamente la infiltración directa de lluvia/nieve en los acuíferos. Cuando hay más de un acuífero (superior, inferior, medio) en un área, el modelo asigna el agua que se infiltra en esa área al acuífero superior. Las estimaciones de transferencia de agua subterránea entre acuíferos se pueden estimar después de establecer la recarga de cada acuífero, siempre que se conozcan las interfaces entre acuíferos.

El modelo no tiene en cuenta la infiltración de agua superficial (ríos/lagos), ni la transferencia de agua de un acuífero a otro (de los manantiales a la superficie). El Modelo no se ve influenciado por la delimitación de las cuencas de aguas superficiales. El resultado del modelo también se puede calcular para cualquier tipo de delimitación (cuencas/departamentos/regiones); sin embargo, como estamos analizando unidades hidrológicas de aguas subterráneas de gran extensión, es mejor utilizar los límites de los acuíferos y calcular la recarga de cada acuífero. La transferencia de agua de un acuífero a otro se puede calcular si se conocen las características de los límites de las cuencas y el flujo/descarga de agua. Una descripción más detallada del método del modelo y los índices de parámetros utilizados para Río Negro se encuentran en la sección 4 de este capítulo.

El mapa del acuífero utilizado aquí (basado en el mapa realizado por DPA) fue rehecho y digitalizado manualmente y en el proceso, se asignaron números a cada sección del mapa (los números del acuífero son aleatorios y podrían reemplazarse con otros nombres/números/ códigos que mejor se adapten a DPA). El mapa también fue ligeramente modificado para que se correspondiera mejor con el mapa geológico pudiendo existir algunos errores menores en la delimitación de zonas, especialmente en los pequeños acuíferos aluviales. El acuífero subterráneo (en amarillo) se dividió en varios acuíferos más pequeños para facilitar el mapeo y no por ninguna razón hidrogeológica. Pero nuestra recomendación es dividir ese acuífero en áreas más pequeñas de acuerdo con los límites geohidrológicos del acuífero (si se conocen), ya que es poco probable que un acuífero de este tamaño esté bien conectado, es decir, que el agua que se infiltra en el oeste fluya todo el camino al Océano Atlántico.

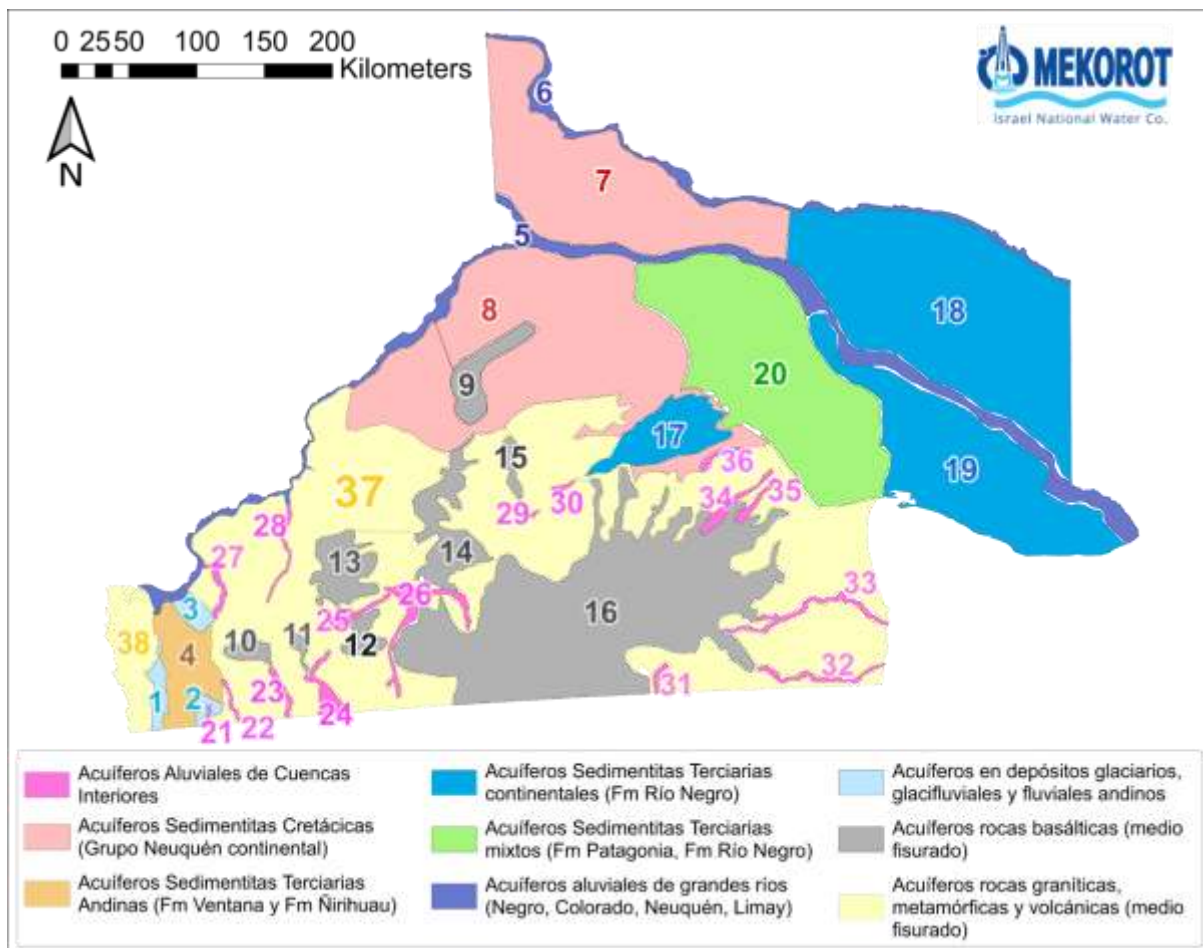


Figura 1: Mapa de acuíferos.

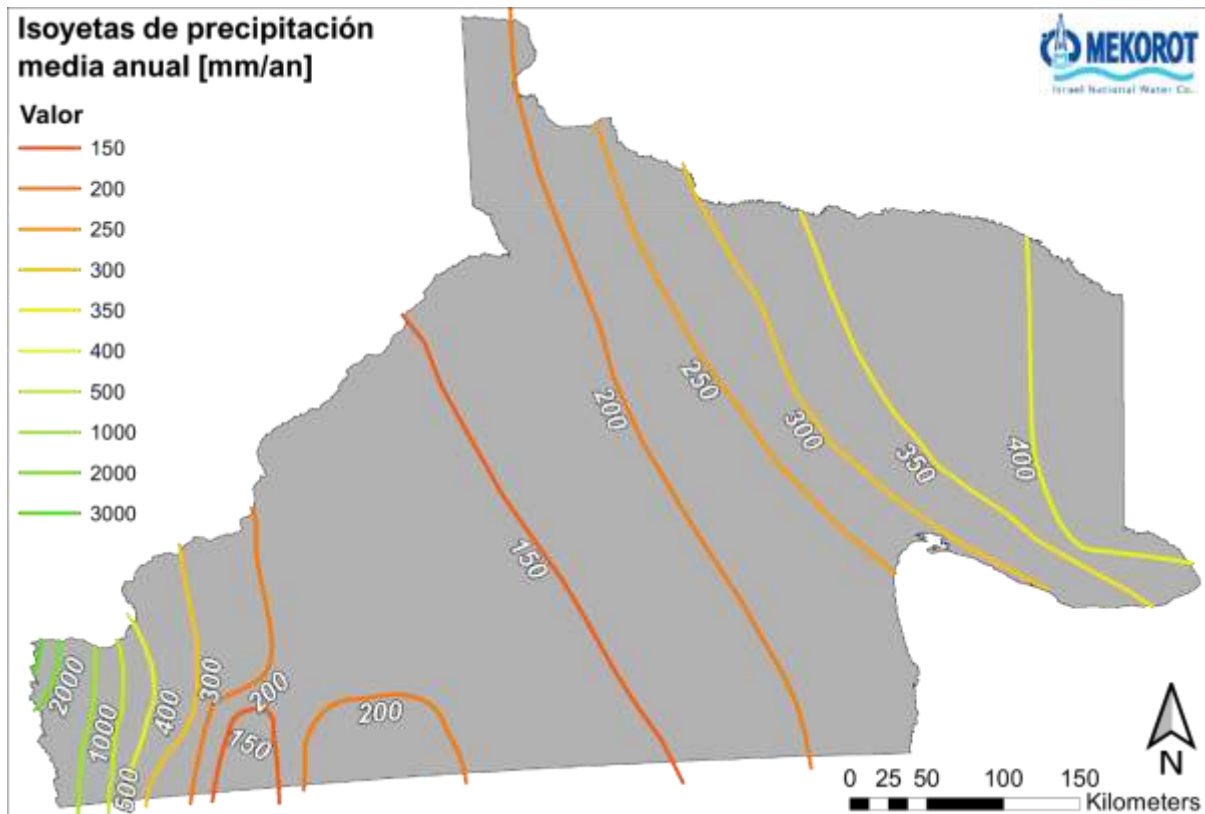


Figura 2: Mapa de precipitación media anual

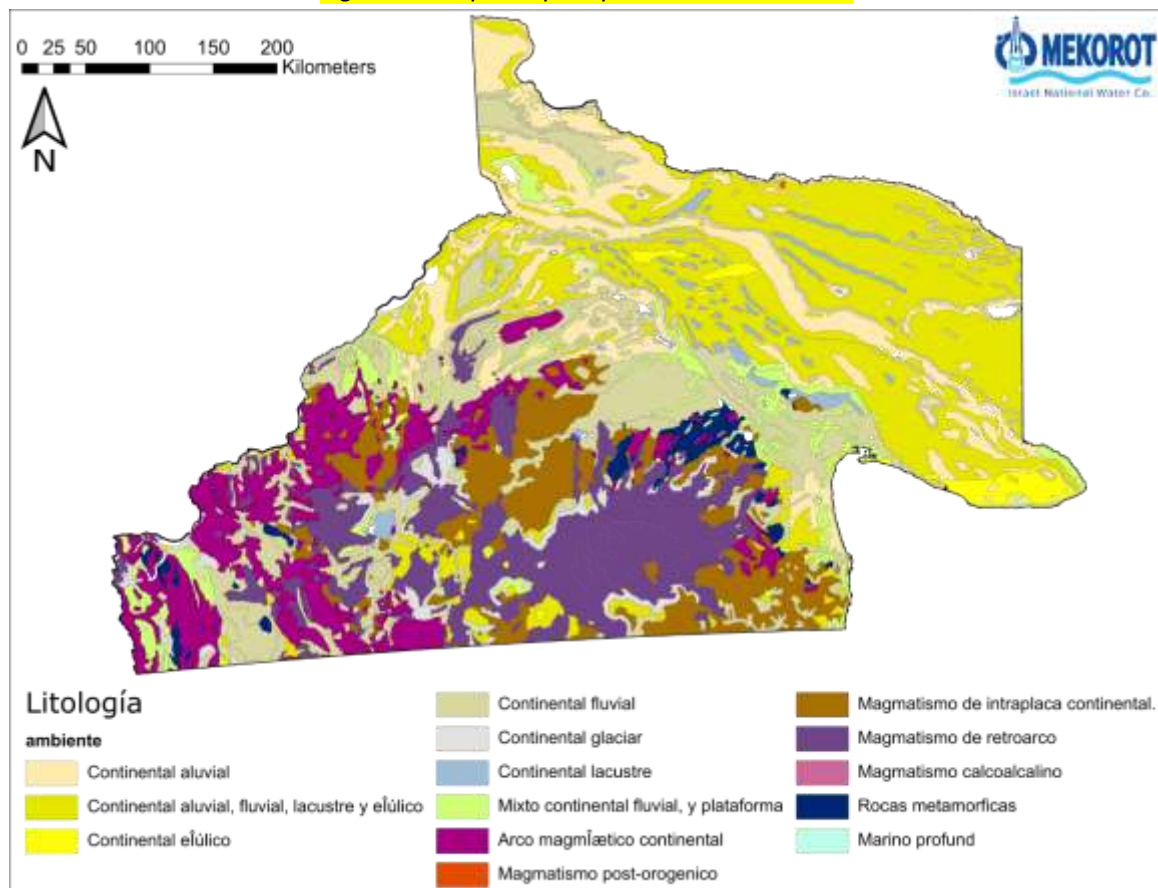


Figura 3: Mapa litológico.

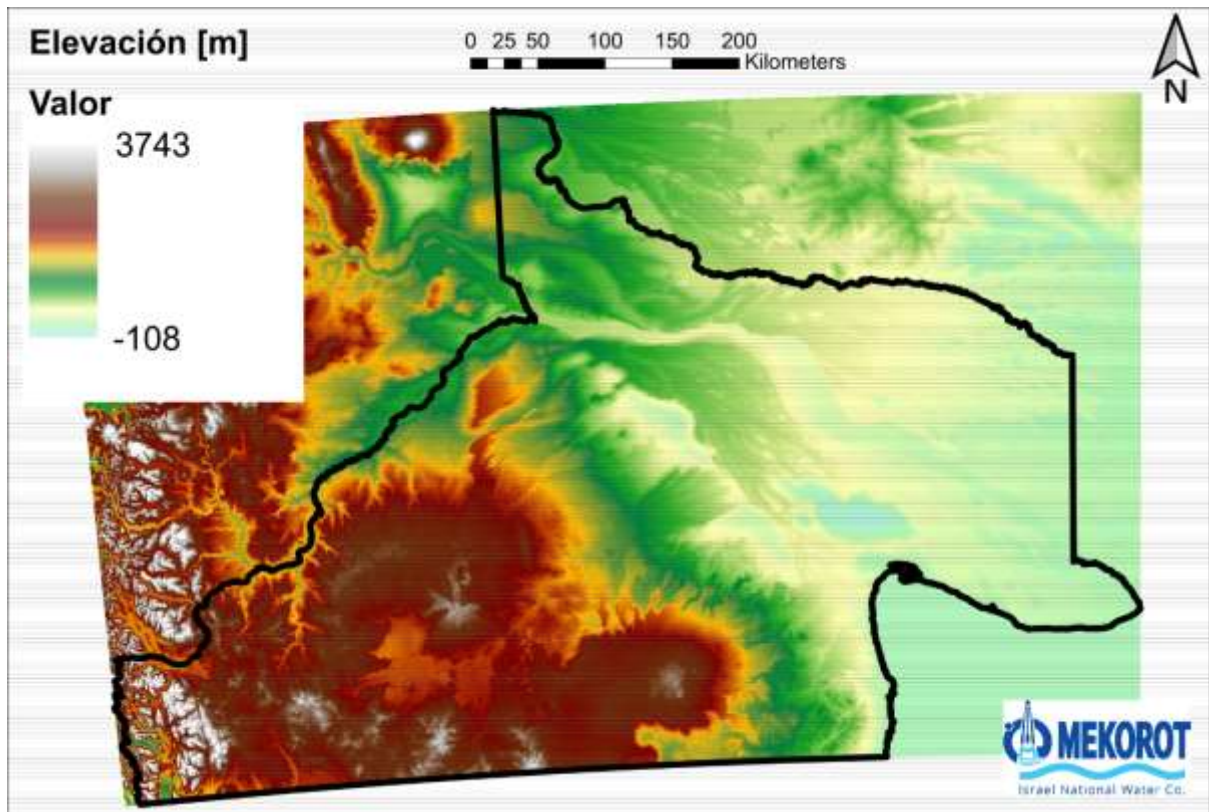


Figura 4: Mapa topográfico.

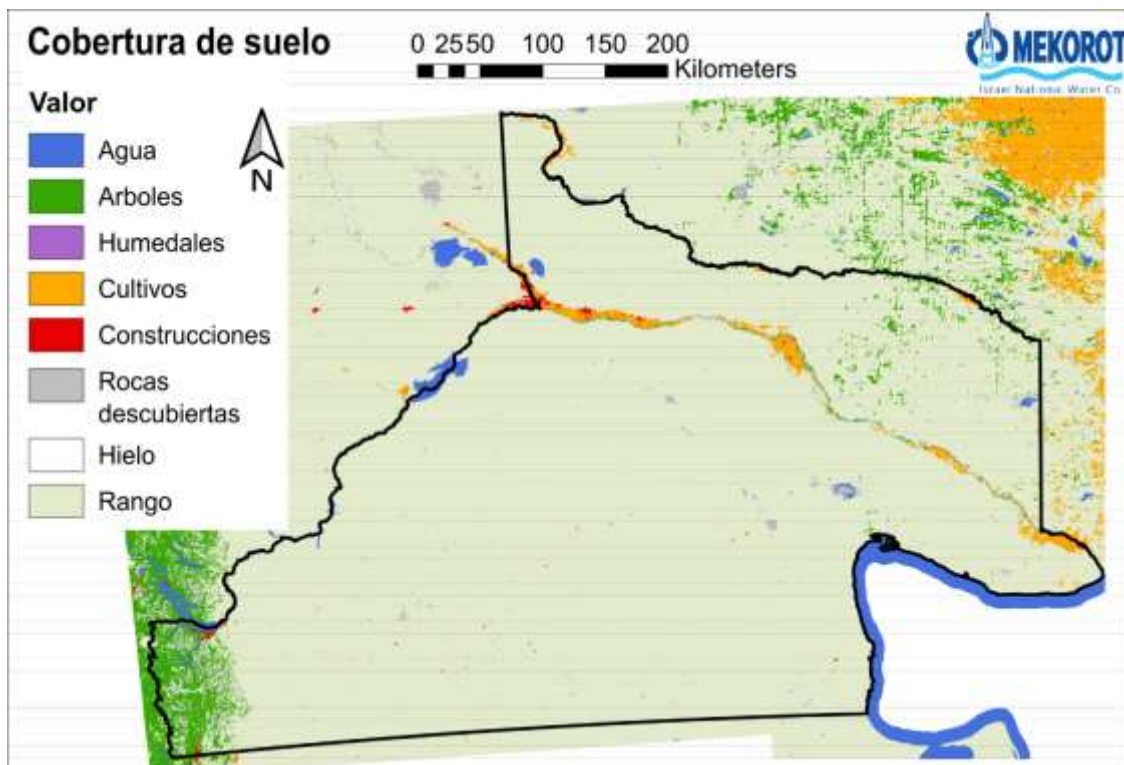


Figura 5: Mapa de cobertura terrestre.

2. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.

Para la provincia de Río Negro se encuentran definidos según el DPA nueve (9) tipos de unidades acuíferas como los principales tipos de acuíferos en Río Negro, diferenciándose ya sea en el entorno geológico o en la edad. Se dispuso de 12 estudios hidrológicos para conocer las condiciones del agua de cada acuífero. La extensión y cobertura de los estudios aún deja gran parte de la provincia sin cubrir (la figura 6 muestra el área cubierta por los estudios hidrológicos).

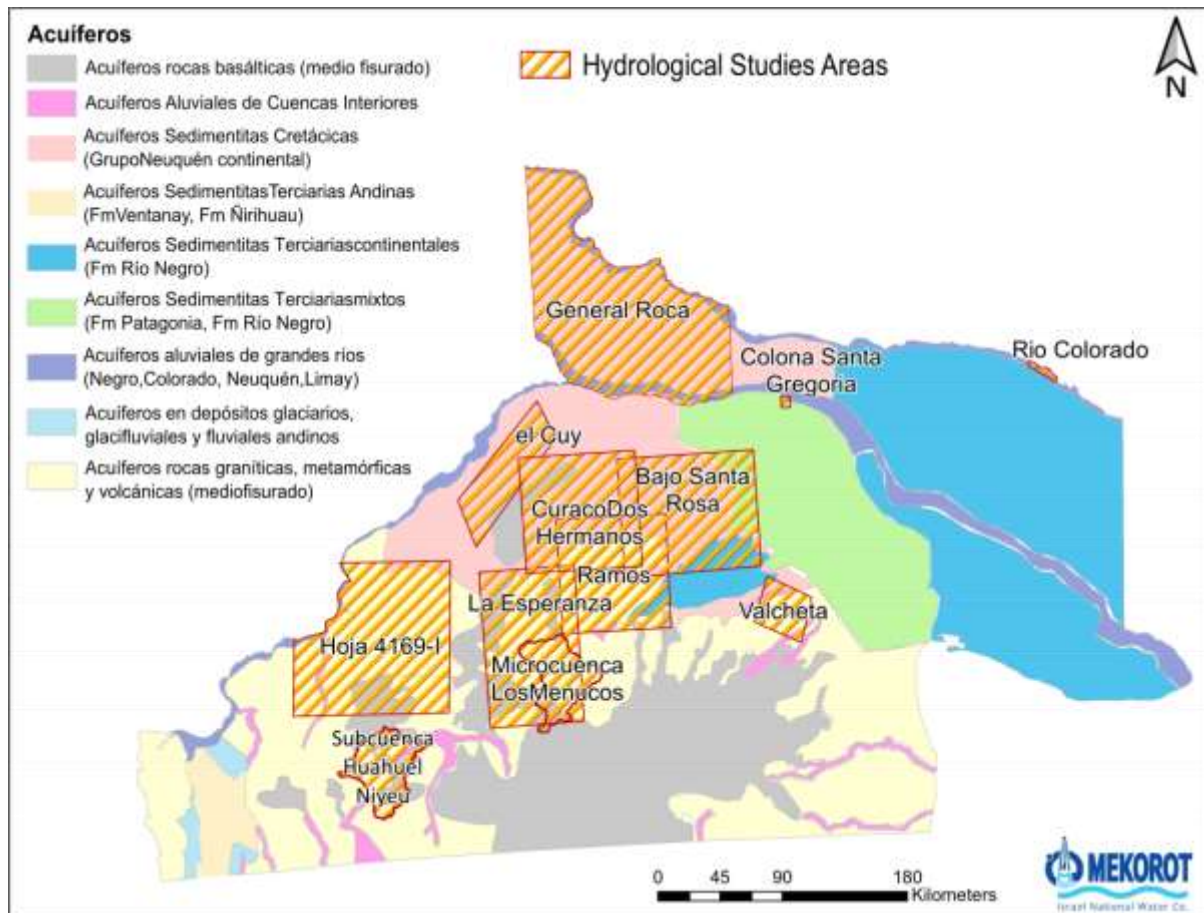


Figura 6: Áreas de estudios hidrológicos en el fondo del mapa de acuíferos.

Acuífero de basamento cristalino (amarillo): expuesto principalmente en el sur, pero probablemente se encuentra debajo de toda la provincia y está formado por rocas magmáticas (plutónicas y volcánicas) y rocas metamórficas (de protolitos magmáticos) de edades que van desde el Proterozoico al Mesozoico. Las rocas magmáticas y metamórficas generalmente se consideran impermeables y tienen pocas o ninguna porosidad; sin embargo, con el envejecimiento y la erosión y en ciertas condiciones tectónicas, las rocas se fracturan y el agua puede acumularse y viajar a través de la red de fracturas. Convirtiéndolo en un acuífero de mala calidad, pero acuífero al fin y al cabo. Informes y estudios de este acuífero (La Esperanza, Ramos, Valcheta) mostraron que el agua se encuentra a muy poca profundidad con gradientes de flujo que corresponden a la topografía local y regionalmente



tienen una tendencia general de flujo de oeste a este. Se encontró que las aguas de la mayoría de estos pozos tenían altas concentraciones de arsénico, fluoruro, sulfato y otros elementos tóxicos que indican un largo tiempo de residencia del agua en el acuífero. Esto podría deberse a una baja tasa de reabastecimiento (recarga y consumo) o a un caudal muy lento/áreas de estancamiento del flujo. Las pruebas de bombeo en pozos excavados en el área de La Esperanza encontraron un nivel dinámico estable a una tasa de bombeo de 3 m³ hr. sin embargo, en áreas bien fracturadas, tanto el almacenamiento como los caudales de agua son mayores, y en estas regiones se puede encontrar agua de buena calidad. Por lo tanto, la exploración de agua en este acuífero debería centrarse en las áreas con mayor densidad de fracturas, si es que se conocen esas áreas.

Acuíferos basálticos (grises): ubicados predominantemente en el sur y centro de la provincia. Consiste en su mayor parte en coladas basálticas de edad terciaria. La capa de basalto es espesa (de decenas a cientos de metros) y se superpone tanto al acuífero de basamento cristalino como a los acuíferos sedimentarios. Se trata de un acuífero de fracturas con diversos grados de almacenamiento y conductividad. La calidad del agua de este acuífero suele ser muy buena con baja salinidad, en pocos lugares está presente arsénico y Flúor. En el mapa de acuíferos (Fig. 1) se cartografiaron 8 acuíferos de este tipo. La más grande e importante es la Meseta de Somuncurá que proporciona gran parte del agua para la parte sur de la provincia. El agua generalmente no se produce directamente del acuífero (en pozos), sino que se recolecta de manantiales y ríos que se originan en los manantiales y emergen de este acuífero.

Acuíferos aluviales (púrpura): acuíferos locales, en su mayoría del Holoceno, de diversas profundidades, calidades y capacidades. Se cartografiaron un total de 16 acuíferos aluviales en la provincia, pero el número real podría cambiar ya que se necesitan algunas correcciones. Estos acuíferos son canales de drenaje activos o rellenos de canales antiguos, y los acuíferos confinados son canales antiguos llenos y enterrados. Cada acuífero está compuesto de rocas que se originaron en las montañas que se encuentran encima de él y, por lo tanto, tiene una química del agua diferente. Aunque estos acuíferos son muy pequeños, contienen bastante agua, especialmente aquellos bajo canales de drenaje activos, y son muy importantes como fuente principal de agua para algunas ciudades pequeñas.

Acuífero de sedimentos cretáceos - grupo Neuquén (rojo): Este tipo de acuíferos está expuesto en la zona Norte, cerca del límite con la provincia de Neuquén. El Grupo Neuquén se encuentra generalmente soportado por otras formaciones sedimentarias mesozoicas y sólo ocasionalmente por granitos pérmico -triásicos que formarían el basamento hidrogeológico del área de El Cuy. Al norte del río Negro, en el Departamento General Roca, el Grupo Neuquén reposa sobre sedimentos mesozoicos. Es un acuífero de sedimentos continentales intercalados que consiste en arenisca, limolita y arcilla arcillosa. La secuenciación litológica divide el acuífero en varios acuíferos menores confinados y semiconfinados. La calidad del agua es variada, pero en general es mala y no apta para el consumo humano. La industria petrolera depende en gran medida de este acuífero.

Acuífero de sedimentos terciarios - Río Negro fm. (azul): Al sur del Río Negro, la Formación Río Negro se encuentra principalmente sobre la Formación Patagonia y sus equivalentes del Terciario inferior. Al



norte del Río Negro, la Formación Pichi El Departamento Mahuida está situado sobre formaciones del Mioceno (Formaciones Cerro Azul y Barranca Final). Está formado por sedimentos continentales. Esta zona no fue cubierta en ninguno de los estudios hidrológicos. Los informes de la DPA describieron que el agua subterránea era salobre y que el acuífero tenía múltiples capas.

Acuífero de sedimentos mixtos - Patagonia y Río Negro fm. (verde): Este tipo de acuíferos está expuesto en el centro de la provincia, entre los acuíferos Cretácico y Terciario. La profundidad del acuífero se profundiza hacia el noroeste. La calidad del agua es salobre y los caudales son bajos.

Acuífero de sedimentos del Triásico de los Andes (naranja): se ubica en la cordillera oriental de los Andes. Compuesto por varios tipos de rocas (magnéticas y sedimentarias). No hay datos sobre la calidad del agua o el caudal de este acuífero.

Acuífero de depósitos glaciares (azul claro): Este acuífero se ubica en los valles profundos de los Andes, compuesto por depósitos glaciares. El nivel freático se encontró a poca profundidad, la calidad del agua es buena, sin embargo, los caudales son bajos.

Gran acuífero fluvial (azul oscuro): Este acuífero es somero de gravas y arenas y de altos caudales, que rodea los grandes ríos de la provincia (Limay , Neuquén y Negro). Este acuífero se recarga principalmente por los ríos, más que por las lluvias. La calidad del agua en el acuífero suele ser buena como la del agua del río, a menos que esté contaminada por alguna actividad industrial. La afluencia al acuífero procedente de la lluvia es insignificante en relación con la afluencia del río, ya que la calidad y los niveles del agua están directamente influenciados por el río. Por lo tanto, en este informe asumimos que los ríos y el acuífero están directamente vinculados actuando como un solo sistema.

3. MODELO DE RECARGA.

El modelo, como resultado, genera dos mapas de información, una de infiltración máxima y una de infiltración mínima en mm/año a una resolución de 100x100 m (Fig. 7). Luego, para cada área, unidades de acuífero en este caso, se suma el volumen total de agua y se convierte a la recarga de agua anual (agua disponible) en hectómetros cúbicos (hm^3). Un resumen de los resultados del modelo se presenta en la tabla 1. La tabla está organizada por los tipos de acuífero y los detalles de cada acuífero: el área de superficie (en km^2), el mínimo, el máximo y la recarga calculada por el modelo (en hm^3), la tasa de precipitación media en ese acuífero (en $\text{mm/año} \cdot \text{m}^2$), el volumen total de agua que suma (multiplicando la tasa de precipitación por la superficie del acuífero, en hm^3), y la recarga factor (dividiendo el volumen total de recarga por el volumen total de precipitación). Para áreas donde hay alguna estimación de la recarga del acuífero, también se indica la estimación. La Figura 8 visualiza la recarga anual promedio total (en hm^3) calculada por el modelo en el mapa de acuíferos.

Es importante señalar que el modelo calcula la cantidad de agua que ingresa al sistema proveniente de la lluvia pero no garantiza la calidad del agua. Los acuíferos con alta salinidad existente (como los acuíferos sedimentarios del Cretácico y Terciario) pueden recibir una gran afluencia anual de agua dulce, pero una vez mezclada con las aguas salobres del acuífero, quedarán inutilizables para el consumo humano. A los efectos del agua potable, este modelo puede ayudar mejor en áreas donde el agua subterránea es de buena calidad pero no hay una estimación de las tasas de reposición para gestionar la producción. O detectar áreas de altas tasas de recarga, que podemos explorar como una opción para la producción de agua.

Tabla 1: Resultados del modelo de recarga

Tipo de acuífero	Aq. #	Área [km ²]	Recarga modelada [hm ³]			Est. [hm ³]	Precipitación		Tasa de recarga Alfa [-]
			MÍN.	MÁX.	AVG		media [mm/año]	Vol. [hm ³]	
acuíferos es depósitos glaciaros	1	544	39,6	58.1	48,9		842	458	0,11
	2	256	5.7	8.5	7.1		328	84	0,08
	3	502	34,8	48,5	41,7		463	232	0,18
Acuíferos Sedimentitas Terciarias Andinas	4	2827	28.6	49,9	39.2		542	1532	0,03
Acuíferos aluviales de grandes ríos	5	7097	256.0	321.1	288,6		339	2406	0,12
	6	2094	68,9	84,5	76,7		303	634	0,12
Acuíferos Sedimentitas Cretácicas	7	14956	367,4	444.4	405.9		235	3512	0,12
	8	22756	165,2	220,4	192,8		177	4028	0,05
acuíferos rocas basálticas	9	1489	6.8	9.3	8.1		152	226	0,04
	10	488	6.8	9.6	8.2		281	137	0,06
	11	150	0,5	0,8	0,6		154	23	0,03
	12	602	2.7	3.9	3.3	>0,75*	196	118	0,03
	13	1899	9.7	13.5	11.6		190	360	0,03
	14	2586	11.5	16.2	13.9		167	431	0,03
	15	360	1.2	1.8	1.5		150	54	0,03
	dieciséis	24039	130,8	178,5	154,7	>65*	176	4241	0,04
Acuíferos Sedimentitas Terciarias continentales	17	2941	54,5	64.2	59,4		204	601	0,10
	18	22571	1679,6	2028.3	1853.9		392	8847	0,21
	19	12859	798.0	960,6	879,3		352	4532	0,19
Acuíferos Sedimentitas Terciarias mixtos	20	17170	636,5	779,5	708.0		282	4836	0,15
Acuíferos Aluviales de Cuencas Interiores	21	36	0,5	0,8	0,7		303	11	0,06
	22	96	1.0	1.5	1.3		262	25	0,05
	23	166	0,6	0,8	0,7		141	23	0,03
	24	476	1.0	2.0	1.5		160	76	0,02
	25	202	0,5	1.0	0,8		191	39	0,02



Tipo de acuífero	Aq.	Área	Recarga modelada [hm ³]			Est.	Precipitación		Tasa de recarga
	26	763	5.9	8.0	6.9		195	149	0,05
	27	226	1.8	3.3	2.5		362	82	0,03
	28	213	0,7	1.2	0,9		235	50	0,02
	29	22	0.1	0.1	0.1		151	3	0,02
	30	79	0,2	0,4	0.3		152	12	0,03
	31	102	0,4	0,6	0,5		150	15	0,03
	32	329	1.1	1.9	1.5		205	67	0,02
	33	491	1.3	2.3	1.8		211	103	0,02
	34	329	0,5	1.1	0,8		208	68	0,01
	35	187	0.1	0,4	0.3		217	41	0,01
	36	134	0,4	0,8	0,6		216	29	0,02
Acuíferos rocas graníticas, metamórficas y volcánicas	37	54355	199.1	318,8	258,9		220	1084 2	0,02
	38*	2891	38,5	80.0	59.2		1634	4722	0,01
Total		199281	4558	5726	5142			5365 3	0,10

*Ver comentarios en el texto

Según los datos de precipitación utilizados en este modelo, en la provincia de Río Negro llueven un total de 53.653 hm³, de los cuales el modelo calculó una recarga subterránea que oscila entre 4.558 y 5.726 hm³. Lo que se traduce en una tasa de recarga del 8,5% al 10,7% para toda la provincia. Estas tasas de recarga son las que esperaríamos en una región mayoritariamente árida. Sin embargo, las tasas de recarga de acuíferos singulares varían entre sí y con las tasas medias provinciales. Esta sección discutirá la recarga calculada de los principales tipos de acuíferos y de acuíferos específicos de interés.

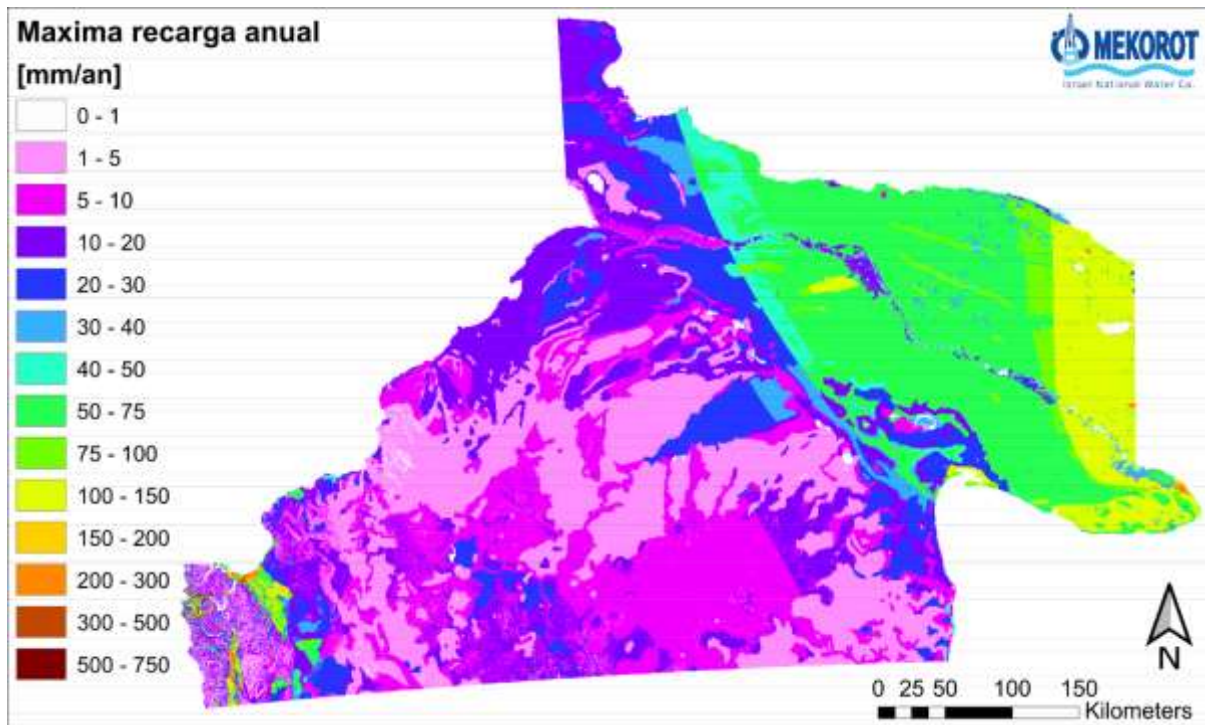


Figura 7: Resultados del modelo: mapas de recarga anual media máxima (arriba) y mínima (abajo) en mm/año.

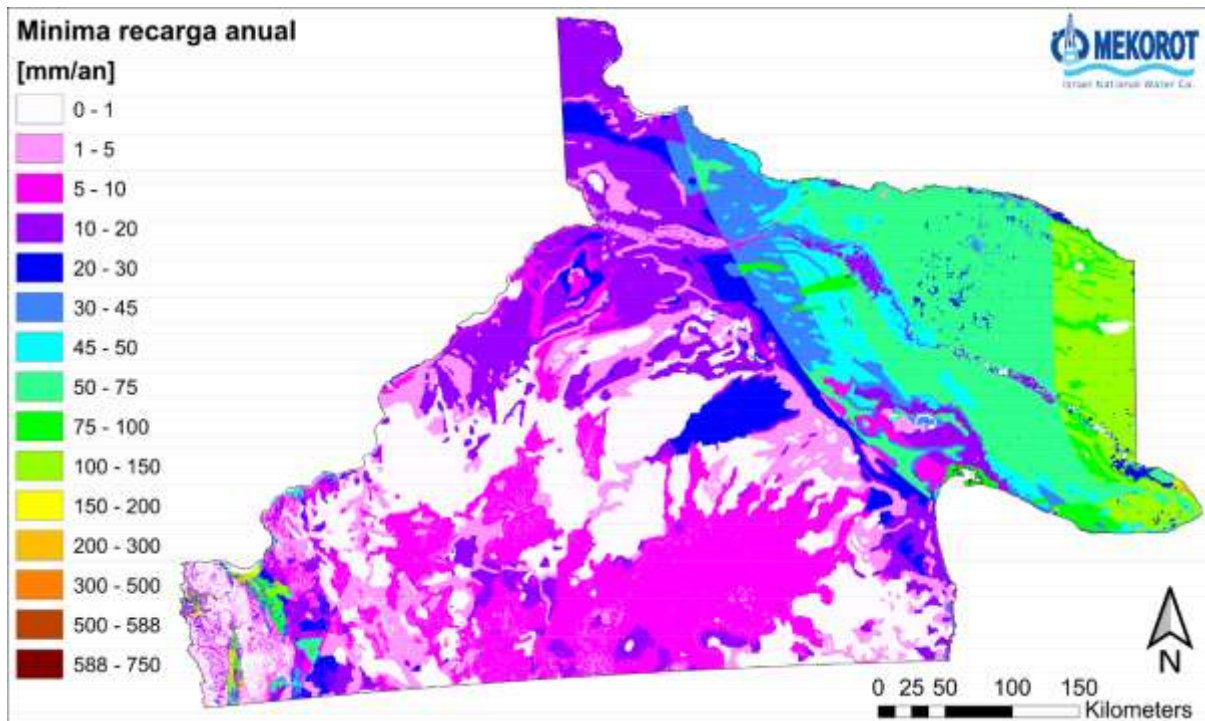


Figura 8: Mapa de acuíferos con anotación de recarga anual promedio total (en MCM).

Los resultados presentados deben ser considerados como aproximados debidos a las incertidumbres en los datos de base utilizados (mapeo de los acuíferos, datos de precipitación, litología, cobertura de suelo, etc.) así como también incertidumbres propias del proceso de modelación.

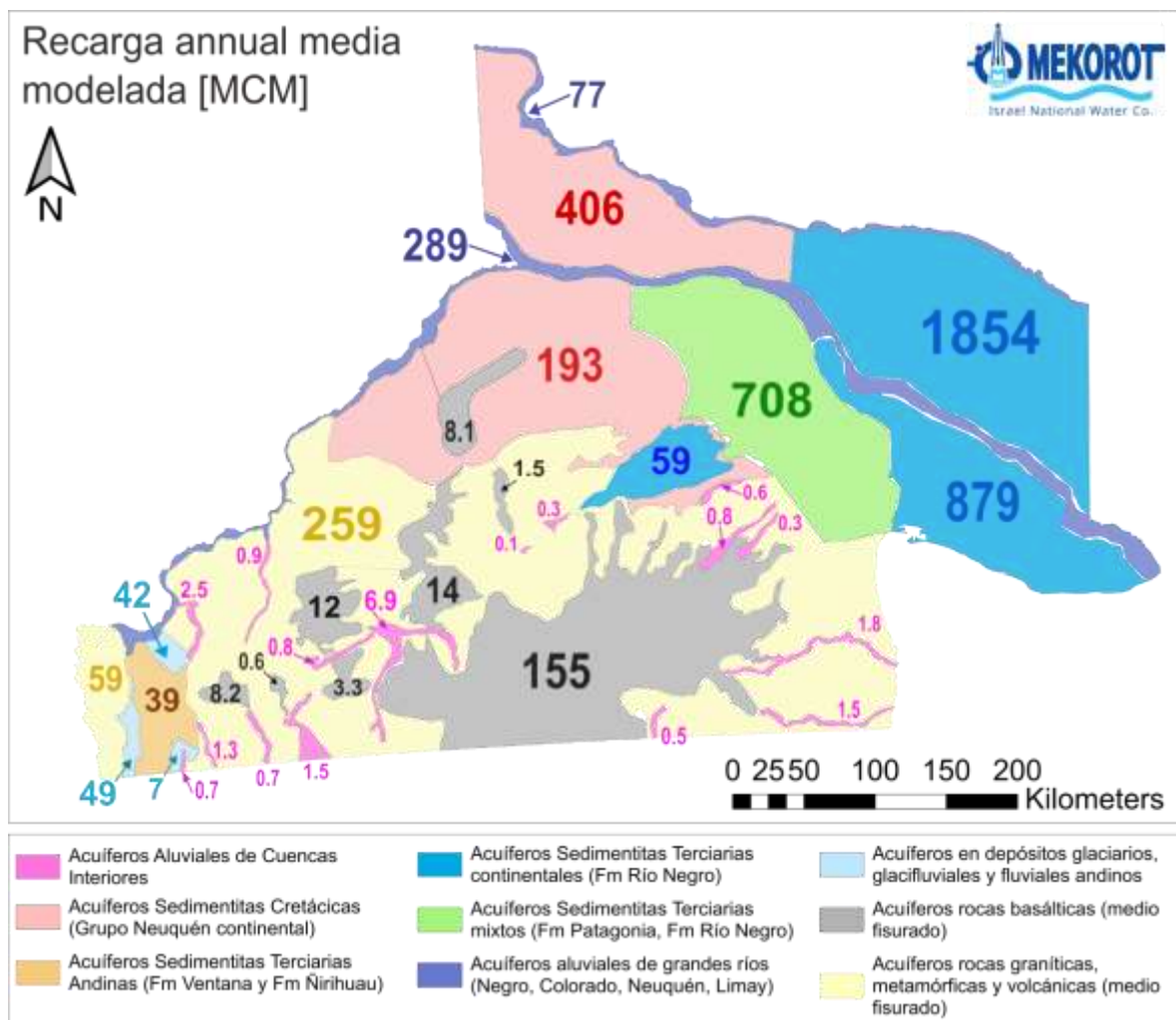


Figura Valores medios de recarga

1. Acuífero de basamento cristalino (acuíferos 37-38)

Como el acuífero subterráneo es técnicamente una unidad (según la clasificación DPA), aquí se dividió en dos, el acuífero N°37 y N°38. El acuífero N°38 está ubicado en el sector occidental de la provincia en la región Andina y de acuerdo con las secciones transversales en el mapa geológico de la región (figura 9), el acuífero está ubicado al oeste de una secuencia de fallas de inmersión. Esto significa que probablemente esté hidrológicamente aislado del resto del área del basamento cristalino y que su agua fluya hacia el oeste, hacia Chile, a diferencia de la dirección general del flujo hacia el este en todo el acuífero del basamento cristalino. Se estima que el límite real entre la porción principal del acuífero subterráneo (acuífero N°37) y el acuífero que fluye hacia el oeste (acuífero N°38) está en algún lugar



debajo de los acuíferos glacial-fluviales (acuíferos N°2- N°3) y el acuífero de sedimentos de los Andes terciarios (acuífero N°4), pero también podría estar más al Este. Es probable que el acuífero que fluye hacia el oeste se divida en unos pocos acuíferos más pequeños, algunos de los cuales no fluyen hacia el oeste, ya que el sistema de fallas es muy complejo y contiene subsecciones de fallas que se inclinan hacia otras direcciones.

La precipitación anual donde está expuesto el acuífero de sótano principal (N°37) oscila entre 100 y 300 mm/año, y la recarga anual total calculada para este acuífero oscila entre 199 y 319 hm³, lo que se traduce en una tasa de recarga de 1,8 a 2,9%. Estas tasas de recarga se considerarían altas para un acuífero de roca magmática, pero dado que grandes áreas dentro del área cartografiada del acuífero en realidad están cubiertas por unidades sedimentarias continentales, estas cifras reflejan la entrada de una tasa de infiltración más alta en esas áreas. Además, la superficie cartografiada de este acuífero es muy grande (54.355 km²) incluso la más pequeña cantidad de recarga por metro cuadrado se acumula formando un gran volumen total de agua. Como se indicó anteriormente, se estima que el acuífero no es completamente continuo y se requiere un mapeo adicional de mayor resolución para establecer los límites hidrológicos que lo dividen en acuíferos secundarios. Si este trabajo adicional, se considera necesarios para garantizar el abastecimiento de agua, se recomienda que la división inicial se base en mapas geológicos estructurales. En una etapa posterior, se sugiere realizar una mayor investigación de la geoquímica del agua. Luego se podría ejecutar nuevamente el modelo con la nueva delimitación de los acuíferos secundarios para evaluar su tasa de recarga.

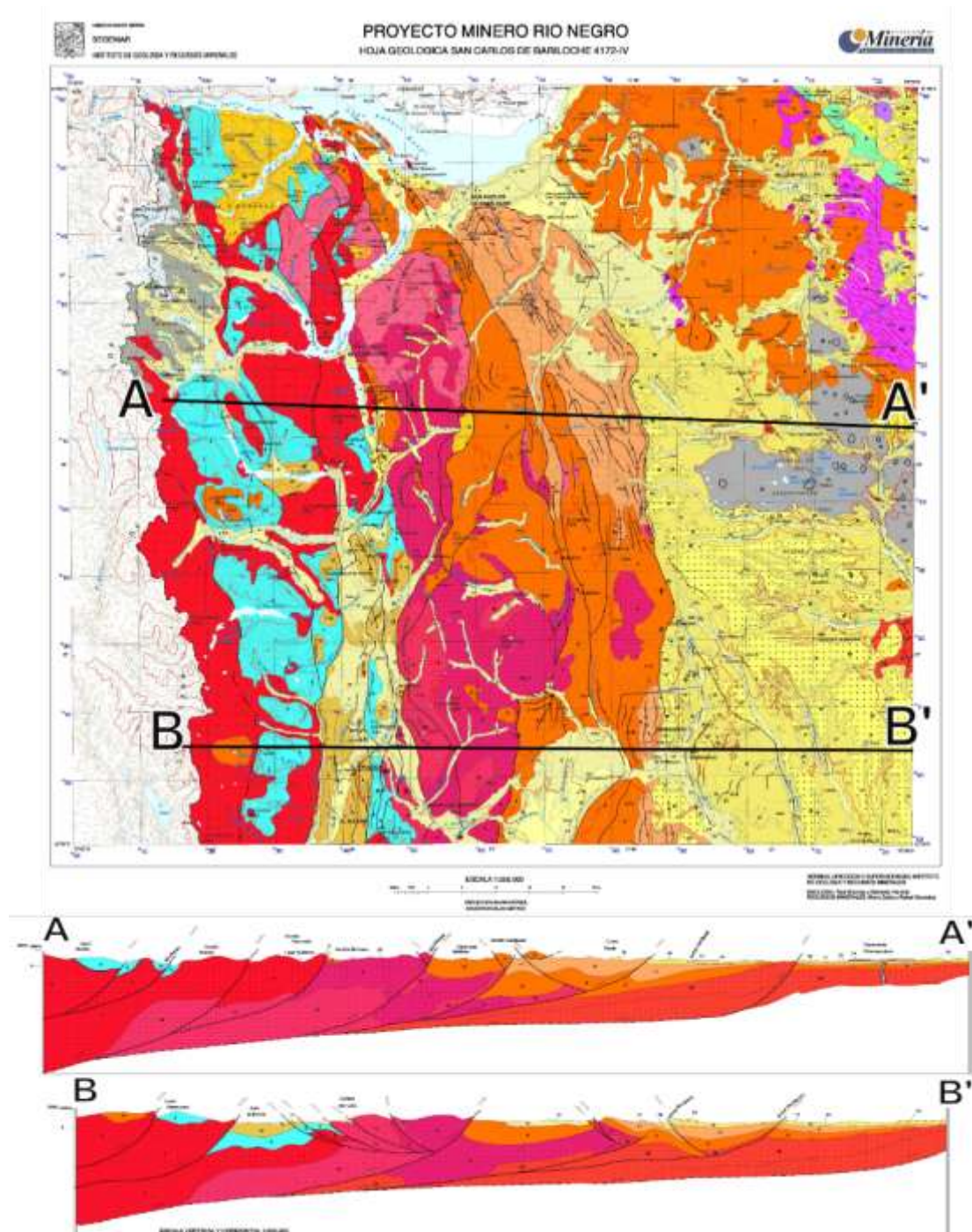


Figura 9: Mapa geológico y cortes transversales del San Carlos De Bariloche (hoja 4172-IV).

2. Acuíferos de basalto (acuíferos N°9- N°16)

Se cartografiaron ocho acuíferos de basalto distintos en la provincia. La recarga anual total calculada para todos los acuíferos de basalto está entre 170 y 233 hm³, lo que se traduce en una tasa de recarga promedio del 3-4,2%. El acuífero de basalto más grande es la meseta de Somuncurá (N°16), que proporciona gran parte del agua a los municipios al pie de la meseta y a lugares más remotos (área de Sierra Grande). Los acuíferos N°12- N°14 también son bastante grandes y contribuyen al suministro de



agua a los asentamientos en la carretera 23. La recarga de los acuíferos mencionados anteriormente se discutirá en detalle aquí. Los otros cuatro acuíferos (N°9, N°10, N°11 y N°15) son mucho más pequeños, tampoco están cartografiados con precisión y podrían no ser de importancia para ninguna comunidad o sector de la economía.

3. Meseta de Somuncurá (acuífero N°16)

La meseta de Somuncurá es una enorme montaña cubierta de basalto, con una superficie de más de 24.000 km² sólo en la parte de la provincia de Río Negro, ya que la meseta está cortada por la frontera de Río Negro y Chubut. En la meseta se supone una dirección preferencial del flujo de agua subterránea hacia el noreste, evidenciada por la abundancia de corrientes permanentes e intermitentes en ese rincón de la meseta, en comparación con las otras partes de la misma (figura 10). Esto se debe a la orientación del buzamiento de las capas de basalto y posiblemente también a la orientación de las fracturas. Se han monitoreado las tasas de descarga de 12 arroyos en la parte noreste de la meseta en el período 1969-1985 (tabla 2). El caudal promedio total de los arroyos ascendió a ~65 hm³. La DPA estimó que el 95% de la descarga de manantiales de la meseta pasa a través de esos arroyos. Hay muchos más arroyos pequeños que no han sido monitoreados ya que su caudal es inferior a 1 m³/h. Como la descarga se mide en los arroyos (después de la convergencia de varios arroyos) en lugar de en la desembocadura del manantial, se desconocen las pérdidas en los arroyos. Los ríos corren sobre las rocas del acuífero del sótano (de baja permeabilidad), por lo que las pérdidas en el lecho del río se suponen insignificantes). Sin embargo, las altas tasas de evaporación en la región y las pérdidas de vegetación en el camino podrían ascender al 20%. Estimaríamos que la producción total del acuífero de esa parte de la meseta es de ~80 hm³.

En la parte occidental de la meseta hay varios otros ríos y arroyos, como el río Maquinchao. También hay numerosos lagos/lagunas en las estribaciones de la meseta, algunos todavía tienen una gran cantidad de agua y vegetación a su alrededor y en el arroyo que los alimenta, esto significa que allí existe alguna afluencia de agua. No está claro si el agua de las pequeñas lagunas que se encuentran en la cima de la meseta es escorrentía estancada o si los lechos de las lagunas están por debajo del nivel del agua subterránea, de modo que la laguna se alimenta de agua subterránea desde el fondo. Si las lagunas reducen el nivel del agua subterránea, también significaría que esencialmente causan la evaporación del agua subterránea. Si se trata de agua de escorrentía estancada, eso significaría que el basalto en esa parte de la meseta no se fractura tan bien como se supone y tiene una capacidad de infiltración mucho menor de lo que se supone.

El modelo calculó una recarga anual de 131-178 hm³, que es una tasa de recarga del 3,1-4,2%. Suponiendo que una estimación de descarga de 80 hm³ en la parte oriental sea correcta y suponiendo una descarga adicional de 20 hm³ más en la parte occidental, todavía hay un mínimo de casi 30 hm³ por año que el modelo predice que no saldrá del acuífero a través de los manantiales. Independientemente de la sobreestimación de la capacidad de infiltración del basalto, los límites cartografiados del acuífero parecen incluir áreas que no están cubiertas por basalto, especialmente en la parte occidental del acuífero. Esto tiene un impacto profundo, especialmente en las áreas cubiertas por sedimentos no consolidados que se caracterizan por tener altas tasas de infiltración (hasta el doble que las del basalto). Además, el mapa digitalizado utilizado es de muy baja resolución (1:2,5M), y carece de diferenciación entre las uniones volcánicas, como se observa en mapas



geológicos imprimibles de resolución 1:250.000. Los diferentes tipos de basaltos y su edad deben tenerse en cuenta al calibrar el modelo.

Otras salidas del acuífero incluyen la producción de agua y la transferencia de agua subterránea a acuíferos adyacentes. Si bien hay algunos consumos en la cima de la meseta, no son elevados y su consumo total probablemente no supere los $0,1 \text{ hm}^3$. También es posible la transferencia de agua subterránea desde el acuífero de basalto a los acuíferos que se encuentran debajo. En primer lugar, el propio basalto tiene varios acuíferos secundarios, ya que el basalto se acumula en una secuencia de flujos y cada capa forma su propio acuífero secundario. Por lo tanto, se acumula una recarga tanto en los acuíferos locales de la capa superior como luego en el acuífero regional inferior. En segundo lugar, el basalto de la meseta cubre una superficie enorme y las unidades subyacentes no se conocen del todo. En algunos lugares, el basalto cubre los acuíferos del sótano granítico, en otros lugares cubre tobas o capas de rocas sedimentarias (que amortiguan entre los granitos y el basalto). Una transferencia lateral de agua desde el acuífero basáltico inferior a las otras unidades no se mostraría en forma de manantiales en los bordes de la capa basáltica sino como presencia de agua en el basamento y en las uniones coluviales. En el estudio hidrológico del área de Valcheta de 2013, se encontró que el gradiente de agua subterránea en el acuífero basamento cristalino estaba hacia el norte, fluyendo desde la meseta que descarga en los salares al norte de Valcheta.

Si se desea realizar más exploraciones de agua en esta región, recomendaríamos perforar algunos pozos de investigación/observación en la meseta para evaluar los niveles de agua (debería haber algunos acuíferos secundarios dentro de la capa de basalto) y evaluar la presencia y calidad del agua en las capas inferiores. Si resulta económico viable, la perforación de pozos de producción de agua puede considerarse como otra fuente de agua para esta región.

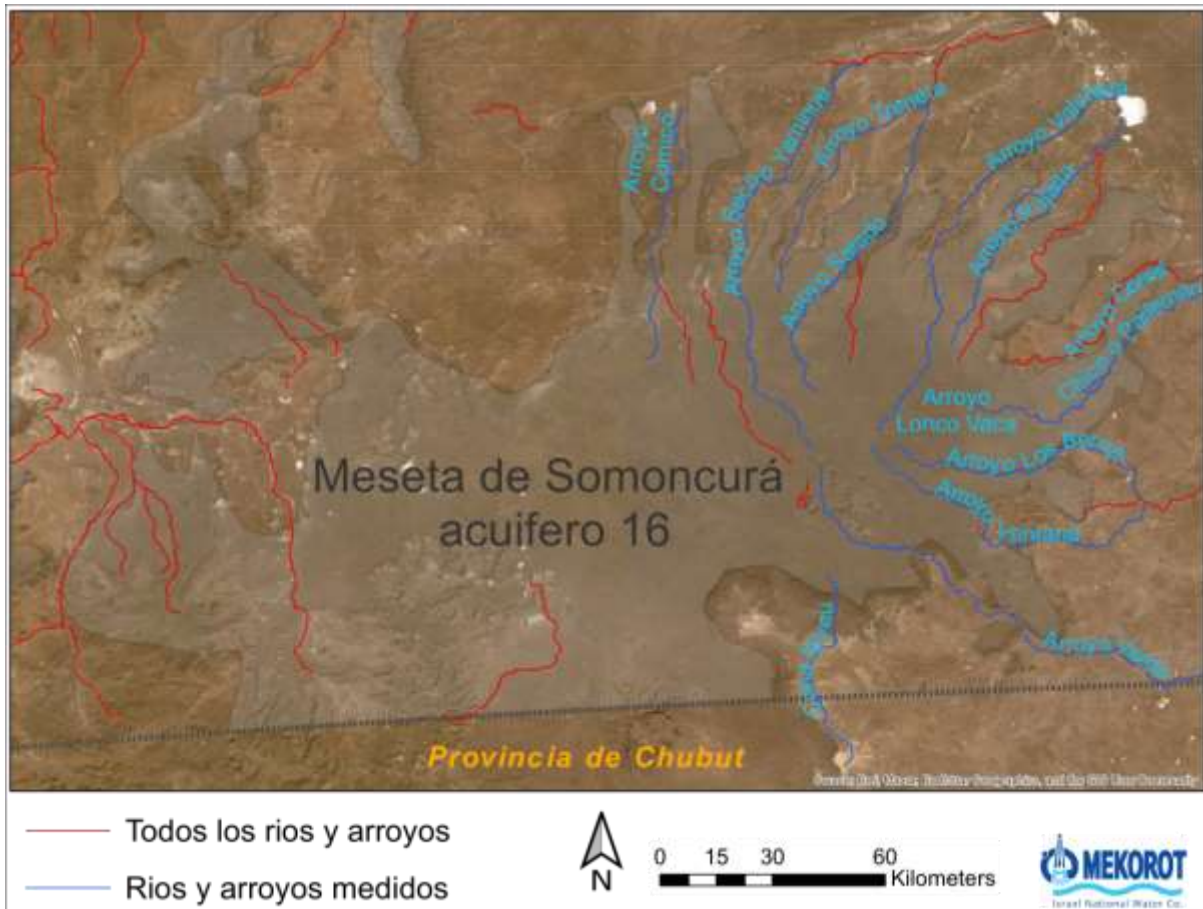


Figura 10: Quebradas monitoreadas y no monitoreadas que se originan en la meseta de Somoncurá en azul y otras quebradas (con descarga desconocida) en rojo.

Cuadro 2: Caudal promedio anual de arroyos en la meseta nororiental de Somoncurá en el período 1969-1985.

Arroyo	Descarga [hm³]
<i>Valcheta</i>	43,96
<i>Paja Alta</i>	7,89
<i>Salado</i>	3,50
<i>Coná Niyeu</i>	2,25
<i>Yaminue</i>	1,54
<i>Treneta</i>	1,36
<i>Los Berros</i>	0,93
<i>Ventana</i>	1,01
<i>Corral Chico</i>	0,80
<i>Paileman</i>	0,36
<i>Verdes</i>	0,56
<i>Cómico</i>	0,75
TOTAL	64,95



4. Ingeniero Área de Jacobacci (acuíferos N°12, N°13, N°25)

El municipio del Ing. Jacobacci produce agua a partir de 2 fuentes de agua: agua de manantial que descarga del acuífero de basalto y pozos freáticos y confinados poco profundos del acuífero aluvial N°25. Los manantiales utilizados por la cooperativa de agua Ing. Jacobacci son las que descargan del acuífero N°12, que se encuentra al sur de la localidad. También hay manantiales y pozos (incluidos pozos privados) que descargan del acuífero N°13, al norte del pueblo, son menos, más lejos del pueblo. Como tales, no están conectados al sistema de agua de la ciudad y no hay una estimación de su drenaje. Un estudio hidrológico del Huahuel La subcuenca de Niyeu (de 2021) encontró 150 manantiales y pozos en el área, 43 de ellos descargando del acuífero N°12 (o lo suficientemente cerca de él), y otros 9 en la parte sur del acuífero N°13. Para casi todos los manantiales, la tasa de descarga es desconocido.

La transferencia de agua desde la parte sur del acuífero N°13 y desde la parte norte del acuífero N°12 probablemente esté alimentando la unidad de depósitos aluviales al norte del Huahuel. Arroyo Niyeu - que actúa como acuífero aluvial (N°25) del que la localidad produce agua mediante pozos poco profundos, mediante flujo superficial y subterráneo. El Huahuel Subcuenca Niyeu se divide en dos microcuencas - Huahuel Niyeu y Bajo Colorado. La línea divisoria de aguas que divide la subcuenca discurre a lo largo de una estrecha cordillera basáltica al norte del río Huahuel. Arroyo Niyeu, desviando parte del agua que fluye desde el acuífero de basalto N°13 hacia otra unidad de depósito aluvial paralela al arroyo. El mapa del nivel del agua subterránea del estudio de 2021 muestra la dirección del flujo de agua desde el acuífero N°13 para divergir en la línea de la cuenca hidrográfica. La Figura 11 muestra la posición de los pozos, manantiales, niveles freáticos, el contorno de los acuíferos mapeados así como las unidades geológicas. Como estos tres acuíferos interactúan en esta región, la discusión sobre el acuífero aluvial N°25 se realizará aquí y no en la sección de acuíferos aluviales.

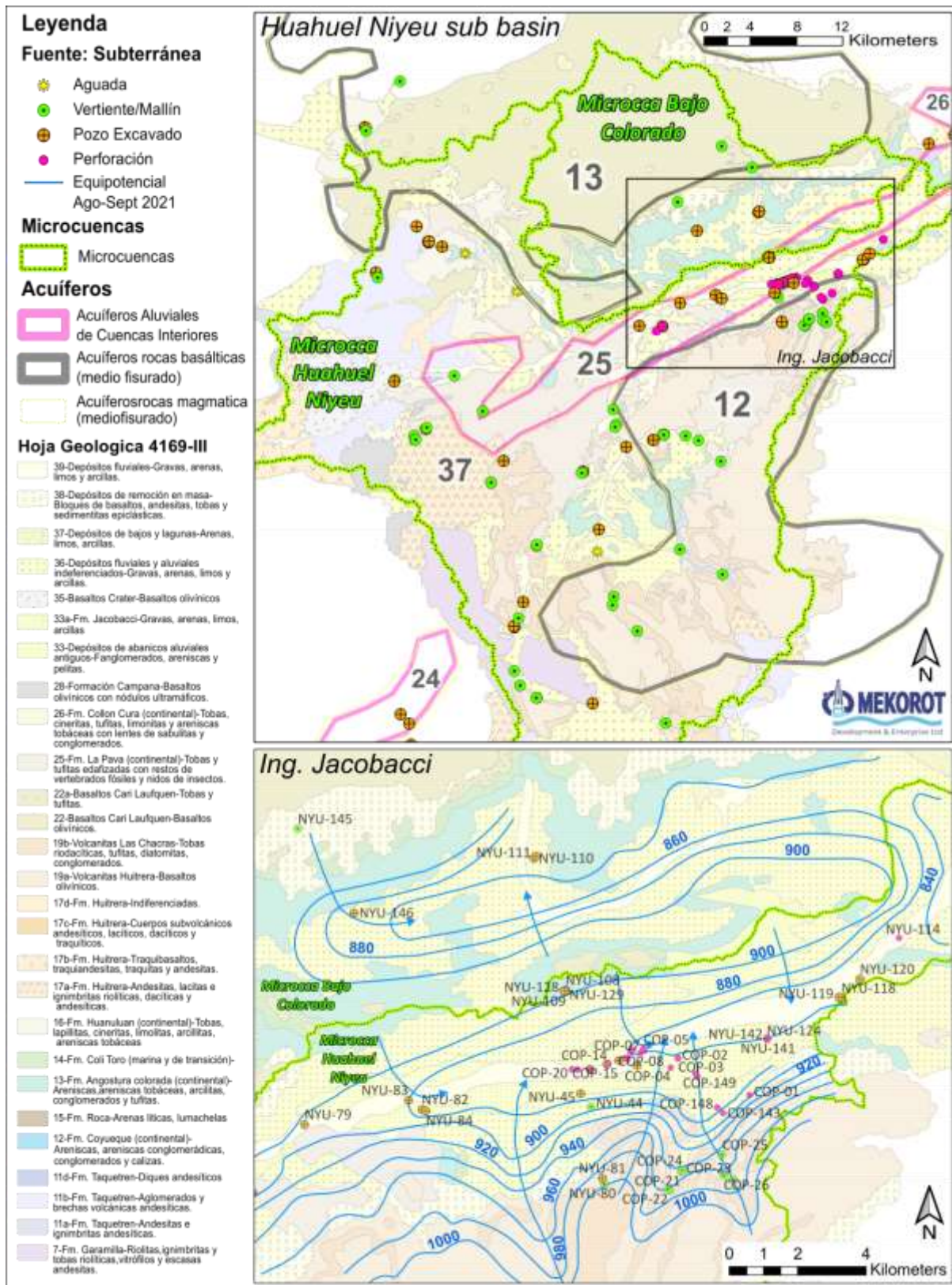
Según el estudio, la cooperativa de agua de la ciudad produce entre 0,35 y 0,4 hm³/año, procedente de 32 pozos y manantiales conectados al sistema de agua de la ciudad. Se desconoce la cantidad de agua producida por ranchos privados o descargada de manantiales naturales en la subcuenca. La ciudad ha conectado algunos manantiales que descargan del acuífero N°12 a su sistema de agua y, según se informa, están produciendo ~7 m³/h, lo que equivale a una salida anual de ~0,09 hm³ al año. Suponiendo un caudal promedio de 2 m³/h para los 43 manantiales y pozos de ese acuífero, el flujo anual estimado del acuífero 12 es ~0,75 hm³. El modelo calculó una recarga anual de 2,7-3,9 hm³ para el acuífero N°12. No existen mediciones de descarga para ninguno de los puntos de salida del acuífero N°13, y el estudio cubre solo una pequeña porción del acuífero. El modelo calculó una recarga anual de 9,7-13,5 hm³, no hay datos suficientes para evaluar las imprecisiones de estos resultados.

Como se puede ver claramente en la figura 11, los límites de los acuíferos no coinciden con las unidades geológicas en el mapa geológico de mayor resolución utilizado en el estudio de 2021, por lo que se necesita un mejor mapeo del acuífero para ajustar el modelo. Sin embargo, también podría haber una subestimación del acuífero, ya que el estudio de 2021 solo examinó el Huahuel. Microcuencas de Niyeu y Bajo Colorado que no cubren la totalidad de los acuíferos: los puntos de salida en la parte oriental del acuífero N°12 y la mayor parte del acuífero N°13 no están estudiados ni contabilizados (salidas que son visibles en imágenes satelitales).



El modelo calculó una recarga anual de 0,5-1 hm³ para el acuífero aluvial N°25. Al estar ubicado a medio camino río abajo y bombeando río arriba del pueblo, solo puede utilizar aproximadamente la mitad de esa cantidad. Lo cual podría ser menor de lo que está produciendo el corporativo de aguas. Creemos que el agua adicional proviene de la transferencia de agua lateral/subterránea desde las unidades de basalto a los depósitos continentales que se unen en los valles. Esto también se evidencia por la presencia de manantiales que brotan de las uniones al pie de las tierras altas de basalto, así como por el gradiente de agua subterránea presentado en el estudio.

Ejecutando el modelo para las microcuencas de Huahuel Niyeu y Bajo Colorado (utilizando los mismos datos de entrada utilizados para toda la provincia), la recarga anual se calculó en 5,6-8 hm³ y 1,6-2,4 hm³ respectivamente, y en total para toda la subcuenca 7,2-11,2 hm³ (lo que equivale a 0,8 -1,4% tasa de recarga). Se desconoce la cantidad de agua subterránea que eventualmente drenará al acuífero aluvial N°25 y lo repondrá. A juzgar por las observaciones en campo (niveles de agua en los pozos y tasa de producción) es poco probable que sea superior a 1 hm³. El resto del agua se absorbe en los depósitos fluviales y aluviales en las estribaciones de las tierras altas de basalto, y posiblemente en la unidad subyacente (el acuífero del sótano), o se evapora en arroyos y estanques (después de la descarga del acuífero). La capacidad de producción de los pozos en el lecho del río (lo que ellos denominan sistema 1) se ve obstaculizada por las propiedades litológicas del acuífero: ser de grano demasiado fino (limoso), lo que lo convierte en un acuífero de muy bajas características hidráulicas. Para aumentar la producción en el valle tendrán que cavar muchos más pozos en la unidad del lecho del río o explorar unidades hidráulicamente más conductoras en las terrazas superiores del río. Alternativamente, deberían intentar capturar más agua de manantial en lo alto de la unidad de basalto.





5. Acuíferos aluviales de las cuencas internas (púrpura)

La DPA cartografió 16 acuíferos aluviales. La recarga total de todos los acuíferos aluviales en conjunto es de 25,3 hm³. La cantidad de recarga está correlacionada con el tamaño de los acuíferos, ya que la mayoría de los acuíferos son similares en todas las demás propiedades (litología, topografía, régimen de lluvias y cobertura del suelo). Muchos de los acuíferos son muy pequeños y por ello el modelo calculó una recarga minúscula (menos de 1 hm³) en ellos. Sin embargo, estos pequeños acuíferos locales son el sustento de las pequeñas comunidades que dependen de su recarga. Para la mayoría de estos pequeños acuíferos no existen datos hidrológicos adicionales (estudios) lo que podría deberse a la falta de interés en esas zonas (despobladas). Los acuíferos aluviales cercanos a Comallo (acuífero 28), Los Menucos (acuífero N°29) e Ing. Jacobacci (acuífero N°25) se señaló que era de interés para el DPA y tenía estudios hidrológicos recientes. El acuífero aluvial del Ing. Jacobacci fue discutido en la sección anterior sobre el acuífero de basalto, ya que se relaciona con los acuíferos de basalto allí. Aquí se presenta una discusión elaborada sobre los acuíferos de Los Menucos y Comallo.

6. Comallo (acuífero N°28)

El acuífero N°28 es el acuífero aluvial del Río Comallo, que sigue el valle principal en la subcuenca de Comallo (figura 12). El corregimiento de Comallo, ubicado en el centro de la subcuenca, produce agua de dos acuíferos:

1. Acuífero aluvial freático superior, Marcado en el mapa de acuíferos (figura 1) como acuífero número N°28. El cual es también el cauce del Río Comallo.
2. Acuífero inferior confinado de la formación Collón Cura (edad Mioceno). La formación Collón Cura está expuesta a lo largo de las laderas del valle y cubierta en el fondo del valle principalmente por sedimentos continentales recientes.

El modelo calculó una recarga anual de 0,7-1,2 hm³ para todo el acuífero, lo que se traduce en una recarga de 1,3-2,4%. El municipio de Comallo, que se encuentra aproximadamente en el centro de la cuenca, probablemente podría utilizar hasta la mitad de esa cantidad. Una mirada en profundidad a la geología de la región muestra que el acuífero N°28 carece de resolución. El espesor real del acuífero aluvial es más estrecho que el mapeado y consta de más brazos, la ciudad está ubicada en el punto de confluencia de dos brazos. El modelo calculó que la recarga anual para el acuífero revisado de Comallo (en la línea roja discontinua en la figura 12) era de 0,18 a 0,34 hm³.

Las rocas expuestas de la formación Collón Cura cerca del municipio de Comallo son muy limitadas, sin embargo, cubren una vasta área en la parte suroeste de la cuenca superior (en la línea verde discontinua en la figura 12). En esa zona gran parte de la lluvia está recargando ese acuífero y no el acuífero aluvial. El modelo calculó una recarga anual de 5,9-11,4 hm³ para la cuenca superior. Suponiendo que un tercio de eso se destinará a reponer el acuífero de Collón Cura, significa que se recargarán anualmente entre 2 y 4 hm³ a ese acuífero. No es probable que esas aguas fluyan hacia el acuífero utilizado por la ciudad, ya que hay una falla importante con tendencia NO-SE que la atraviesa. Esta podría ser la razón de la caída continua del nivel estático del agua en ese acuífero (medido en los pozos profundos). Debido a la falta de otros pozos en la región para ese acuífero, se desconoce la dirección del flujo.

En un informe hidrológico de 2023, se inspeccionaron 24 pozos, la mayoría de los cuales ubicados en el brazo principal (oeste) del río Comallo, algunos pozos están ubicados en el brazo este y varios aguas abajo del pueblo, sólo 6 de ellos están abasteciendo de agua potable a los pueblos. Cinco pozos están



produciendo agua del acuífero aluvial occidental, con una capacidad total de producción de 10 m³/hora. Otro pozo está produciendo agua desde un pozo profundo hasta la formación Collón Cura en el centro del pueblo, a 12 m³/hora. Se informa que la demanda de agua de la ciudad excede la capacidad de producción de los pozos, lo que ha provocado escasez de agua durante las horas pico. Anualmente el pueblo produce ~0.09 hm³ del acuífero aluvial y ~0.1 hm³ del acuífero de la formación Collón Cura.

Como el acuífero de la formación Collon Cura, al norte de la falla (en el área de la ciudad) no parece reponerse al ritmo de producción y los niveles continúan bajando, podemos recomendar un par de posibles soluciones:

1. Si hay un excedente de agua en el río Comallo o en el acuífero freático durante el invierno, considerar la recarga gestionada del acuífero de esas aguas al acuífero Collón Cura, para ser utilizada posteriormente durante el verano.
2. Explora la formación Collon Cura al sur de la falla en la zona más alejada del pueblo.

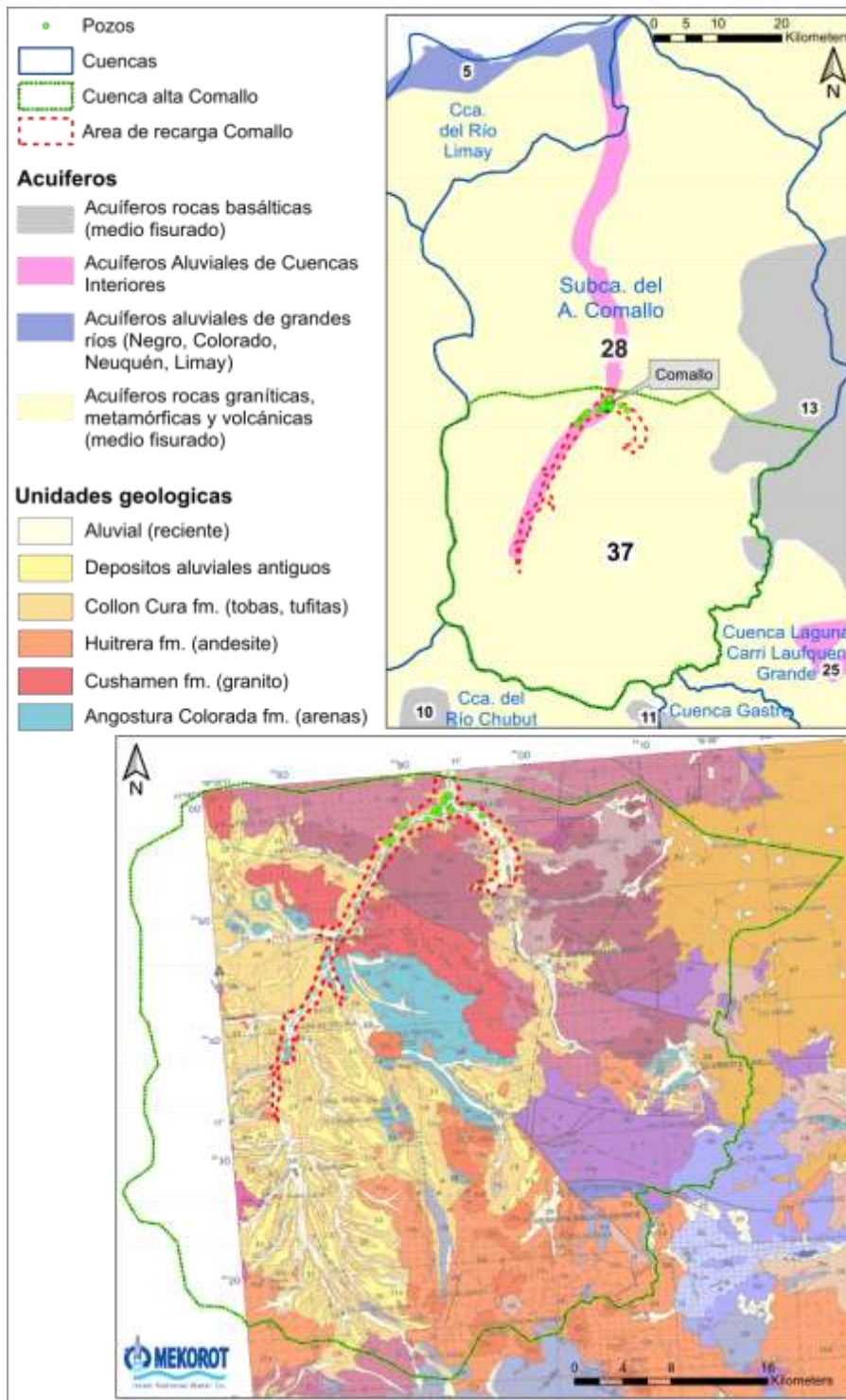


Figura 12: Mapas de la subcuenca de Comallo, que muestran los acuíferos mapeados, la extensión del acuífero aluvial que la ciudad de Comallo está explotando y la cuenca que drena hacia él, y las unidades geológicas.



7. Los Menucos

Los acuíferos aluviales en el área general del municipio de Los Menucos mapeados en el mapa general de acuíferos (figura 1) son los acuíferos número N°29 y N°30. En la Figura 13 se muestra un mapa geológico de resolución regional de la subcuenca de Los Menucos, con el contorno de la unidad aluvial que forma el acuífero aluvial del que la ciudad está produciendo agua, así como un pequeño mapa de la parte ampliada del mapa del acuífero de baja resolución que se muestra en la figura 1. Al ampliar el mapa del acuífero, podemos ver que el acuífero inicial, el mapeo de los acuíferos aluviales no es exacto, no está claro si los acuíferos N°29 o N°30 estaban destinados a representar el acuífero de Los Menucos, están desplazados y son más pequeños o si ese acuífero no fue mapeado en absoluto en el mapa de acuíferos a gran escala.

Los niveles de agua subterránea y la dirección del flujo (figura 13) muestran que el agua subterránea en esta cuenca está drenando al acuífero aluvial, por lo que se está recargando tanto por flujos superficiales como subterráneos. El modelo, utilizando los mismos datos de entrada del modelo (utilizando los datos de toda la provincia, sin considerar los datos de resolución regional), calculó la recarga anual para la microcuenca de Los Menucos (marcada en la línea verde/negra) entre 2,7 y 5,5 hm³, lo que equivale a 0,9 -1,7 %. Para el acuífero aluvial de Los Menucos (área dentro de la línea discontinua roja), el modelo calculó una recarga anual de 0,5-1 hm³, que es una tasa de infiltración de 1,5-3%. Según un estudio hidrológico de la microcuenca Los Menucos del año 2023, se estima que la recarga anual del acuífero será de 12,5 hm³, basándose en una estimación de precipitación de 200-250 mm/año y una tasa de infiltración plana del 5% para regiones áridas. El estudio también revisó análisis anteriores y estimó una recarga anual mínima de 5 hm³ en el acuífero aluvial. Además del supuesto de una tasa de infiltración plana, la estimación de precipitación anual es mucho más alta que el mapa de precipitación sembrado en el estudio, que también utilizamos en nuestro modelo, la lluvia promedio en el área es de 155 mm/año.

El agua para uso doméstico y para riego se produce en dos sistemas separados. Se desconoce la producción de agua para ambos. Se estima que para uso doméstico cada persona utiliza 200 litros/día, y el pueblo tiene aproximadamente 5.000 habitantes, lo que hace un total de 0,365 hm³ al año. Esto no considera ninguna pérdida de agua en el sistema y 200 litros/día es ligeramente bajo. Suponiendo que el uso del riego y de la industria coincida con el doméstico, el consumo total de agua no será superior a 1 hm³. Como máximo, la capacidad de producción de agua de la ciudad es de 1,4 hm³ (contando sólo los pozos con tasas de bombeo conocidas, sin considerar la caída del nivel del agua). Los niveles estáticos de agua en el pozo número 3 de ARSA han fluctuado entre 4 y 5 m (por debajo de la cabeza del pozo) entre 1997 y 2022, bombeando a 44 y 55 m³/hora. En 2023, el nivel estático del agua estaba a ~ 7 m de profundidad y se bombeaba a 35 m³/h. Esto podría sugerir que la recarga del acuífero no es tan alta como se estima o indicar un deterioro del pozo. Según todas las estimaciones, la recarga anual de los acuíferos es superior a la producción estimada y la perforación de nuevos pozos debería solucionar la escasez de agua. Sin embargo, es importante medir periódicamente los niveles estáticos de agua para monitorear los pozos y el estado del acuífero.

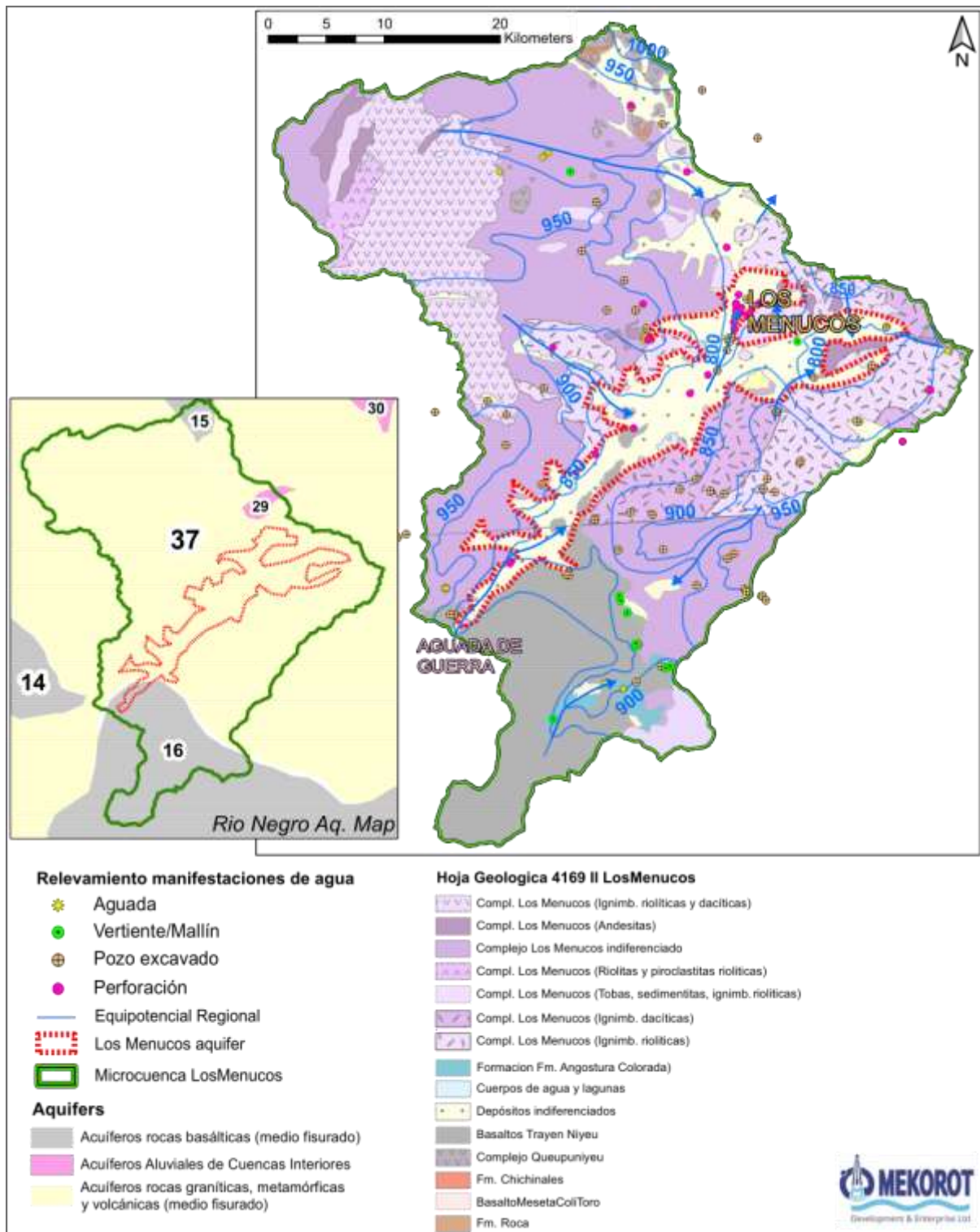


Figura 13: Mapas de la microcuenca de Los Menucos, que muestra las uniones geológicas de los niveles de agua subterránea y la dirección del flujo, el acuífero aluvial de Los Menucos y el mapa del acuífero de baja resolución de Río Negro en esta región.



8. Acuífero de sedimentos cretáceos - Grupo Neuquén (rojo)

El acuífero de sedimentos del Cretácico es vasto y se extiende por varios departamentos, pero principalmente en General Roca, El Cuy y Avellaneda. El Grupo Neuquén está conformado geológicamente por 3 Subgrupos: Río Limay, Río Neuquén y Río Colorado. Sin embargo, la mayoría de las rocas de esta unidad no están expuestas en la superficie, sino cubiertas por unidades aluviales y fluviales más jóvenes, lo que hace que el acuífero sea semiconfinado. Suponiendo que las unidades estén conectadas hidrológicamente, la transferencia de agua desde el acuífero superior local está reponiendo el acuífero cretácico regional.

Se mapean dos acuíferos del Cretácico (figura 1): el acuífero N° 7, que está al norte del Río Negro, y el acuífero N° 8, que está al sur del Río Negro. La unidad acuífera regional (fm. Río Negro) informó estar a 200-400 m de profundidad en las partes más elevadas del departamento de Gral. Roca (en el altiplano) y a menos de 100 m en los llanos, más cerca de los grandes ríos (informe Gral. Roca, 2008). Al sur del Río Negro, acuífero N°8, se informa que la unidad del acuífero regional se encuentra a ~40-50 m de profundidad (informe El Cuy, 2015; informe Bajo Santa Rosa, 2015). En la parte occidental, no está claro si el acuífero de Río Negro (acuífero N°5) que atraviesa el acuífero del Cretácico los está dividiendo hidrológicamente en dos unidades separadas, o si el acuífero regional es lo suficientemente profundo y grueso como para permanecer hidrológicamente conectado debajo del acuífero del Río Negro. La dirección del flujo de agua subterránea fue mapeada en dos informes hidrológicos de la región (informe Gral. Roca, 2008; informe Curaco Dos Hermanos, 2015; informe Bajo Santa Rosa, 2015). Ambos lados del Río Negro muestran una tendencia de dirección del flujo de suroeste a noreste (figura 14). Probablemente esto se deba a la dirección de buzamiento estructural general del grupo Neuquén. Según los mapas, el nivel del agua en el acuífero debajo del Río Negro debería estar a una altura de ~250-300 m. La superficie del Río Negro se encuentra a una altura de 250 a 200 m. Lo que significa que lo más probable es que el río atraviese la unidad acuífera del Cretácico y los separe hidrológicamente. Esto se puede afirmar mejor utilizando métodos hidroquímicos, examinando los tres acuíferos y la composición del agua del río, y probando las proporciones de mezcla. En la parte oriental del acuífero N°8, a lo largo del límite con el acuífero N°20, la topografía corta el acuífero y el agua termina en los salares.

El modelo calculó una recarga anual total de 367-444 hm³ (tasa de recarga del 10,5-12,7%) en el acuífero N°7, y de 165-220 hm³ (tasa de recarga del 4,1-5,5%) en el acuífero N° 8. Se desconoce la fracción de agua que se transfiere desde los acuíferos freáticos superiores a los regionales inferiores, pero se supone que es la mayor parte, ya que el acuífero está clasificado como Semiconfinado.

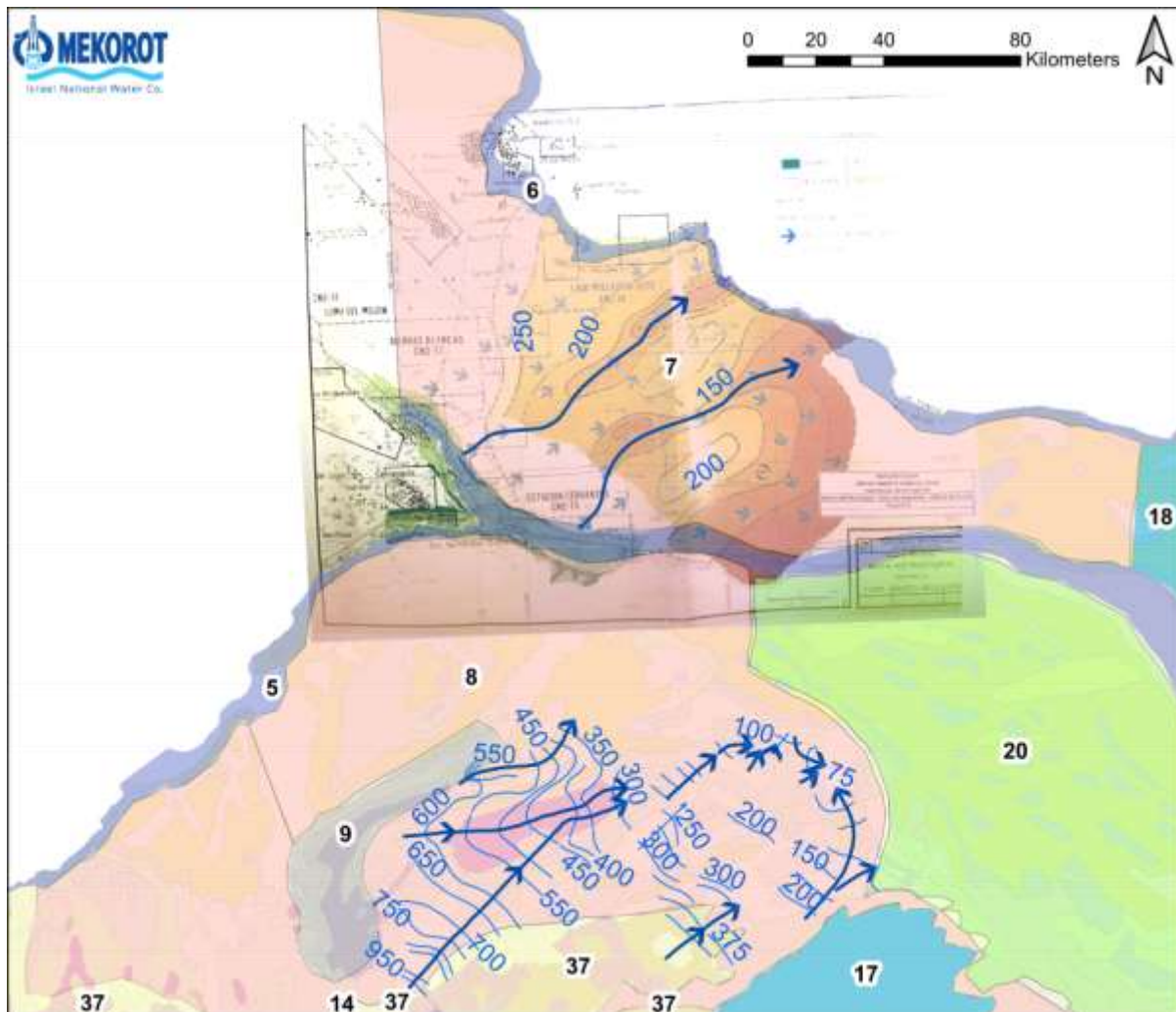


Figura 14: Mapa estructural de la cima del grupo Neuquén en el departamento de General Roca, nivel freático en el departamento de El Cuy y dirección del flujo de agua subterránea en ambos.

9. Acuífero de sedimentos terciarios - Río Negro fm. (azul)

Se mapean tres acuíferos de sedimentos terciarios en la provincia: el acuífero N°17, que cubre la parte sureste del acuífero N°8, y los acuíferos N°18 y N°19 que se encuentran en el lado este de la provincia. De manera similar a los acuíferos del Cretácico, el acuífero del Río Negro (N°5) también atraviesa la unidad terciaria dividiéndola en dos acuíferos: N°18, N°19. No se encontraron estudios sobre estos acuíferos que puedan indicar los niveles del agua y la dirección del flujo, por lo que es imposible determinar si los acuíferos N°18 y N°19 están conectados hidrológicamente.

El modelo calculó que la recarga anual sería: 54-64 hm³ (tasa de recarga de 9,1-10,7%) en el acuífero N°17, 1680-2028 hm³ (19-22,9%) en el acuífero N°18 y 798-961 hm³ (17,6-21,2%) en el acuífero N°19. Las grandes diferencias en las tasas de recarga se deben principalmente a la diferencia en la precipitación: en el acuífero N°17 la precipitación media anual es de 204 mm/año, en comparación con 352 y 392 en los acuíferos N°18 y N°19, respectivamente. El umbral para hiperárido es de 250 mm/año, lo que genera una diferencia significativa en el índice del parámetro de recarga potencial.



10. Acuífero de sedimentos mixtos - Patagonia y Río Negro fm. (verde)

Un acuífero, el acuífero N°20, está clasificado como una mezcla de sedimentos de formaciones de Río Negro y Patagonia. De manera similar a los acuíferos del Cretácico (N°7, N°8), este acuífero es el acuífero inferior regional (a 50-100 m de profundidad), y la unidad geológica que lo compone no está expuesta en la superficie. Entonces, en este caso el acuífero se clasifica como confinado (no semiconfinado), por lo que la recarga del acuífero se realiza mediante flujo lateral desde acuíferos adyacentes. La recarga anual calculada en esta zona representa la recarga de los acuíferos locales superiores, asumiendo conexiones hidráulicas entre ellos.

El modelo calculó una recarga anual de 708 hm³ (tasa de recarga del 13,2-16,1%) en el área. Esto se debe a la alta permeabilidad de la capa superior que cubre la superficie (principalmente arena) y a la gran superficie. La mayor parte de esta agua probablemente se descarga en salares y parte podría fluir a los acuíferos vecinos. También es posible que parte del agua se transfiera verticalmente al acuífero regional más profundo (N°20), pero no lo suficiente como para contabilizarla.

11. Gran acuífero fluvial (azul oscuro)

En el mapa de acuíferos se mapean dos grandes acuíferos fluviales: el acuífero Ríos Negro- Limay - Neuquén (N°5) y el acuífero Río Colorado (N°6). En ambos acuíferos, el principal aporte de recarga es el agua de los ríos (incluidos los canales de riego que utilizan agua de los ríos), en lugar de la lluvia directa. Los niveles de agua subterránea se correlacionan más con cambios en el flujo del río que con cambios en las lluvias. El agua en el acuífero de Río Negro (N°5) es de baja salinidad (menos de 1000 mg/litro TDS), lo que indica el fuerte componente de entrada del agua del río y una menor entrada de agua transferida desde los acuíferos adyacentes (los acuíferos de sótano o sedimentarios). Se informa que el agua del acuífero del Río Colorado tiene una salinidad y TDS mucho más altos (de 1.000 a 25.000 mg/l de TDS). La alta salinidad del acuífero subterráneo ubicado en el aluvión del valle del río Colorado se debe a varias razones: la infiltración del propio río, que ya presenta valores de salinidad que varían de 800 a 1200 mg/l, el intercambio iónico con materiales sedimentarios del valle y finalmente la descarga a campos o pozas de aguas de purga, con alta salinidad, originadas como efluentes de las actividades petroleras realizadas hasta mediados de la década de 1990 (Referencia: DPA)

El aporte de lluvia a la recarga de los acuíferos calculado por el modelo es: 256-321 (tasa de recarga de 10,6-13,3%) en el acuífero de Río Negro (incluyendo los tramos de Río Limay y Neuquén), y 69-84 hm³ (10,9-13,3 %) en el acuífero del Río Colorado. Se supone que la recarga total es mucho mayor, pero es necesario evaluarla utilizando modelos de aguas superficiales.

12. Acuífero de sedimentos del Triásico de los Andes (naranja)

El acuífero N°4 es el acuífero regional más profundo (220 m de profundidad) en las estribaciones de las montañas orientales de los Andes. Según mapas geológicos a escala regional que están compuestos por sedimentos terciarios, muchos de ellos de buenas propiedades hidráulicas (arenas y conglomerados). Sin embargo, en el mapa geológico a escala provincial utilizado por el modelo, las rocas expuestas en la superficie se clasifican como rocas ígneas de arco magmático y rocas metamórficas (de bajas propiedades hidráulicas). Es decir, la recarga calculada para este acuífero podría ser hasta un orden de magnitud menor. Aunque el modelo calcula la recarga a los acuíferos locales superiores y se desconoce la transferencia al acuífero regional, el volumen inicial de agua que calculamos sería demasiado bajo. El modelo calculó una recarga de 29-50 hm³ (1,9-3,3% de recarga).



Si es necesario, esta estimación incorrecta se puede rectificar siempre que se entregue un archivo de forma digitalizado (GIS) para volver a ejecutar el modelo.

13. Acuífero de depósitos glaciares (azul claro)

Los acuíferos 1-3 están ubicados en los valles profundos de los Andes, capturando la abundante lluvia de la región así como el agua que corre de las montañas. No se sabe mucho sobre este acuífero ya que sus aguas subterráneas no se explotan, sino que se bombea agua de los ríos y arroyos que también prevalecen en esos valles. El modelo calculó que la recarga anual de los acuíferos sería: 40-58 hm³ (tasa de recarga de 8,6-12,7%) en el acuífero N°1, 5,7-8,5 hm³ (6,8-10,1%) en el acuífero N°2 y 35-48 hm³ (15 -20,9% tasa de recarga) en el acuífero N°3.

14. Resumen de resultados

Las evaluaciones de recarga de agua basadas en la medición continua de los niveles de agua, las precipitaciones y los caudales son siempre más precisas y fiables. Sin embargo, cuando no hay mediciones o solo son parciales, el modelo de recarga es una herramienta útil para estimaciones de primer orden. Los volúmenes mínimos de recarga calculados por el modelo parecen ser más realistas en la mayor parte de la provincia y se ajustan mejor a algunas de las regiones para las que se podrían hacer algunas estimaciones. La precisión del modelo puede mejorar si se mejora la resolución de los datos de entrada, especialmente los datos de precipitación y los mapas geológicos regionales digitalizados. Se analizó detalladamente las zonas aisladas del sur provincial, para la cual se indican recomendaciones específicas. En general, el estrés hídrico en esas áreas se puede superar con más exploración y una mejor infraestructura de suministro de agua.



4. MODELO

El modelo incorpora 4 parámetros: recarga potencial (PR), pendiente de las pendientes (S), cobertura del suelo (C) y litología del acuífero (L). Para los parámetros S, C, existe una tabla de índice que reclasifica los valores del parámetro en 2 nuevos valores: un mínimo y un máximo, cada uno de los cuales varía de 0 a 1. El parámetro de recarga potencial (PR) se calcula a partir de la precipitación media anual, según tramos de aridez y se mantiene en unidades mm/año. Las tasas de infiltración dentro de cada parámetro se estimaron inicialmente con base en cifras de la literatura, nuestra experiencia y conocimientos geohidrológicos, y luego se calibraron con base en los cálculos de recarga medidos por Israel.

La recarga potencial (PR): es el parámetro más sensible del modelo. Para este estudio se deriva de los datos de precipitación media anual presentados en el estudio hidrogeológico “Los Menucos”, dicho estudio se basa en datos del INTA y mediciones locales recientes. La base de datos del INTA incorpora varios tipos de conjuntos de datos de diferentes períodos, mediciones de estaciones hidrométricas de Argentina y países vecinos (para los períodos 1921-1950, 1991-2000) así como datos satelitales de menor resolución (para el período 1970-2000). Las mediciones locales recientes son de estaciones meteorológicas locales del sur de la provincia (Los Menucos, Ing. Jacobacci y Maquinchao) para el período 1980-2022. En el modelo de recarga, la precipitación media anual se divide en tramos que representan los diferentes tipos de climas (desde hiperárido a tropical), y para cada tramo se asigna un coeficiente de recarga máximo, por ejemplo, en áreas donde la precipitación anual está entre 0-250 mm/año, la recarga potencial es de hasta el 25% de la lluvia, lo que significa que para ese tramo la ecuación lineal de conversión de precipitación a recarga potencial es 0,25 veces P (ver índice PR en el cuadro 3). El modelo alcanza un máximo de recarga de 1.500 mm/año, lo que significa que en áreas con 3.000 mm/año de lluvia la recarga potencial sigue siendo de 1.500. Esto se basa en el supuesto de que por encima de 1.500 mm/año el agua ya no puede ser absorbida por el terreno, basado en datos estadísticos presentados en Moeck et al., 2020, que muestran un gran conjunto de datos de tasas de recarga en todo el mundo.

Tabla 4: Índice de conversión de precipitación a recarga potencial.

precipitación anual [mm/año*m ²]	Coefficiente	Ecuación de conversión
0-250	0,25	0,25*P
250-400	0,45	0,45*P
400-500	0,75	0,75*P
500-700	0,85	0,85*P
700-1500	1	PAG
1500 +	-	1500



Cobertura terrestre (C): la capa se obtiene de la base de datos de cobertura terrestre de ESRI en una resolución de 10x10m. La cobertura del suelo se infiere a partir del análisis de imágenes satelitales (espectro visible) que diferencian los tipos de coberturas en función de su color y textura en las diferentes estaciones del año. La capa tiene 8 categorías de cobertura terrestre: agua, árboles, inundada, cultivos, construida, desnuda (rocas, sin cobertura), hielo y pastizales (suelo natural y vegetación/pastos). A cada tipo de cobertura terrestre se le asignaron valores mínimos y máximos de fracción de infiltración, como se detalla en el índice de infiltración de cobertura terrestre (tabla 4).

Tabla 4: Índice de infiltración de cobertura terrestre.

Tipo de cubierta	máx.	mín.
Agua	0	0
Árboles	0,45	0,4
Inundado	0	0
Cultivos	0,25	0,2
Construido	0,65	0,6
Desnudo	0,7	0,65
Hielo	0	0
Rango	0,85	0,8

Inclinación de la pendiente: se calcula a partir de datos del modelo de elevación digital (DEM), obtenidos de la base de datos del USGS con una resolución de 30x30 m. Las pendientes se dividen en paréntesis y se les asigna una fracción de infiltración mínima y máxima como se detalla en el índice de infiltración de pendientes en la tabla 5. Tenga en cuenta que el factor de infiltración es mayor que 1 en áreas donde se estanca la escorrentía local (no ríos, sino arroyos de bajo caudal). donde la pendiente es de 0 grados. Contabilización de la transferencia de agua desde las pendientes más pronunciadas que se infiltran en la parte inferior de la pendiente.

Tabla 5: índice de infiltración de pendiente.

Pendiente [grados]	máx.	mín.
0	1.1	1.05
0-2	1	0,98
3-4	0,95	0,92
4-6	0,9	0,85
6-8	0,85	0,8
8-10	0,75	0,7
10-12	0,7	0,55
12-14	0,55	0,45
14-17	0,4	0.3
17-20	0,2	15

Pendiente [grados]	máx.	mín.
20-25	0,15	0.1
25-35	0.1	0,05
35-45	0,05	0,02
45+	0,01	0

Litología (L): los mapas se obtuvieron del conjunto de datos de mapas geológicos de SEGMAR. La descripción de las unidades geológicas es muy detallada e incorpora tanto la composición litológica como el entorno geológico de las unidades, lo que facilita la evaluación de las propiedades hidrológicas de las unidades. Para cada unidad, con base en la descripción, se asignó un factor de recarga mínimo y máximo. Por ejemplo, el basalto une un factor de recarga que oscila entre 0,2 y 0,25. El índice del factor litología es muy general, en realidad la mayoría de las unidades geológicas no son homogéneas y por lo tanto se aplica cierta discreción a la hora de asignar el rango de posibles factores de infiltración. Es por ello por lo que una descripción detallada de las unidades es crucial para un ajuste adecuado de la fracción de infiltración para cada unidad geológica cartografiada. El índice de infiltración de litología general se detalla en la tabla 6.

Tabla 6: Índice de infiltración de litología general.

Unidad geohidrológica	Tipo	litología	mín.	máx.
Acuífero	Poroso	Playa	0,9	0,95
		Arenisca calcárea	0,88	0,93
		Suelos arenosos	0,75	0,8
		Conglomerados	0,65	0,7
		Coluvio (sedimentos gruesos no consolidados)	0,6	0,65
	carrito	caliza	0,85	0,9
		Piedra caliza mixta/dolomía/tiza	0,8	0,85
	Fracturado (muy)	Piedra caliza / dolomía / tiza	0,65	0,7
		Basalto	0,2	0,25
		Granito / plutónico	0,05	0,15
Acuitardo	Fracturado (ligeramente)	Piedra caliza / dolomía	0,5	0,6
		Caliza calcárea / caliza margosa	0.3	0,4
		Esquisto	0,15	0,2
		Tiza	0.1	0,15
	Poroso (no fracturado)	Aluvión (sedimentos finos no consolidados)	0.3	0,4



Unidad geohidrológica	Tipo	litología	mín.	máx.
		Travertino / Tobas	0,5	0,6
		Cal margosa/dolomía	0.1	0,15
Acuícludo	Sedimentarias y evaporitas	Marga	0,03	0,07
		Arcilla	0	0,01
		Sal	0	0,01
		Yeso	0	0
	Magmático y metamórfico (no fracturado)	Esquisto	0	0,05
		Pizarra	0	0
	Gneis	0,05	0.1	

La recarga se calcula para cada celda (100x100 m píxel) del mapa multiplicando todos los factores (ecuación 1). Donde PR está en unidades de mm/año y todos los demás factores no tienen unidades, lo que da como resultado una producción de mm/año (por m²) para un área de 1 hectárea. Multiplicar los valores de recarga modelados por el área de los acuíferos con las conversiones unitarias necesarias (de mm/m² a m³) produce la recarga total de ese acuífero en millones de metros cúbicos (hm³).

$$\text{Ec. 1} \quad \text{Recharge} = PR \times S \times C \times L$$

5. REFERENCIAS

- Auge, M., Gebhard, J., Muntz, D., 2015. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA REGIÓN SUR DE LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO CON ÉNFASIS EN ACUÍFEROS FISURADOS ETAPA III - ÁREA CURACÓ DOS HERMANOS . Área 4. CFI-ARSE.
- Auge, M., Gebhard, J., Muntz, D., 2015. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA REGIÓN SUR DE LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO CON ÉNFASIS EN ACUÍFEROS FISURADOS ETAPA III - ÁREA BAJO SANTA ROSA . Área 5. CFI-ARSE.
- GEOAUSTRAL, 2023. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA LOCALIDAD DE COMALLO.
- GIACOSA, R. y N. HEREDIA C., 2002. Hoja Geológica 4172-IV, San Carlos de Bariloche. Provincias de Río Negro y Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 279, 77 p. Buenos Aires.
- Hidroar SA, 2023. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA LOCALIDAD DE LOS MENUCCOS, informe HSA-H1-CFILM-INF-010-01.
- Hidroar SA, 2021. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO HUAHUEL NIYEU, Etapa I. informe HSA-H1-CFINN-INF-006-01.
- Cravero, SAC, Bianchi, CL, Elena, HJ y Bianchi, AR, 2017. *Clima de Argentina. Mapas digitales mensuales de precipitación y precipitación menos evapotranspiración potencial. Adenda del "Atlas climático digital de la República Argentina"* . Ediciones INTA.
- Moeck, C., Grech-Cumbo, N., Podgorski, J., Bretzler, A., Gurdak, JJ, Berg, M. y Schirmer, M., 2020. Un conjunto de datos a escala global de tasas de recarga natural directa de aguas subterráneas: Una revisión de variables, procesos y relaciones. *Ciencia del medio ambiente total* , 717 , p.137042.



Muñoz, DR, Villas, DB, Arnedo, MTE, Negrell , MAG, Monreal, NLR, León, J., Romero, MEN, Pardini, G. y Muela, MPS, 2017. Analizando el efecto del uso del suelo y la cubierta vegetal en Infiltración del suelo en tres ambientes contrastantes del noreste de España. *cuadernos de investigacion geográfica : Cartas de Investigación Geográfica* , (43), pp.141-169.

Owuor, SO, Butterbach -Bahl, K., Guzha, AC et al. Tasas de recarga de aguas subterráneas y respuesta de la escorrentía superficial a los cambios en el uso y la cobertura del suelo en ambientes semiáridos. *ecológico Proceso* , 5, 16 (2016).

Sisul , A., Oliveres, G., GENERALIDADES HIDROGEOLOGICAS DE LA MESETA DE SOMUNCURA, Informe DPA . Río Negro.

Departamento Provincial de Agua, 2008. ASPECTOS HIDROGEOLOGICOS - DEPARTAMENTO GENERAL ROCA.



. Sección 3: Los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos Provincia de Río Negr

1. ABSTRACTO	80
2. METODOLOGÍA.....	80
3. RESULTADOS.....	82
3.1 CONDICIONES HIDROLÓGICAS Y DE RECURSOS HÍDRICOS ACTUALES EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO	82
3.2 TENDENCIAS HIDROCLIMÁTICAS FUTURAS: TEMPERATURA Y EVAPORACIÓN.....	85
3.3 AGUA DISPONIBLE FUTURA EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO	96
4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	101
5. REFERENCIAS.....	102
ANEXOS DE SECCION 2	103
ANEXO I.....	103
ANEXO II.....	110



1. ABSTRACTO

El propósito de este estudio es analizar y cuantificar las condiciones climáticas e hidrológicas actuales y futuras de la provincia de Río Negro y como resultado, la disponibilidad de recursos hídricos con respecto al cambio climático.

Este estudio documenta los cambios proyectados en varios componentes del ciclo hidrológico como precipitación, evaporación y caudal, y evalúa el agua disponible actual y futura en la provincia. En este estudio se aplicó un novedoso enfoque de conjunto regional para evaluar y cuantificar los impactos potenciales del cambio climático en el ciclo hidrológico y los recursos hídricos tanto en el área de la Cordillera de los Andes como así también en las zonas bajas de la parte oriental de Río Negro.

Los resultados muestran una clara tendencia de calentamiento y sequedad en la provincia de Río Negro y en las zonas altas de la cordillera de los Andes que desembocan en la provincia. El modelo muestra una fuerte señal de reducción en las precipitaciones invernales en la cordillera, desde esta área se producen los escurrimientos hacia las zonas áridas y semiáridas de la provincia.

La disminución de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas conducirán a una menor acumulación de nieve en los Andes y, como resultado, a menores caudales fluviales en los dos ríos principales de la provincia: Río Colorado y Río Negro. Al mismo tiempo, las zonas agrícolas de la provincia enfrentarán una mayor evaporación y menores valores de humedad del suelo. El aumento del índice de sequía provocará condiciones de sequía más prolongadas e intensas. Los hallazgos de este estudio concuerdan con estudios recientes similares en la región.

La agricultura en esta región depende en gran medida de los recursos hídricos y también es sensible a los extremos climáticos, como las crecientes olas de calor. En base a los resultados del presente estudio y de los aumentos esperados en las demandas de agua para los distintos usos, queda claro la importancia de mejorar las estrategias de mitigación para hacer frente a las condiciones de sequía actuales y futuras.

2. METODOLOGÍA

El propósito de este estudio es cuantificar las condiciones climáticas e hidrológicas futuras en la cuenca del Río Negro y calcular la disponibilidad futura de agua en la provincia para evaluar los impactos proyectados del cambio climático en los recursos hídricos de la provincia. Para ello, se analizaron datos de salida de un conjunto de modelos climáticos e hidrológicos globales y regionales para una línea base (2000-2020), así como para mediados y finales del siglo XXI. El análisis de datos incluyó proyecciones y tendencias climáticas de diversas variables que afectan el ciclo hidrológico y la disponibilidad de agua de la provincia como precipitación, temperatura, evapotranspiración, humedad del suelo, escorrentía y caudales de agua en el Río Negro y sus principales fuentes: el Limay y el Ríos Neuquén.

En el Anexo I se describe la metodología aplicada para el cálculo de las proyecciones de Agua Disponible.

En este estudio se eligió el escenario IPCC RCP8.5 (emisiones de gases de efecto invernadero comparativamente altas) para futuros análisis de variables climáticas. Esta elección se base en que las condiciones atmosféricas contempladas en el escenario IPCC RCP 8.5 son las que mejor representan



las condiciones atmosféricas globales en la actualidad. Se utilizó un conjunto de 18 modelos climáticos para reducir las incertidumbres relacionadas con los modelos y poder considerar diversas posibilidades climáticas.

Se analizaron las tendencias hidroclimáticas futuras versus los resultados históricos de referencia (2020-2040 y 2040-2070 respecto a los períodos 1970-2000 y 2000-2020). Posteriormente, se calculó el cambio relativo entre los períodos futuros y el período de referencia para cada variable para el período futuro con respecto a la línea de bajo (anomalías). La resolución de la cuadrícula espacial de los modelos climáticos fue de 20 km².

Las variables hidroclimáticas que se analizaron en el estudio fueron:

- Temperaturas (Temperaturas medias anuales, Mínimas y Máximas)
- Evaporación potencial anual
- Cantidades de precipitación anual y desviación estándar de precipitación
- El índice de sequía (SPEI) para diferentes escenarios climáticos
- Nevadas acumuladas en la vertiente oriental de los Andes
- Volúmenes de caudal mensuales y anuales (agua disponible)

Los modelos climáticos utilizados en el estudio fueron proporcionados por el grupo de trabajo " HighResMip ", que forma parte del proyecto IPCC CMIP6 (la lista de los cinco modelos climáticos de mayor resolución utilizados en el estudio se presenta en la tabla 1).

Además de los parámetros de los modelos climáticos, en este estudio se seleccionaron indicadores de sequía cuantitativos y mensurables para analizar las condiciones hidro y agroclimáticas futuras en la provincia. Tales indicadores/índices que contienen series temporales de largo plazo pueden mostrar tendencias y permitir analizar el clima futuro esperado con respecto a sus promedios de largo plazo (período de referencia). Para cuantificar los cambios en los patrones de precipitación y no solo las cantidades totales anuales, también se analizaron las tendencias de las desviaciones estándar diarias y anuales.

Tabla 1: Modelos climáticos globales y regionales que se utilizaron en el estudio.

Modelo global nombre	Nombre del modelo regional	Fuente de datos del modelo
EC-TIERRA	KNMI-RACMO22E	Servicio meteorológico de los Países Bajos
EC-TIERRA	SMHI-RCA4	Servicio meteorológico de Suecia
HadGEM2-ES	SMHI-RCA4	Servicio meteorológico de Suecia
CM5A	IPSL-WRF33	Centro Nacional de Ciencias Atmosféricas de los EE. UU.
MPI-ESM-LR	CSC-REM	Instituto Max Planck, Alemania



3. RESULTADOS

3.1 CONDICIONES HIDROLÓGICAS Y DE RECURSOS HÍDRICOS ACTUALES EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO

Los principales ríos de la provincia de Río Negro que proporcionan la mayor parte del agua a la provincia son el Río Negro, sus dos afluentes y el Río Colorado. Todos los ríos de la provincia muestran una tendencia decreciente durante los últimos 20 años (2000-2023) respecto a los periodos 1980-2000. La Tabla 2 muestra los volúmenes promedio anuales de los ríos y las diferencias (%) entre los dos periodos. Se puede observar que la disminución oscila entre 10 a 25% durante los últimos 20 años. Las Figuras 5 a 9 muestran las tendencias anuales del caudal de cada río durante los periodos 1980-2023.

Tabla 2: La variación del volumen de agua en los principales ríos de la provincia de Río Negro en (hm^3).

Año	Río Colorado en "Casa de Piedra"	Río Colorado en "Buta Ranquil"	Río Negro en Est. "Allen"	Río Limay en "Arroyito"	Río Neuquén en "El Chañar"
1980-2000	5.670	6.040	28.200	17.900	10.300
2000-2023	4.110	4.270	25.700	16.600	9.100
% de reducción	17,4%	19,4%	8,9%	7,1%	11,8%

Figura 5: Volumen anual en el Río Colorado en Casa de Piedra.

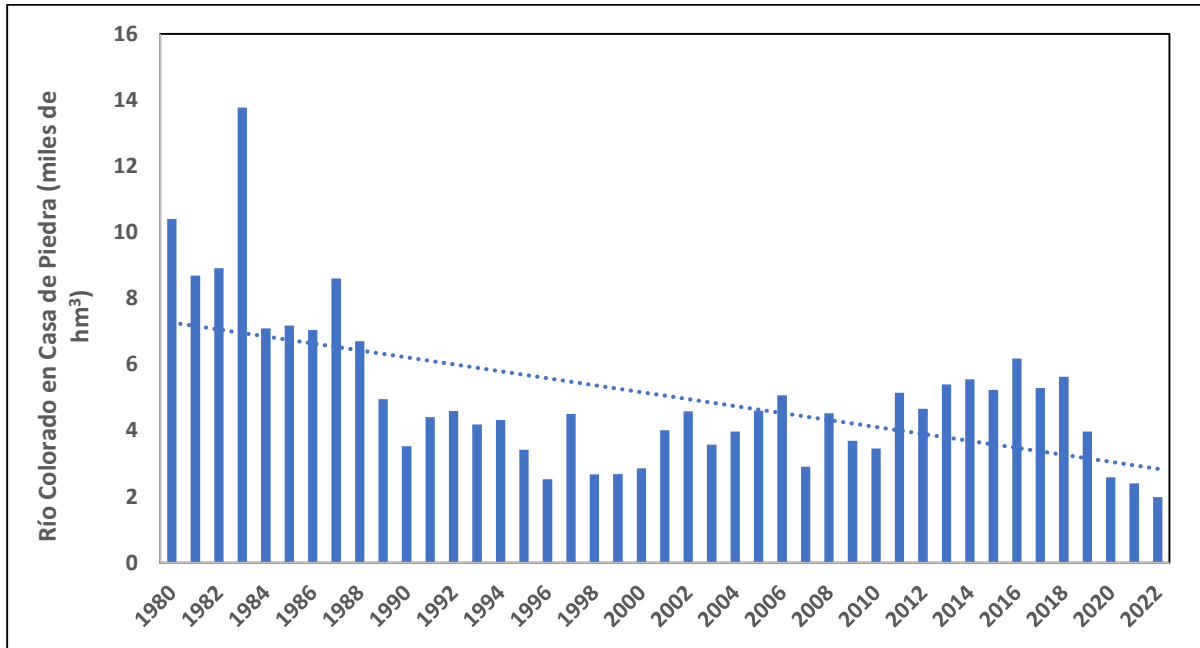


Figura 6: Volumen anual en Río Negro en estación "Allen".

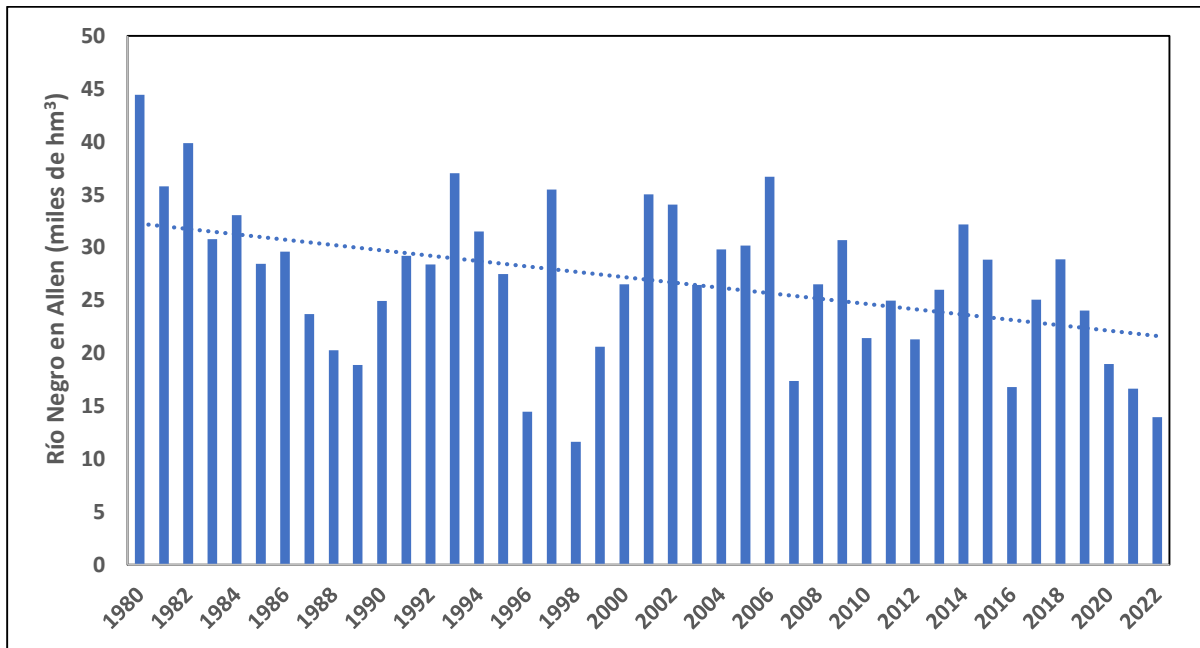


Figura 7: Volumen anual en el río Limay en "Arroyito"

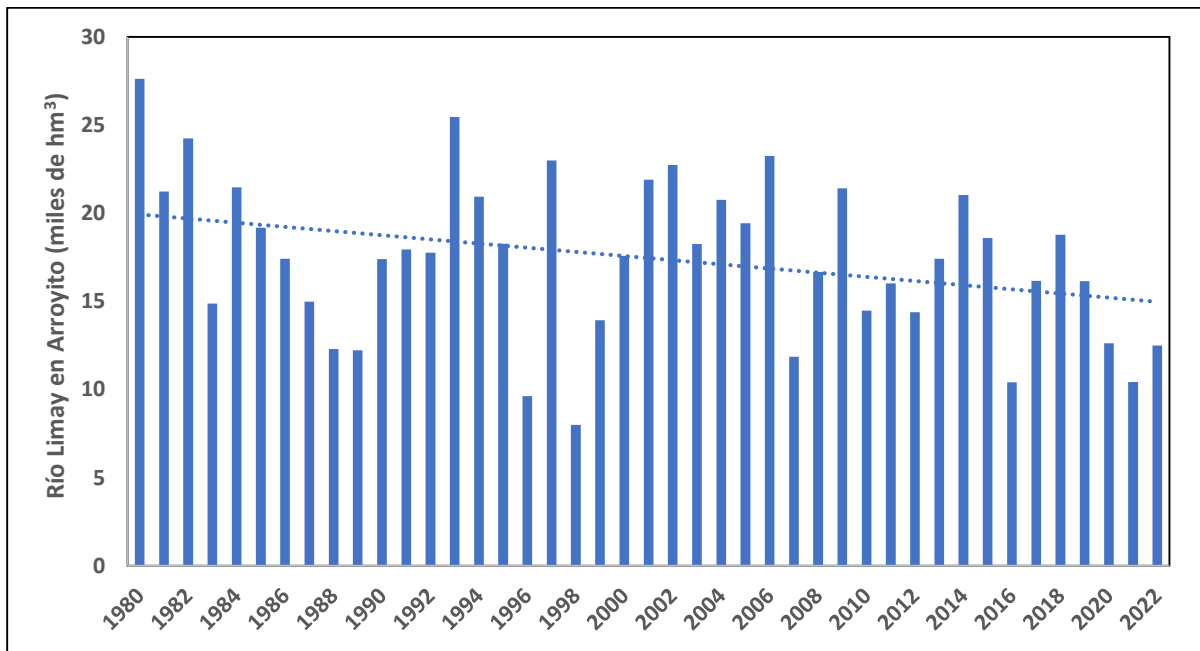


Figura 8: Volumen anual en el Río Neuquén en “El Chañar”.

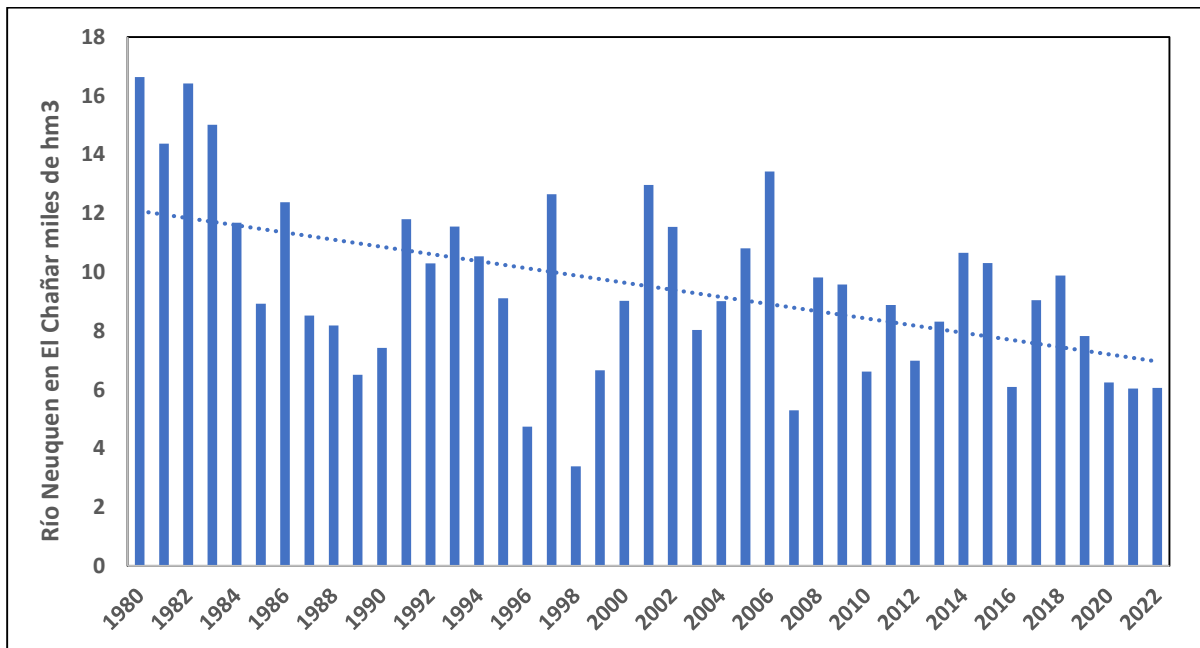
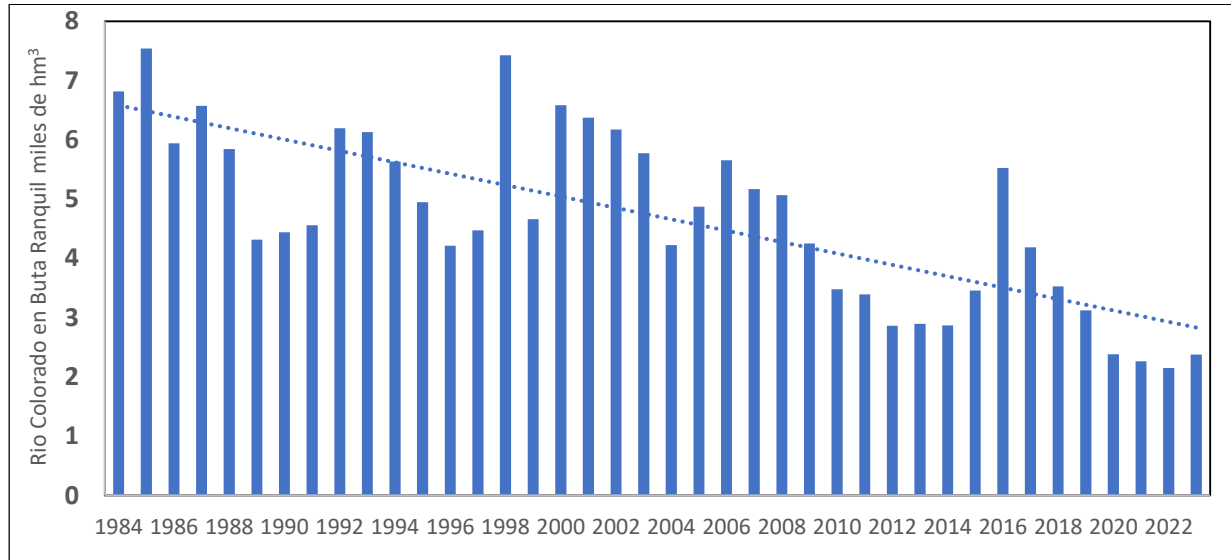


Figura 9: Volumen anual en el Río Colorado en Buta Ranquil.



3.2 TENDENCIAS HIDROCLIMÁTICAS FUTURAS: TEMPERATURA Y EVAPORACIÓN

La Figura 10 muestra los cambios en las temperaturas medias anuales (figura 10 y 11) y las temperaturas máximas (figura 12) en las partes altas de la Provincia de Río Negro. Se puede observar que se espera que las temperaturas aumenten en la provincia. Las temperaturas medias aumentarán 1,4 grados hacia 2050 respecto al periodo 2000-2020 y las temperaturas máximas de forma similar. Como puede verse en la figura 12, las olas de calor se volverán más comunes e intensas, con una temperatura máxima de alrededor de 40 grados hacia mediados de siglo.

La Figura 13 muestra el resultado esperado del aumento de las temperaturas: una tendencia creciente en la evaporación: se espera que la evaporación potencial anual en Río Negro aumente un 7% de 1505 mm en el período 2000-2020 a alrededor de 1600 mm al año para 2050.



Figura 10: Anomalía de las temperaturas medias para el periodo 2020-2040 respecto a la línea base.

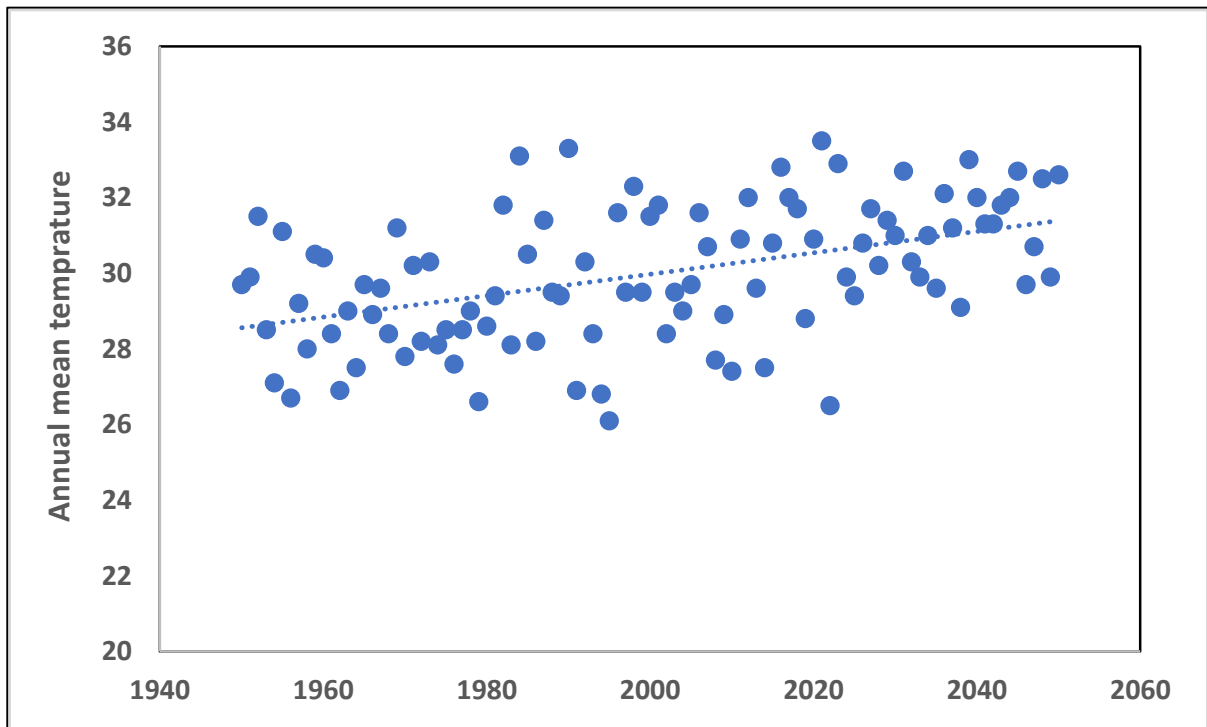


Figura 11: Temperaturas medias anuales en la cuenca del Río Negro.

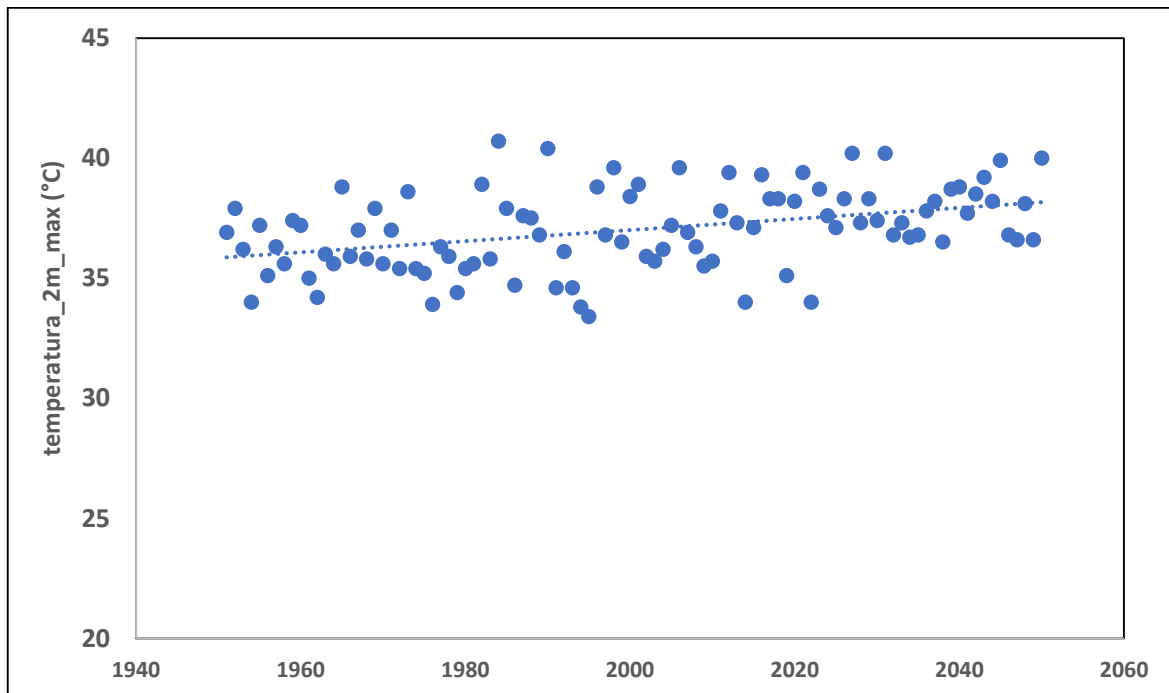


Figura 12: Temperaturas máximas anuales en la cuenca del Río Negro.

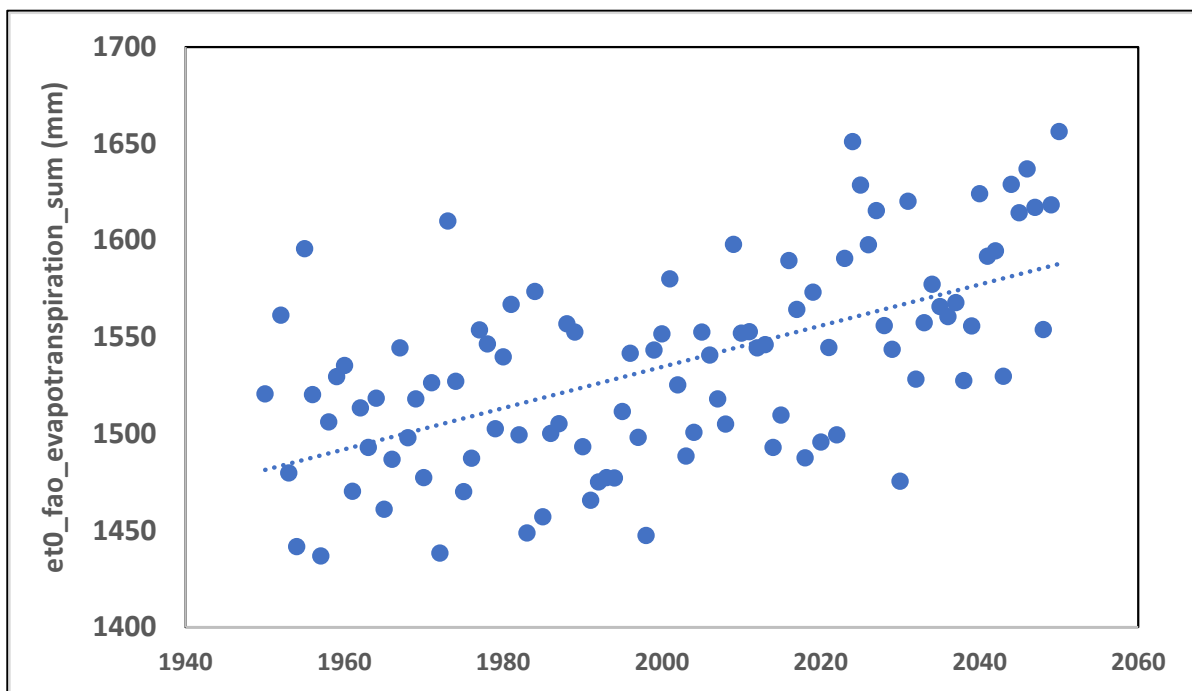


Figura 13: Evaporación anual en la cuenca del Río Negro.

3.3 TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN

La Figura 14 muestra la anomalía de precipitación en la región de Río Negro de los Andes argentinos con respecto a la línea base 1970-2000. Se puede observar que se espera que la precipitación anual disminuya alrededor de un 10% en toda la cordillera de los Andes, incluso en las zonas altas de la



provincia de Río Negro (en rectángulo negro en la figura 14). La tendencia decreciente de las precipitaciones se puede ver también en la figura 15 para el período 1950-2050.

La Tabla 3 y las figuras 16A-D muestran la anomalía de precipitación mensual. (%) para los períodos 2020-2040, 2040-2060, 2060-2080 y 2080-2100 con respecto al período base 1995-2014. Se puede observar que la disminución de las precipitaciones se producirá a lo largo de todo el año y se intensificará con el tiempo hacia finales de siglo. Las cantidades de precipitación anual y mensual son un componente importante del ciclo hidrológico, pero por importante que sea, no es el único factor que debe tenerse en cuenta en la gestión de los recursos hídricos. Un análisis adicional que puede ayudar a comprender el comportamiento y la propagación de las precipitaciones futuras son los valores de precipitación de la desviación estándar (STD). La Figura 17 muestra la desviación estándar de precipitación anual simulada para Río Negro de 1950 a 2050. Puede verse que la STD aumenta a lo largo de los años desde alrededor de 146 mm/año en el período de referencia de 1950 a alrededor de 158 mm en 2050. Esta tendencia significa mayor variabilidad interanual de precipitaciones en Río Negro y también en la disponibilidad de agua. Un aumento en las desviaciones estándar significa que podemos esperar tener años más húmedos extremos junto con años secos en Río Negro en las próximas décadas.

La sequía también es un factor importante en la gestión de los recursos hídricos. Los datos sobre la frecuencia, duración e intensidad previstas de las sequías son muy importantes para los sectores de la agricultura y el agua. El Índice Estandarizado de Evapotranspiración y Precipitación (SPEI) es un indicador de sequía, que calcula la sequía basándose en la desviación estándar de la precipitación acumulada de la media a largo plazo, incluida la evapotranspiración. Los valores positivos indican condiciones de equilibrio hídrico positivo (o humedad) y los valores negativos indican condiciones de equilibrio hídrico negativo (o sequía). Este indicador muestra la frecuencia e intensidad de las sequías observadas durante 12 meses (períodos de acumulación). Los índices de sequía, como el SPEI, suelen calcularse en diferentes escalas temporales para adaptarse a los distintos tiempos de respuesta de los sistemas afectados por la sequía. Este indicador excluye otros factores que influyen en la sequía, como la geología y los suelos, el caudal de los ríos, el derretimiento de los glaciares y la evapotranspiración. La Figura 18 presenta el índice de sequía del SPEI en 5 escenarios climáticos diferentes para la provincia de Río Negro. Los resultados muestran la media conjunta de todos los modelos globales CMAP6 del IPCC (los modelos climáticos más actualizados disponibles). Se puede observar que según el índice SPEI se espera que las condiciones de sequía sean más frecuentes y dominantes en la provincia.

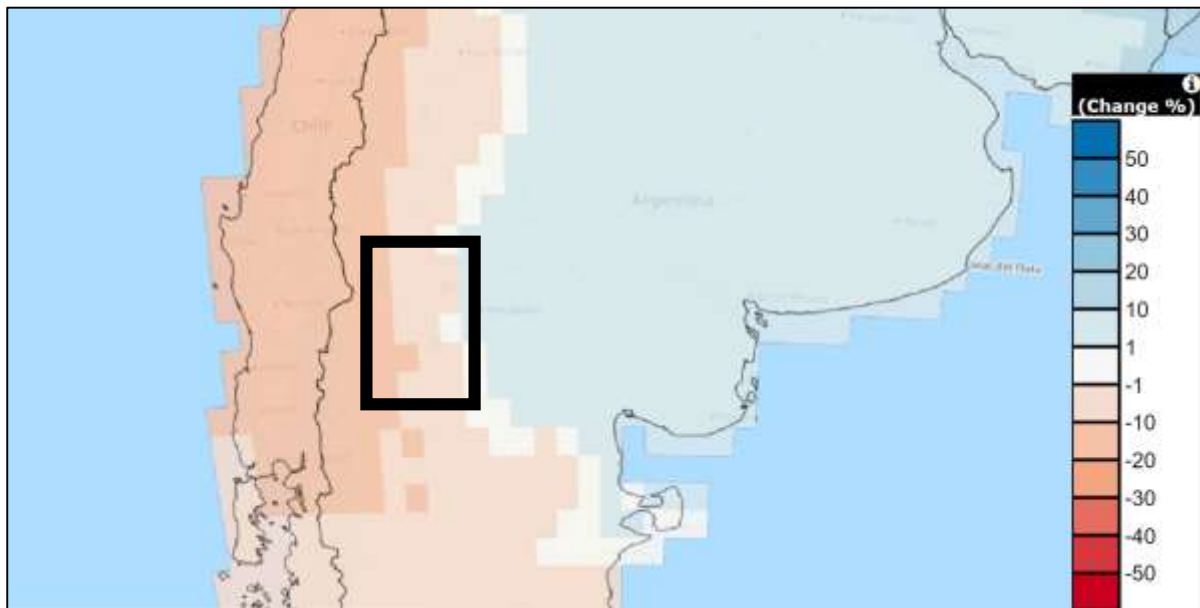


Figura 14: Anomalia de precipitación (%) para el período 2020-2040 con respecto a la línea de base 1970-2000.

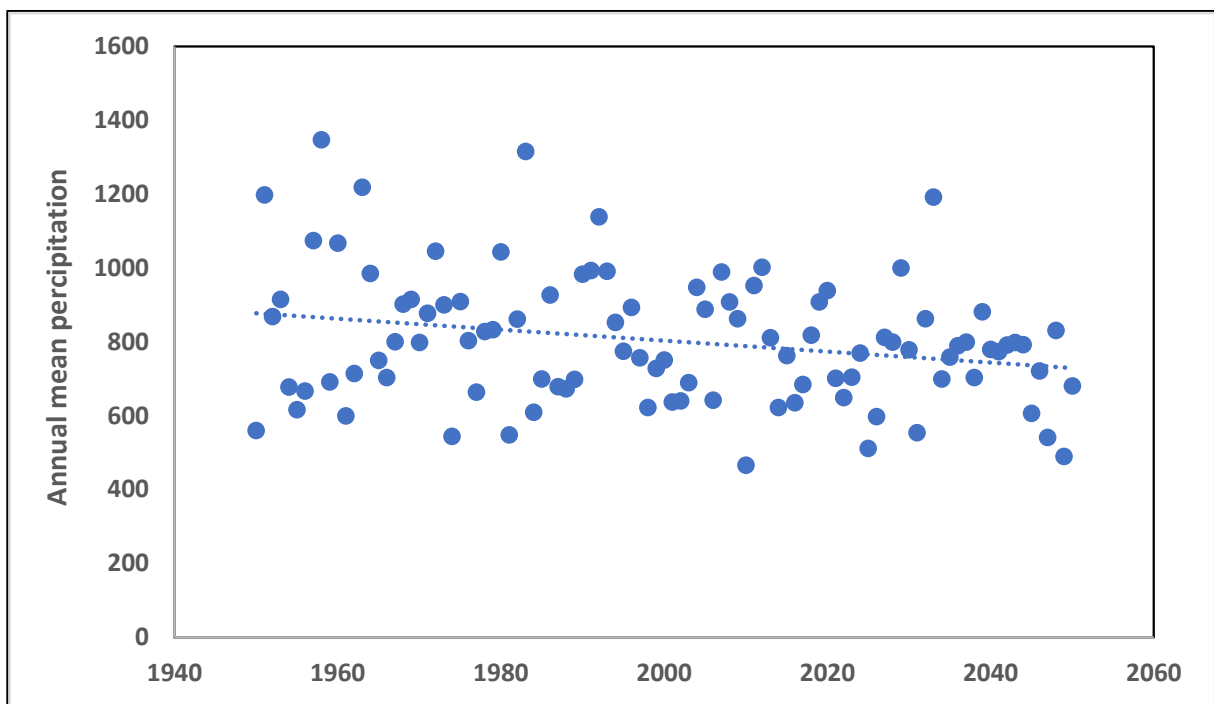


Figura 15: Precipitación anual simulada en las regiones andinas de gran altitud en Río Negro.

Tabla 3: Anomalia de precipitación futura mensual en la provincia de Río Negro (%) con respecto a los periodos base de 1995-2020.

Mes	2020-2040	2040-2060	2060-2080	2080-2100
Ene	-0,53	-7,73	-10,83	-10,50



Mes	2020-2040	2040-2060	2060-2080	2080-2100
Feb	1.19	-2,40	-12,71	-20.04
Mar	-2,64	-7.00	-15.23	-18.46
Abr	-10.03	-15,59	-22.37	-24.33
Puede	-5.06	-5,83	-15.15	-21.94
Jun	-4.20	-9.09	-17,69	-20,65
Jul	-4.08	-7.40	-8,67	-13.02
Ago	-6.29	-10.40	-11.68	-18,89
Sep	-5.22	-8.30	-17.00	-24.47
Oct	-8.24	-14.18	-20.02	-25,63
Nov	-6,87	-12.36	-20,82	-28.18
Dic	-7,50	-14.47	-25.18	-21.91

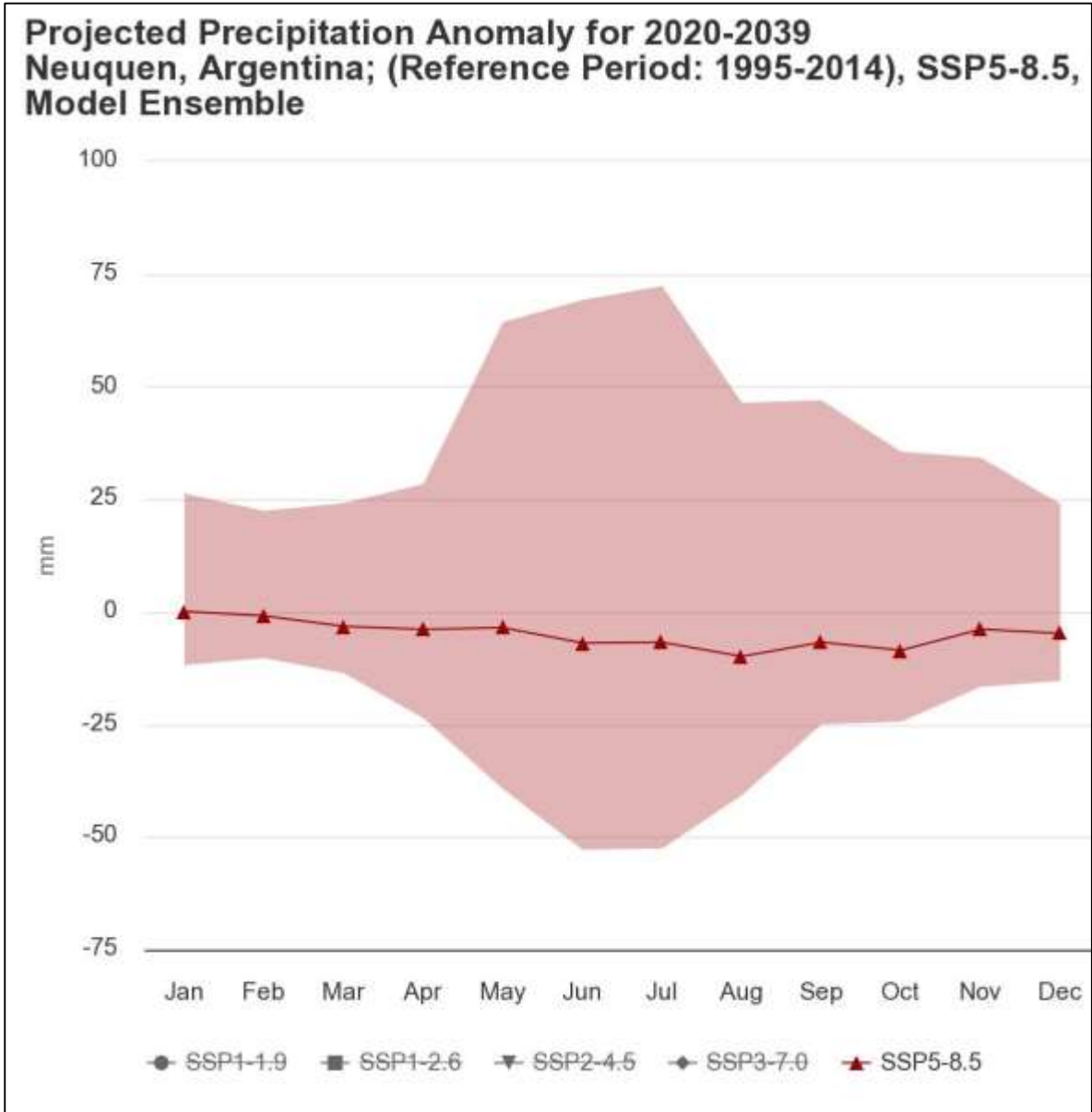


Figura 16A: Anomalia de precipitación en la provincia de Río Negro en el período 2020-2039 respecto al período 1995-2014.

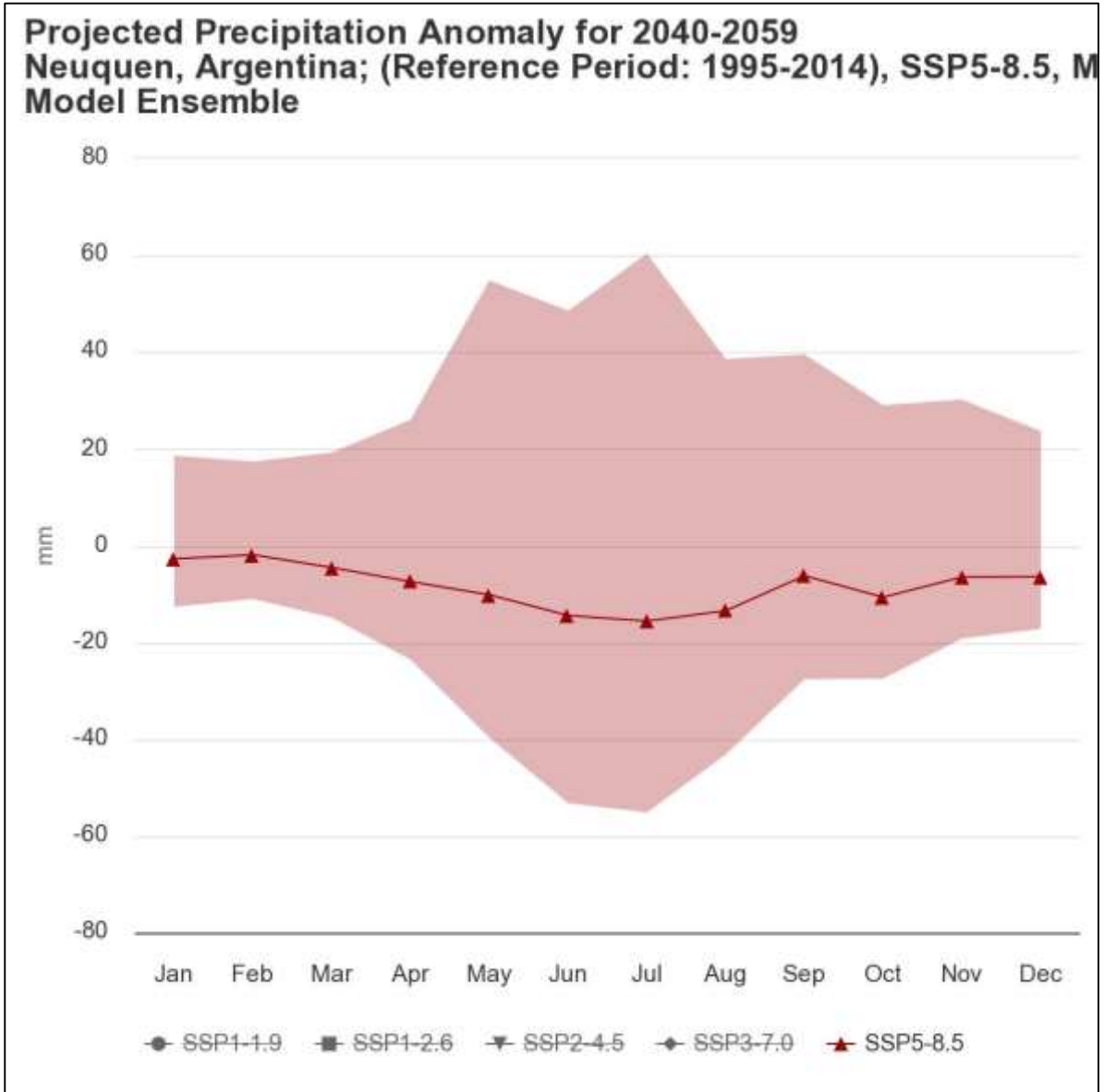


Figura 16B: Anomalía de precipitación en la provincia de Río Negro en el período 2040-2059 respecto al período 1995-2014.

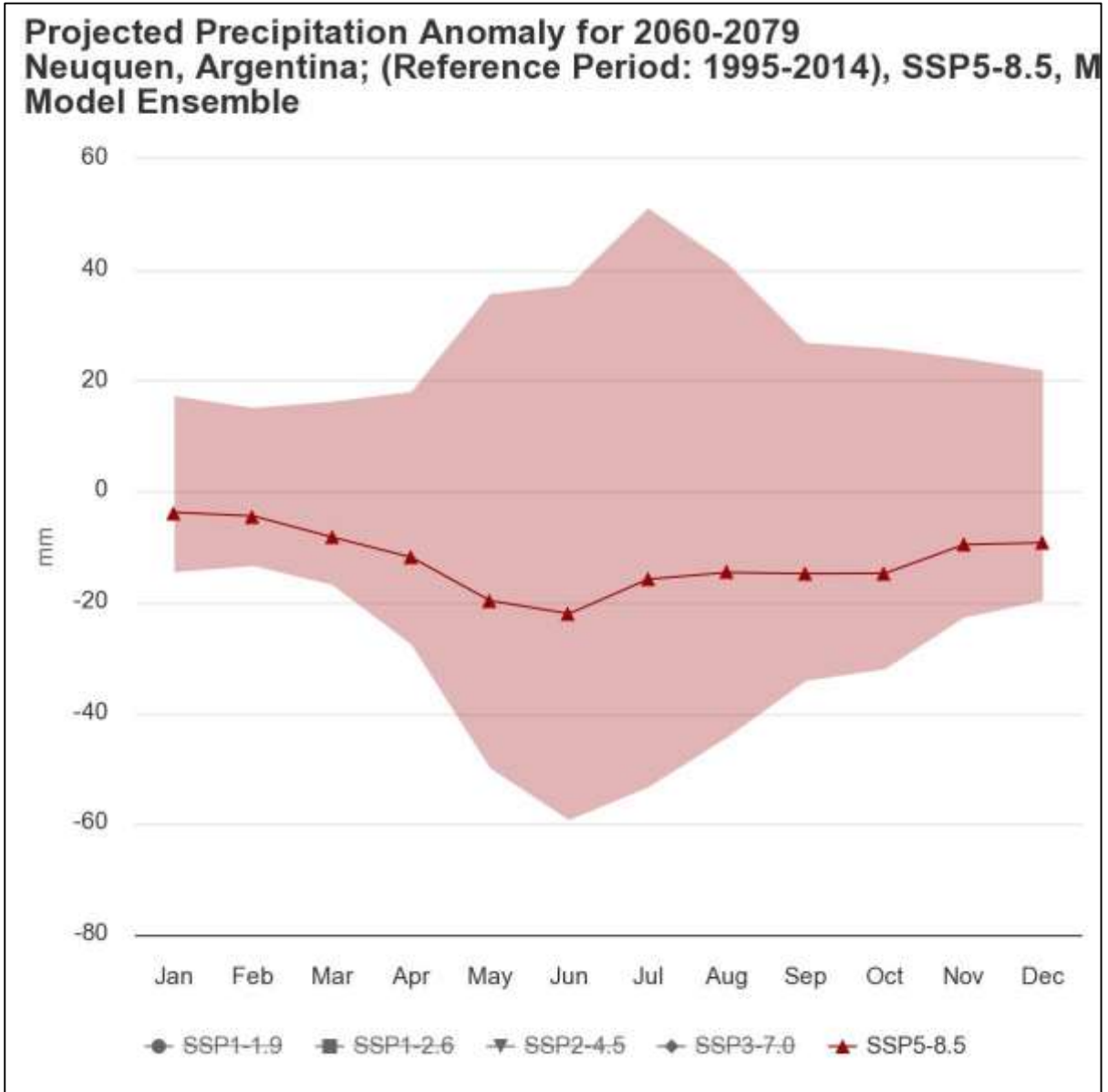


Figura 16C: Anomalía de precipitación en la provincia de Río Negro en el período 2060-2079 respecto al período 1995-2014.

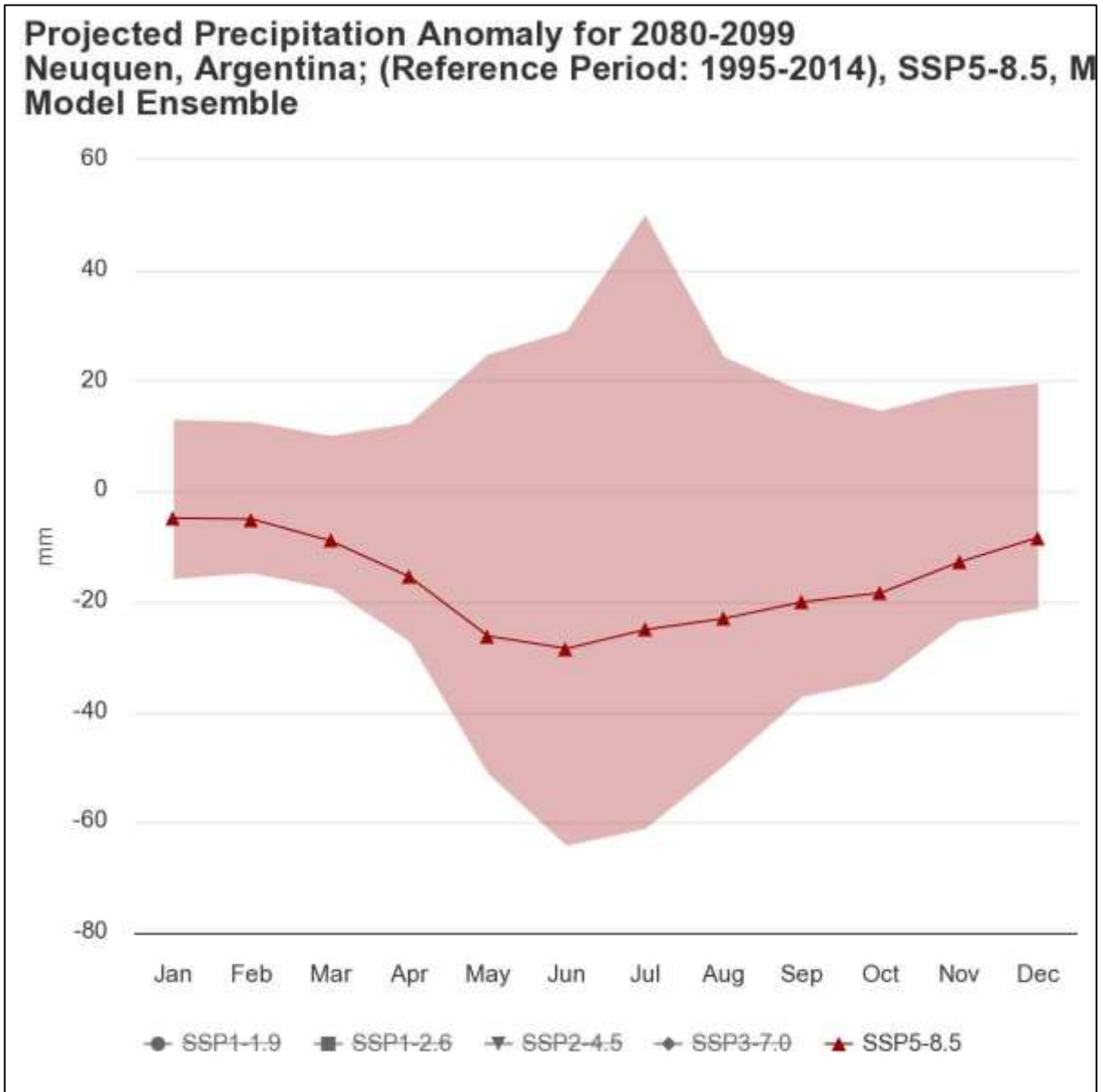


Figura 16D: Anomalía de precipitación en la provincia de Río Negro en el período 2089-2099 respecto al período 1995-2014.

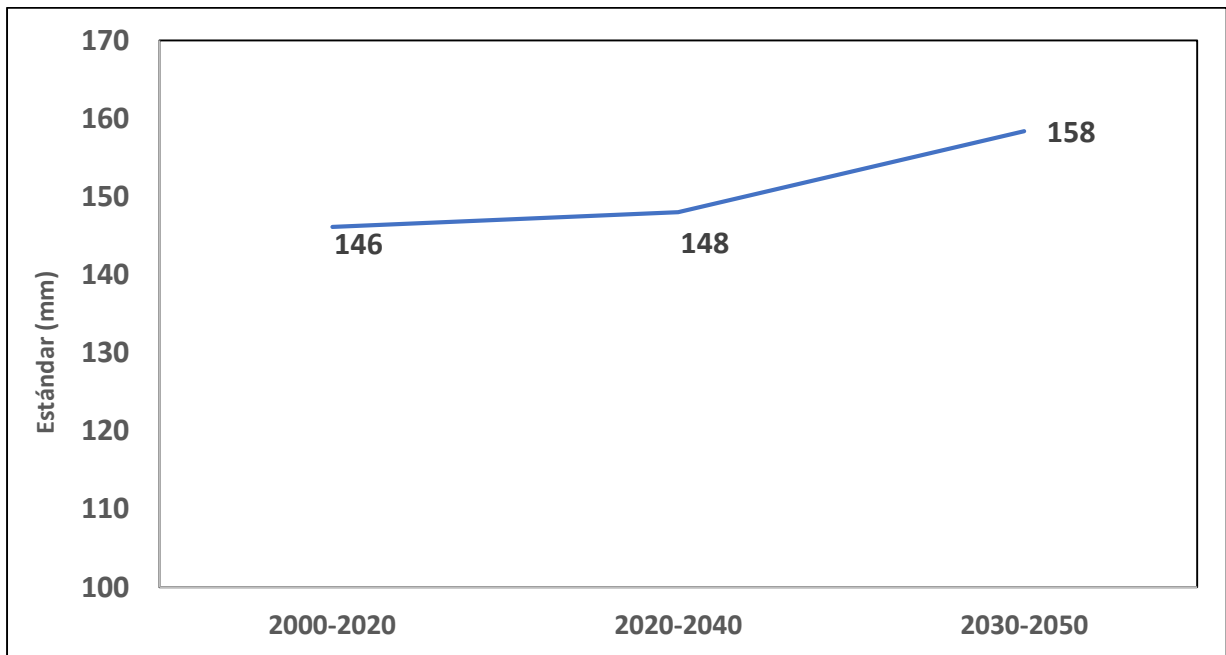


Figura 17: Desviación estándar de precipitación anual para la cuenca del Río Negro.

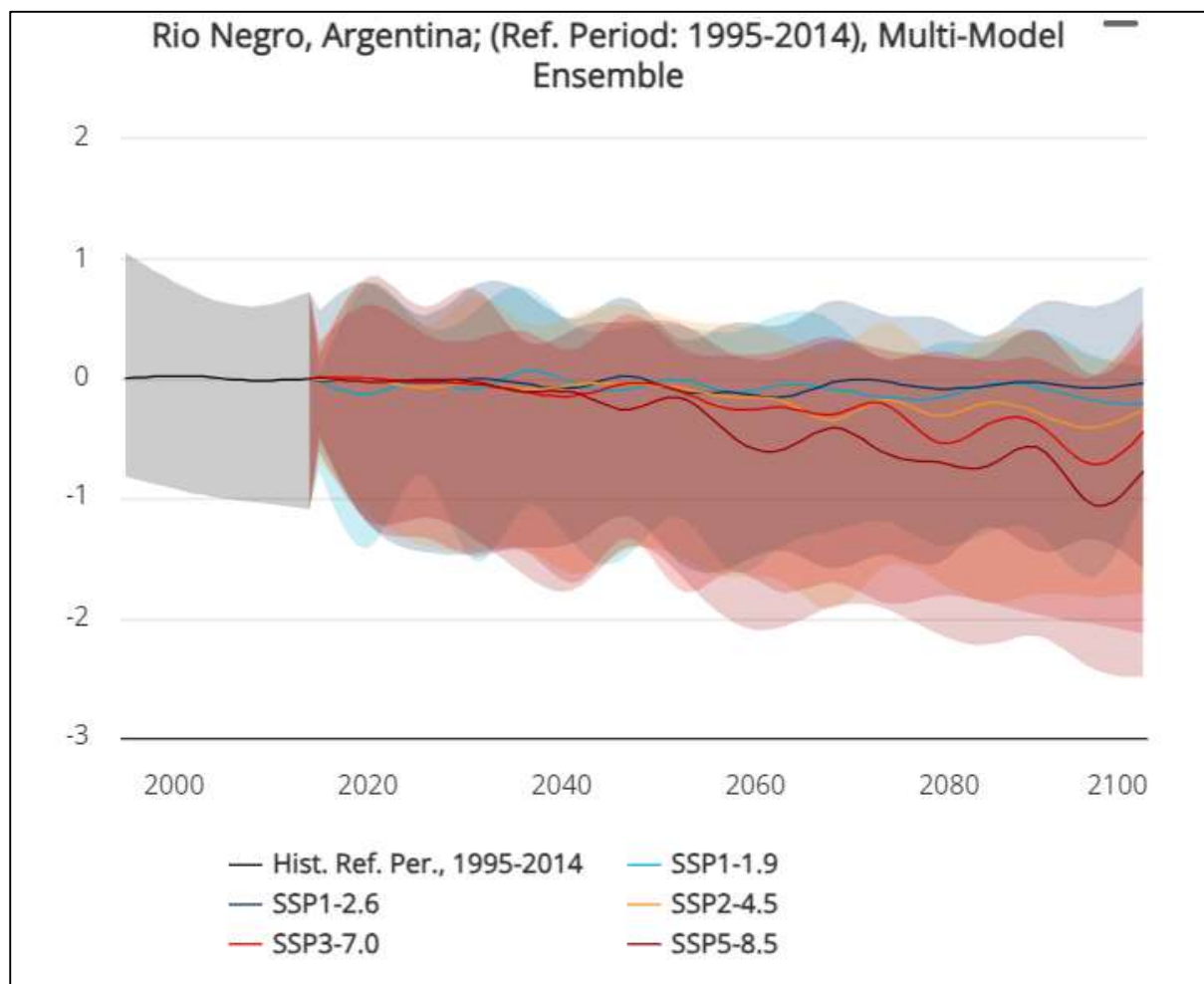




Figura 18: El índice de sequía SPEI (precipitación y evaporación) para diferentes escenarios climáticos para Río Negro.

4. AGUA DISPONIBLE EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS NEGRO Y COLORADO

El promedio total anual de agua disponible en la provincia de Río Negro (suma del agua superficial total del caudal de las cuencas de Río Negro y Colorado) fue de 34.059 millones de hectómetros cúbicos (hm^3) para el período 1980-2000 (5.859 hm^3 en Río Colorado y 28.200 hm^3 adicionales en Río Negro) pero disminuyó a 29.989 hm^3 en el período 2000-2022. La Figura 19 muestra la tendencia futura esperada para los volúmenes medios anuales para el período 2030-2050 con respecto a la línea base 1970-2000. Se puede observar que en las próximas décadas se espera una nueva disminución del agua disponible en la provincia de alrededor del 20%.

La Figura 20 muestran los cambios mensuales esperados (%) en el volumen de agua de la cuenca del Río Negro, volúmenes para los mismos períodos con respecto al período base 2000-2020. Se puede observar que los volúmenes de agua perdidos van aumentando con el paso de los años y son más significativos durante la época de verano cuando la evaporación es mayor y se necesita más agua.

La Figura 21 muestra los cambios esperados (%) en los volúmenes anuales de agua disponible de Río Negro para los períodos 2030, 2050 y 2070 con respecto al período base de 2000-2020 con base en 18 modelos climáticos diferentes. Este enfoque de conjunto proporciona el rango de resultados de los modelos y puede permitir una mayor confianza en caso de que la mayoría de los modelos muestren los mismos resultados. Se puede observar en la figura que, de 18 modelos, 2 muestran tendencias positivas de disponibilidad de agua mientras que el otro apunta a una tendencia negativa hacia mediados y finales de siglo.

Las Tablas 4 y 5 resumen los resultados de los análisis climáticos e hidrológicos y muestran los cambios esperados en los parámetros Hidroclimáticos (tabla 3) y agua disponible (tabla 4) en la provincia de Río Negro para los diferentes períodos con respecto al 2000-2020. La Figura 18 y las tablas 3 y 4 resumen el conjunto de los resultados de los modelos climáticos e hidrológicos. La Figura 22 muestra los cambios totales en los volúmenes de agua disponibles promedios anuales de Río Negro para los períodos 2030, 2050 y 2070 con respecto al período de referencia de 2000-2020.

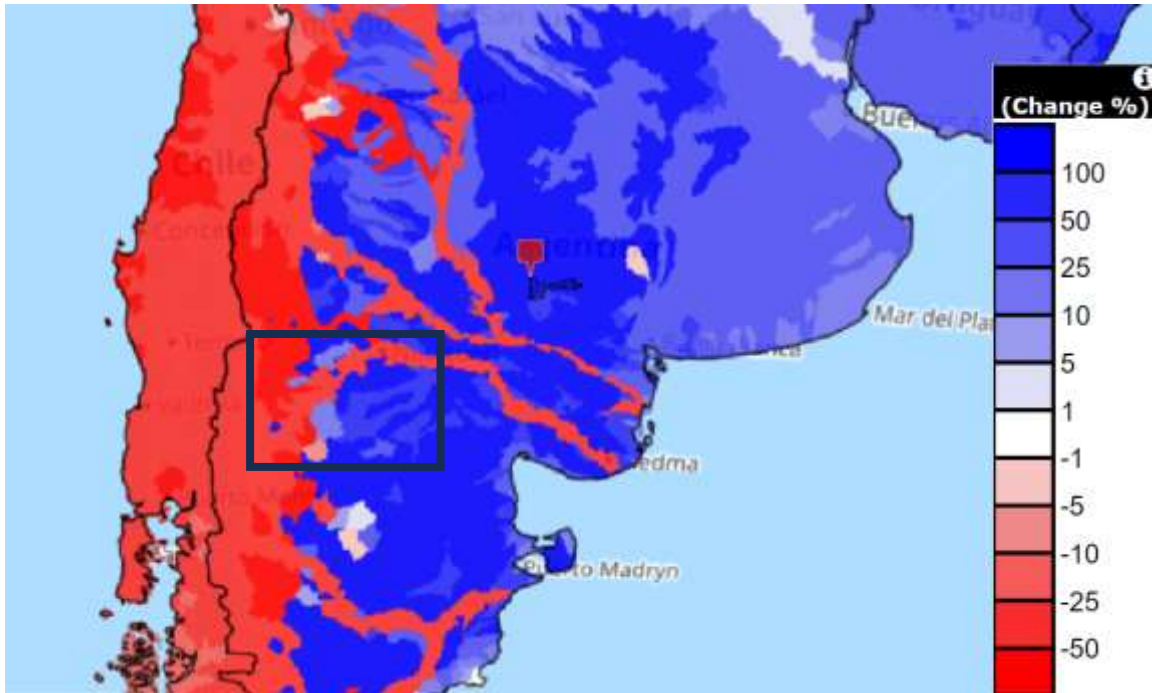


Figura 19: Anomalía del volumen medio anual de caudales para el período 2030-2050 con respecto a la línea base 1970-2000.

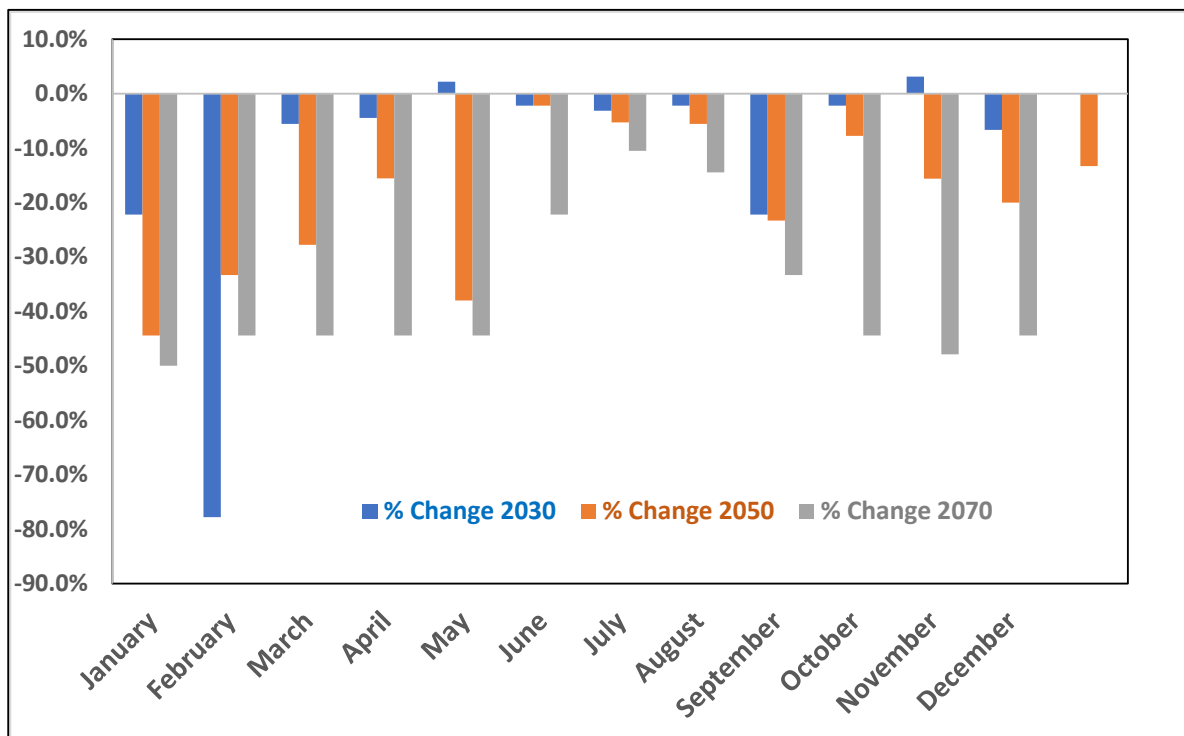


Figura 20: Cambios mensuales (%) en el agua del Río Negro volúmenes para los periodos 2030, 2050 y 2070 respecto al periodo base 2000-2020.

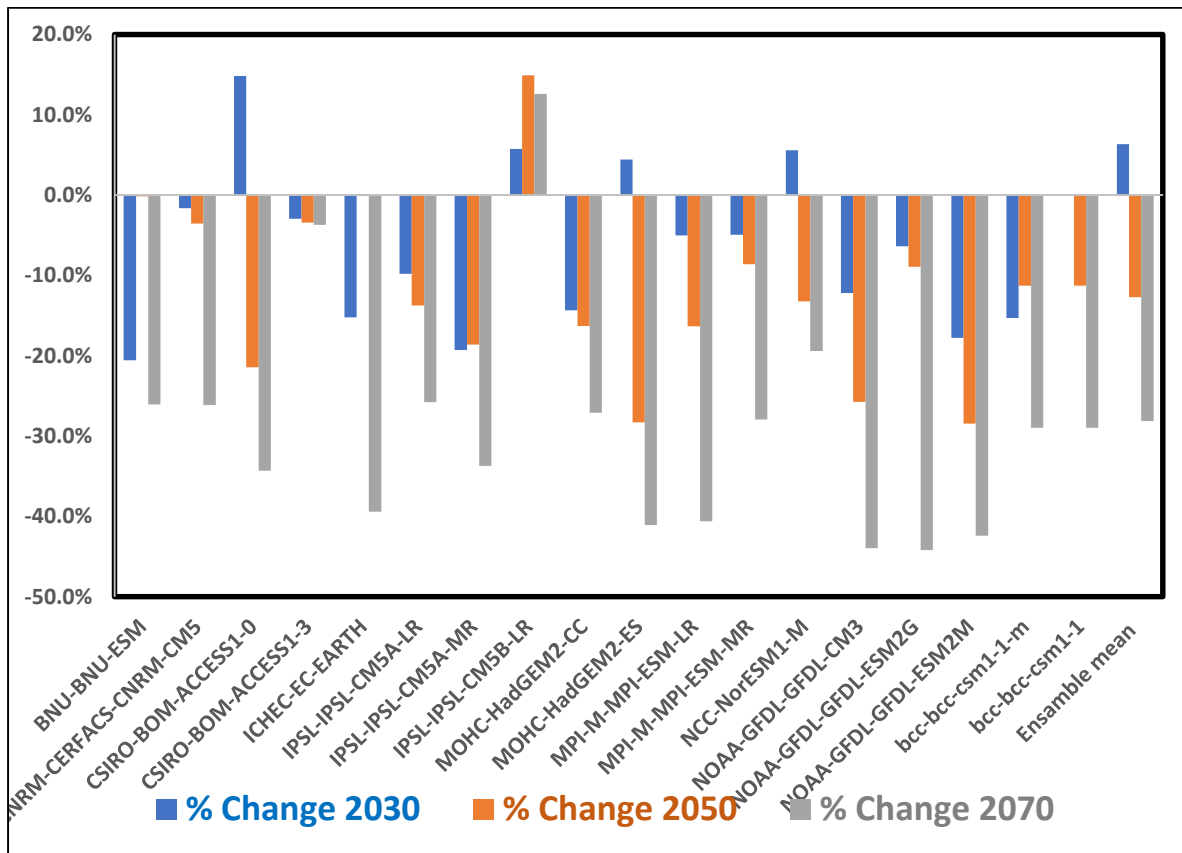


Figura 21: Cambios (%) en los volúmenes anuales de agua disponible de Río Negro para los períodos 2030, 2050 y 2070 con respecto al período de referencia de 2000-2020 concentrados en datos de 18 modelos climáticos.

Tabla 4: Cambios esperados en los parámetros hidroclimáticos en la provincia de Río Negro para los diferentes períodos respecto al 2000-2023.

Período	Máx. temperaturas (°C)	Precipitación anual (%)	Evapotranspiración (%)	Volúmenes de agua disponibles (%)
2030	+0.7	-5	+3	-11,8
2050	+1.3	-10	+5	-21,1
2070	+2.4	-16	+8	-30,9

Tabla 5: Cambios esperados en el agua superficial disponible (ASD) en la provincia de Río Negro para los diferentes períodos con respecto al 2000-2023

Período	ASD promedio anual en Río Negro (hm ³)	Cambio con respecto al período 2000-2023 (%)	ASD promedio anual en Río Colorado (hm ³)	Cambio con respecto al período 2000-2023 (%)
2000-2023	26.300		4.200	
2030	23.200	-11,8	3.700	-11,5
2050	20.700	-21,4	3.400	-19,1
2070	18.300	-30,3	2.700	-34,4

Tabla 6: Proyecciones de volúmenes de Agua Superficial Disponible anual y porcentaje de cambio referido al periodo 2000-2020 para el Río Negro (hm³)

Río Negro		
Período	Valor ASD	Cambio
2020	26.270	
2030	23.162	-11,8%
2040	22.360	-14,9%
2050	20.648	-21,4%
2055	20.360	-22,5%
2070	18.300	-30,3%

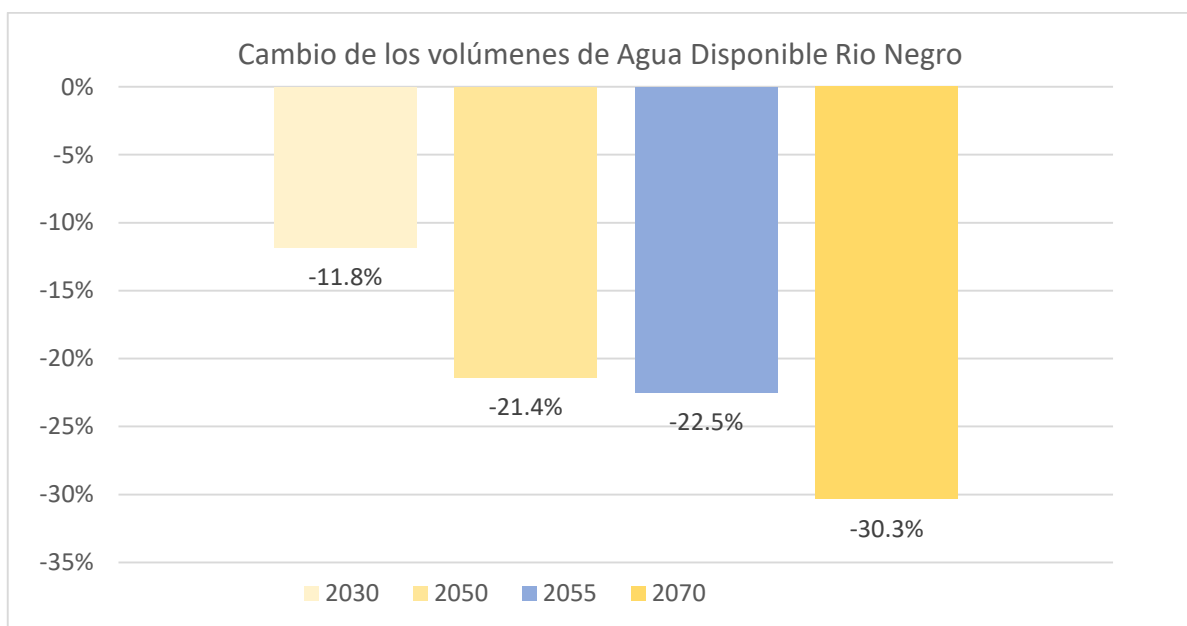


Figura 22– Cambio en los volúmenes de Agua Disponible para el Río Negro

Tabla 7: Proyecciones de volúmenes de Agua Superficial Disponible anual y porcentaje de cambio referido al periodo 2000-2020 para el Rio Colorado (hm^3)

Rio Colorado		
Periodo	Valor ASD	Cambio
2020-2020	4.186	
2030	3.707	-11,5%
2040	3.690	-11,9%
2050	3.387	-19,1%
2055	3.107	-25,8%
2070	2.747	-34,4%

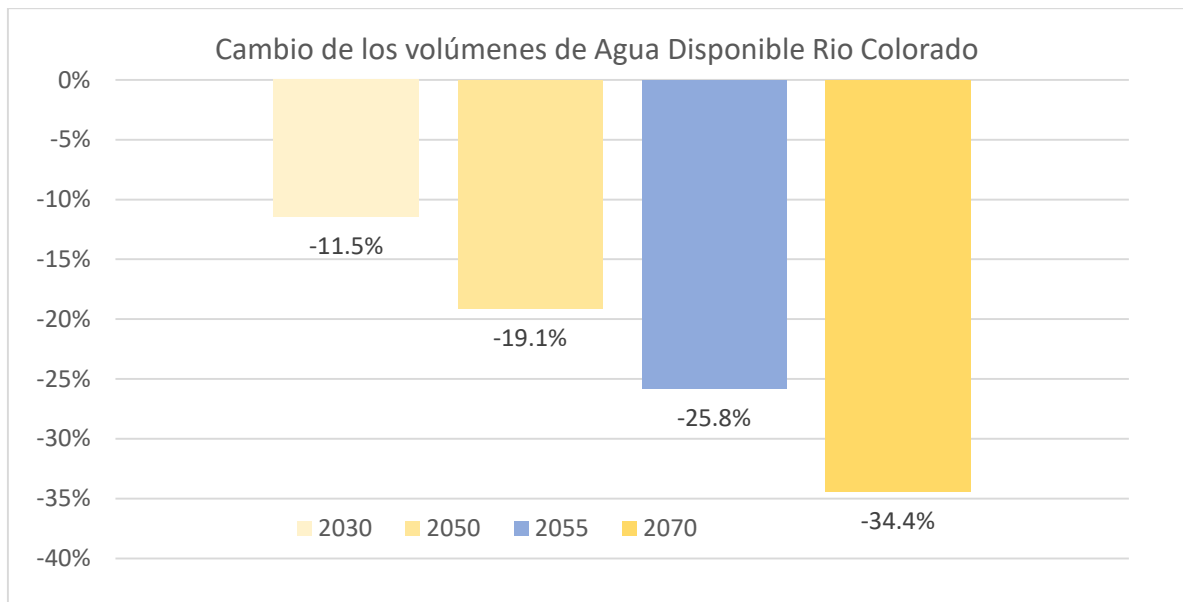


Figura 23– Cambio en los volúmenes de Agua Disponible para el Rio Colorado

Tabla 8: Proyecciones de volúmenes de Agua Superficial Disponible anual y porcentaje de cambio referido al periodo 2000-2020 para el Rio Negro + Rio Colorado (hm^3)

Total Rio Negro + Rio Colorado		
Periodo	Valor AVG	Cambio
2000-2020	30.456	
2030	26.869	-12%
2040	25.300	-17%
2050	24.035	-21%
2055	23.537	-23%
2070	21.047	-31%

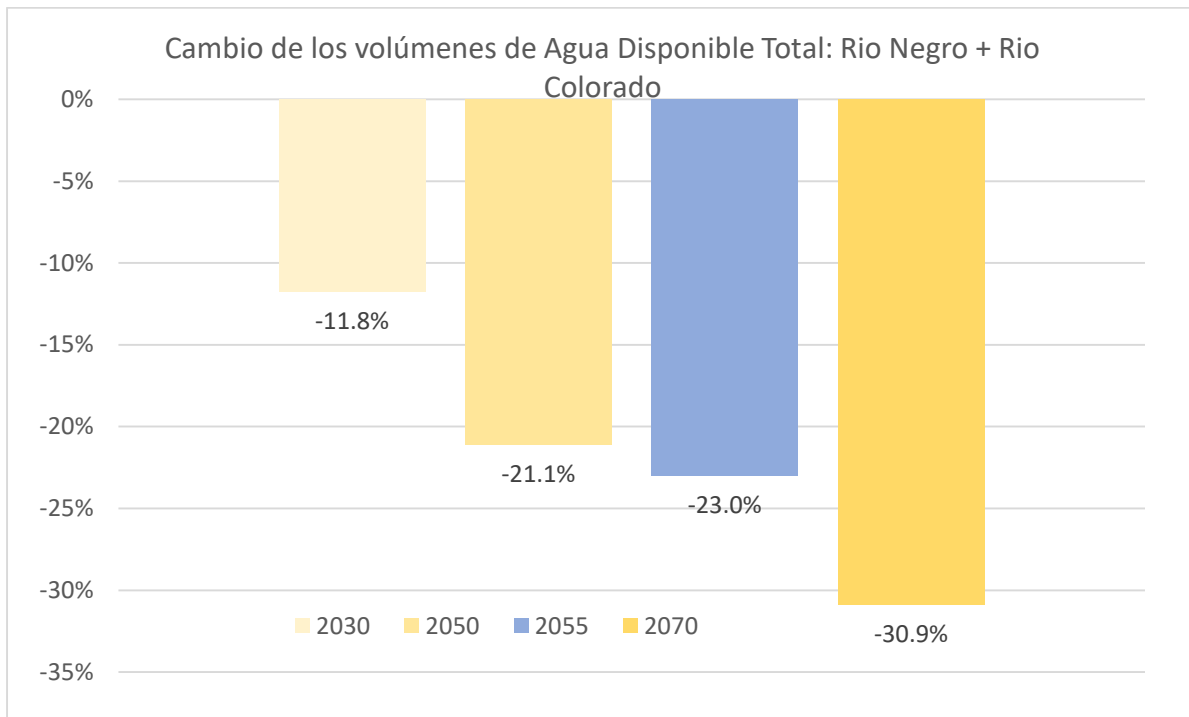


Figura 24– Cambio en los volúmenes de Agua Disponible para el Río Negro + Río Colorado (%)

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este estudio muestran una clara tendencia de calentamiento en la provincia de Río Negro: en la Cordillera de los Andes y la región Atlántica. El aumento de las temperaturas y los cambios en las cantidades y patrones de precipitación provocarán una mayor evaporación, aridez, derretimiento temprano de la nieve y menores valores de humedad del suelo en el país. Los resultados sobre la tendencia de la temperatura y la precipitación concuerdan con otros estudios realizados en la región como Pessacg et. al, 2020, Maenza et. al, 2017, Rivera et. al, 2020, 2021 que estudia el impacto del cambio climático en el rendimiento hídrico en el norte de la Patagonia utilizando la cuenca del Limay como estudio de caso. Un aumento similar de la temperatura superior a 1,5 °C y una disminución de la precipitación que oscila entre -10 y -30% para el área de estudio para 2070-2100. Según su estudio, el clima más cálido y seco proyectado surge como una señal sólida basada en la concordancia del modelo y en los impulsores físicos consistentes de estos cambios. Indican también que tanto el aumento proyectado en la evapotranspiración como la disminución en las precipitaciones contribuyen a una fuerte disminución en la producción de agua de alrededor de 20 a 40% en las cabeceras de las cuencas hidrográficas del norte de la Patagonia en el período 2070-2100 con respecto al período de la línea de base d de 1970-1994.

Se presenta aquí que el Índice de Sequía Futura (SPEI) muestra una clara tendencia de sequía más frecuente e intensa. Se espera que esas tendencias proyectadas conduzcan a un aumento de alrededor del 5% en la demanda de agua para riego agrícola en Río Negro.



Los resultados del modelo hidrológico aquí presentados muestran que se espera que disminuyan los volúmenes de caudales que fluyen desde los Andes hacia las zonas bajas de la provincia. Esta tendencia conducirá a una reducción de alrededor del 12% en 2030, 21% en 2050 y 31% hasta 2070 en el total de agua superficial disponible en la provincia (drenaje a la región Atlántica de la provincia).

El conjunto de múltiples modelos climáticos también muestra una tendencia positiva en las precipitaciones en la región de las Tierras Bajas, debido principalmente al aumento de las tormentas convectivas en las estaciones relativamente cálidas. Sin embargo, un aumento de algunos porcentajes en las estaciones de transición y las precipitaciones de verano (precipitaciones monzónicas de verano) en la zona semiárida de la provincia será despreciable y apenas afectará los balances de recursos hídricos de la provincia. En todo caso, provocará inundaciones repentinas dañinas debido a la mayor intensidad de las precipitaciones.

La provincia de Río Negro se verá afectada por efectos del cambio climático similares a los de otras regiones que se encuentran en el lado negativo de la circulación de células de Hadley alrededor de las latitudes 30 en el norte y sur de Hampshire (Rivera et. al, 2020, 2021).

La disminución del agua disponible sumado al aumento de la evaporación provocará un aumento de las demandas de riego para la agricultura respecto a las condiciones actuales. La provincia no dispondrá de la misma cantidad de agua que en la actualidad para satisfacer la demanda. Los efectos combinados de una disminución en los volúmenes de agua natural, además del aumento en el consumo de agua, pueden llevar a una pérdida total de agua de alrededor del 21% del agua disponible en Río Negro para 2050 y del 31% para 2070. Incluso ante un escenario futuro con demandas de agua iguales a las actuales, será necesario implementar estrategias de mitigación para hacer frente a las condiciones de sequía futuras. De lo contrario, en las próximas décadas, el sector agrícola de la provincia necesitará volúmenes adicionales de agua para cubrir los aumentos de demandas debido a un aumento de la evaporación y una disminución del agua superficial disponible.

6. REFERENCIAS

- Pessacg, Natalia & Flaherty, Silvia & Solman, Silvina & Pascual, Miguel. (2020). Cambio climático en el norte de la Patagonia: disminución crítica de los recursos hídricos. *Climatología Teórica y Aplicada*. 10.1007/s00704-020-03104-8.
- Rivera JA, Naranjo Tamayo E y Viale M (2020) Cambio de recursos hídricos en el centro-oeste de Argentina según los objetivos de calentamiento del Acuerdo de París. **Frente. Clim.** 2:587126. doi: 10.3389/fclim.2020.587126.
- Rivera, JA y Arnould, G. (2020). Evaluación de la capacidad de los modelos CMIP6 para simular precipitaciones en el suroeste de Sudamérica: características climáticas y tendencias de largo plazo (1901-2014). *Atmósfera. Res.* 241:104953. doi: 10.1016/j.atmosres.2020.104953.
- Rivera JA, Otta S, Lauro C y Zazulie N (2021) Una década de sequía hidrológica en el centro-oeste de Argentina. *Frente. Agua* 3: 640544. doi: 10.3389/frwa.2021.640544.
- Maenza, RA, Agosta, EA y Bettolli, ML (2017). Cambio climático y variabilidad de las precipitaciones en las 'Pampas' occidentales de Argentina. En t. *J. Climatol.* 37, 445–463. doi: 10.1002/joc.5014.



ANEXOS DE SECCION 3

ANEXO I

Descripción de la metodología aplicada para el cálculo de las proyecciones de Agua Disponible

El impacto del cambio climático en el agua disponible se ha preparado para tres décadas consecutivas: 2030, 2050 y 2080, se presenta también el cálculo del agua disponible para 2055 que es el año objetivo del proyecto. El informe presenta las proyecciones de agua disponibles para el ASD anual y mensual. Las proyecciones de ASD para cada uno de los principales sistemas fluviales se realizaron de acuerdo con las siguientes etapas:

- Reconstrucción del caudal del río
- Proyecciones de caudal fluvial
- ASD, proyecciones
- Discusión

Reconstrucción del caudal de los ríos – Modelos hidrológicos

El primer paso fue calcular y reconstruir las series cronológicas de volumen de caudal diario y anual para los principales ríos de la provincia. La metodología fue presentada en el capítulo de Cambio Climático. El segundo paso consistió en calcular las proyecciones del caudal de los ríos y conectarlas al ASD.

La reconstrucción del caudal natural se realizó en base a los productos GloFas V.4 basados en el modelo hidrológico LISFLOOD. El modelo LISFLOOD es un modelo de enrutamiento de escorrentía de precipitación hidrológica basado en cuadrículas que puede simular los procesos hidrológicos que ocurren en una cuenca. LISFLOOD se utiliza en grandes cuencas fluviales y transnacionales para una variedad de aplicaciones, evaluaciones de recursos hídricos, el equilibrio entre la demanda, el consumo y la disponibilidad de agua, y evaluación de los efectos de la regulación fluvial y las medidas de conservación, cambios en el uso de la tierra y cambio climático.

LISFLOOD es un modelo complejo construido por varios módulos, que simula procesos superficiales y subsuperficiales a escala de cuadrícula, y organiza el transporte de agua en direcciones horizontales y verticales a través del paisaje y el suelo. También considera lagos, embalses y almacenamiento de aguas subterráneas. El modelo constituye el modelo central de los sistemas de simulación de inundaciones y sequías en el Sistema Europeo de Alerta de Inundaciones (European Flood Awareness System-EFAS), el Sistema Global de Alerta de Inundaciones (Global Flood Awareness System-GloFas, Alfieri et al., 2013) y el Observatorio Europeo de Sequía (European Drought Observatory-EDO, Vogt et al., 2011).

Los procesos que se simulan en el modelo incluyen el derretimiento de la nieve, la infiltración, la interceptación de la lluvia, el drenaje de las hojas, la evaporación, la absorción de agua por la vegetación, la escorrentía superficial, el flujo preferencial (derivación de la capa de suelo), el intercambio de humedad del suelo entre las dos capas de suelo y el drenaje a las aguas subterráneas, el flujo de aguas subterráneas y subterráneas, el flujo a través de canales fluviales, lagos, operaciones de embalses, pólderes.

LISFLOOD utiliza la entrada dinámica espacio-temporal de la precipitación y otras variables meteorológicas relevantes para simular los recursos hídricos y simula cómo esta agua se propaga a



través del paisaje, teniendo en cuenta los almacenamientos temporales (nieve, deshielo; aguas subterráneas, lagos, embalses, almacenamientos de agua del suelo), la demanda y el consumo de agua para el crecimiento de la vegetación natural, la agricultura de secano, la agricultura de regadío, la industria manufacturera, la producción de energía (energía hidroeléctrica y enfriamiento térmico), la ganadería y el consumo público de agua. El agua restante se dirige a través de los ríos hasta llegar a la costa.

Las entradas del modelo son variables meteorológicas históricas observadas:

- Precipitación
- Topografía
- Uso de la tierra
- Suelo
- Evapotranspiración de referencia potencial
- Evaporación potencial del suelo
- Posible evaporación en aguas abiertas
- Temperatura media diaria

La salida del modelo incluye:

- Variables de entrada meteorológicas
- Variables de tasa de lluvia, derretimiento de nieve, evaporación, escorrentía superficial

En el sistema fluvial de la provincia de Río Negro se analizaron las siguientes partes:

- Río Colorado en Pichi Mahuida.
- Río Negro cerca de la ciudad de Neuquén.

Estas diferentes partes se tomaron para comprender mejor las características de cada cuenca y poder predecir los efectos del cambio climático sobre las cuencas y el caudal de los ríos.

Caudal del río y proyecciones de ASD

La reconstrucción del caudal del río se realizó desde enero de 1980 hasta diciembre de 2022.

A partir de las series temporales obtenidas, el período base para los cálculos de proyección futura se definió como 2000-2022.

Las "anomalías¹" pronosticadas con respecto a este período para cada década: 2030, 2040 y 2050. Las anomalías se calculan utilizando entre 12 y 20 modelos climáticos regionales. Todos los modelos parten de las mismas condiciones iniciales en 1970 para el área específica de interés (área de captación de los ríos de la provincia) hasta el presente. Cada modelo se está analizando de la siguiente manera:

- Cálculo de los parámetros climáticos para cada modelo climático durante el período de referencia.
- Comparación de los resultados del modelo con datos climáticos reales.
- Elegir los mejores modelos para cada cuenca para proyectar el caudal futuro del río.

¹ Las anomalías denotan la desviación de un elemento (en %) de su valor medio de referencia para la ubicación en cuestión.



Los modelos elegidos se utilizan para ejecutar 2 modelos hidrológicos (HYPE² y VIC³), obteniendo volúmenes proyectados para cada río (para 2030, 2040 y 2050).

A continuación, se calcula el promedio de las proyecciones de los dos modelos hidrológicos para cada modelo climático y el cambio mensual proyectado (%) al valor base mensual para los años 2030, 2040 y 2050.

Luego, el cambio proyectado se multiplica por el valor promedio de referencia para producir el caudal mensual proyectado del río.

El promedio de estos flujos calculados (conjunto) para cada mes, es el valor final pronosticado.

Para cada uno de los ríos se calculó el promedio y la desviación estándar (DE).

Las proyecciones incluyen:

- Caudal medio anual para 2030, 2050 y 2070.
- Desviación estándar de los volúmenes del río para cada década proyectada.

La desviación estándar muestra la variabilidad de una variable, es decir, el agua disponible anual o el caudal del río, a lo largo de las décadas proyectadas y es útil para comprender la magnitud probable de la escasez o el exceso de agua. Esto permitirá anticipar y planificar fuentes alternativas de suministro de agua durante períodos de disponibilidad limitada de agua, así como capacidad de almacenamiento adicional para almacenar los volúmenes excedentes que ocurren durante los períodos de alto flujo.

Metodología

Cálculo del caudal construido del río (como se explicó anteriormente)

Se comparan los caudales de los ríos calculados y los reconstruidos para el período 2017-2021. En los casos en que no se dispone de valores de ASD debido a la falta de datos, se tomó el caudal del río reconstruido como ASD.

La relación entre ambas series se calcula para cada río.

Utilizando modelo climático. Se elaboraron proyecciones de caudal de los ríos para los años 2030, 2050 y 2070.

Teniendo en cuenta los caudales proyectados del río y la relación obtenida entre el caudal del río y el ASD proyectado, se realizó el ASD proyectado.

Reconstrucción del caudal del río - Resultados

Las pérdidas en el sistema hídrico están relacionadas principalmente con la evaporación de los embalses y la infiltración a los acuíferos. Para los grandes sistemas fluviales como el Colorado y el Negro, estas pérdidas son relativamente pequeñas con respecto a los volúmenes totales de agua y, por lo tanto, los caudales naturales son similares en orden de magnitud al ASD.

La siguiente tabla (Tabla 5-1) presenta los volúmenes anuales reconstruidos en todos los sistemas desde 1980 hasta 2023 junto con el volumen de flujo promedio, la desviación estándar (SD) y la desviación estándar relativa (RSD) para todo el período (1980-2023) y el período base utilizado para las proyecciones (2000-2023).

² El modelo de Predicciones Hidrológicas para el Medio Ambiente (HYPE, por sus siglas en inglés) es un modelo de cuenca semi-distribuido, basado en la física, que simula el flujo de agua y las sustancias en su camino desde la precipitación a través de diferentes compartimentos de almacenamiento y flujos hacia el mar (Lindström et al., 2010).

³ El modelo VIC (Liang et al., 1994) es un modelo hidrológico semi-distribuido a gran escala.



Volúmenes anuales reconstruidos (hm³).

Año	Rio Colorado en Buta Ranquil (hm3)	Rio Colorado en casa de Piedra (hm3)	Rio Negro en estación "Allen" (hm3)	Rio Limay en "Arroyito" (hm3)	Rio Neuquén en "El Chañar" (hm3)
1980	10.410	10.245	44.400	27.600	16.600
1981	8.690	8.852	35.800	21.200	14.400
1982	8.910	9.267	39.900	24.200	16.400
1983	13.770	13.573	30.800	14.900	15.000
1984	7.090	7.439	33.100	21.500	11.700
1985	7.170	7.161	28.500	19.200	8.900
1986	7.050	7.259	29.600	17.400	12.400
1987	8.600	8.584	23.700	15.000	8.500
1988	6.700	6.805	20.300	12.300	8.200
1989	4.950	5.014	18.900	12.200	6.500
1990	3.530	3.690	24.900	17.400	7.400
1991	4.410	4.749	29.200	17.900	11.800
1992	4.600	4.897	28.400	17.800	10.300
1993	4.180	4.556	37.000	25.500	11.600
1994	4.320	4.612	31.500	20.900	10.500
1995	3.420	3.737	27.500	18.300	9.100
1996	2.530	2.803	14.500	9.600	4.700
1997	4.500	4.873	35.500	23.000	12.600
1998	2.680	2.873	11.600	8.000	3.400
1999	2.680	2.804	20.600	13.900	6.700
2000	2.850	3.053	26.500	17.600	9.000
2001	4.010	4.326	35.000	21.900	13.000
2002	4.580	4.945	34.100	22.700	11.500
2003	3.570	3.856	26.500	18.300	8.000
2004	3.970	4.153	29.800	20.800	9.000
2005	4.610	4.596	30.200	19.400	10.800
2006	5.070	5.106	36.700	23.200	13.400
2007	2.900	2.861	17.400	11.900	5.300
2008	4.530	4.582	26.500	16.700	9.800
2009	3.690	3.744	30.700	21.400	9.600
2010	3.450	3.307	21.400	14.500	6.600
2011	5.140	4.974	25.000	16.000	8.900
2012	4.660	4.483	21.300	14.400	7.000



Año	Río Colorado en Buta Ranquil (hm3)	Río Colorado en casa de Piedra (hm3)	Río Negro en estación "Allen" (hm3)	Río Limay en "Arroyito" (hm3)	Río Neuquén en "El Chañar" (hm3)
2013	5.400	5.272	26.000	17.400	8.300
2014	5.550	5.223	32.200	21.000	10.700
2015	5.230	5.161	28.800	18.600	10.300
2016	6.180	5.951	16.800	10.400	6.100
2017	5.290	5.184	25.100	16.200	9.000
2018	5.630	5.484	28.900	18.800	9.900
2019	3.970	3.815	24.000	16.100	7.800
2020	2.590	2.495	19.000	12.600	6.200
2021	2.400	2.339	16.700	10.400	6.000
2022	1.980	2.583	13.900	12.500	6.000
2000-2022	4.228	4.239	25.761	17.078	8.791
1980-2000	5.859	6.040	28.200	17.876	10.271
2000-2022	1.130	1.032	6.111	3.769	2.196
1980-2000	2.901	2.802	7.979	4.962	3.511
2000-2022	0,267	0,244	0,237	0,221	0,250
1980-2000	0,495	0,464	0,283	0,278	0,342
	0,722	0,702	0,914	0,955	0,856

Proyecciones del caudal natural de los ríos

Todos los porcentajes que se muestran en los cuadros siguientes corresponden a la variación (%) del año proyectado al período de referencia de referencia, 2000 a 2022. Estos valores se calcularon utilizando entre 12 y 20 modelos climáticos, dependiendo de la bondad de ajuste (ver apéndice ASD). Los porcentajes presentados en las tablas son el promedio de las anomalías calculadas por todos los modelos considerados para cada río y representan un aumento (cuando es positivo) y una disminución (cuando es negativo). Por ejemplo, en la Tabla 5-12, el valor de enero de 2030 se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Enero}_{2030} = \text{Enero}_{2000-2022} * (1 + \% \text{January}_{2030} / 100)$$

$$219,9 = 105,6 * 0,48$$

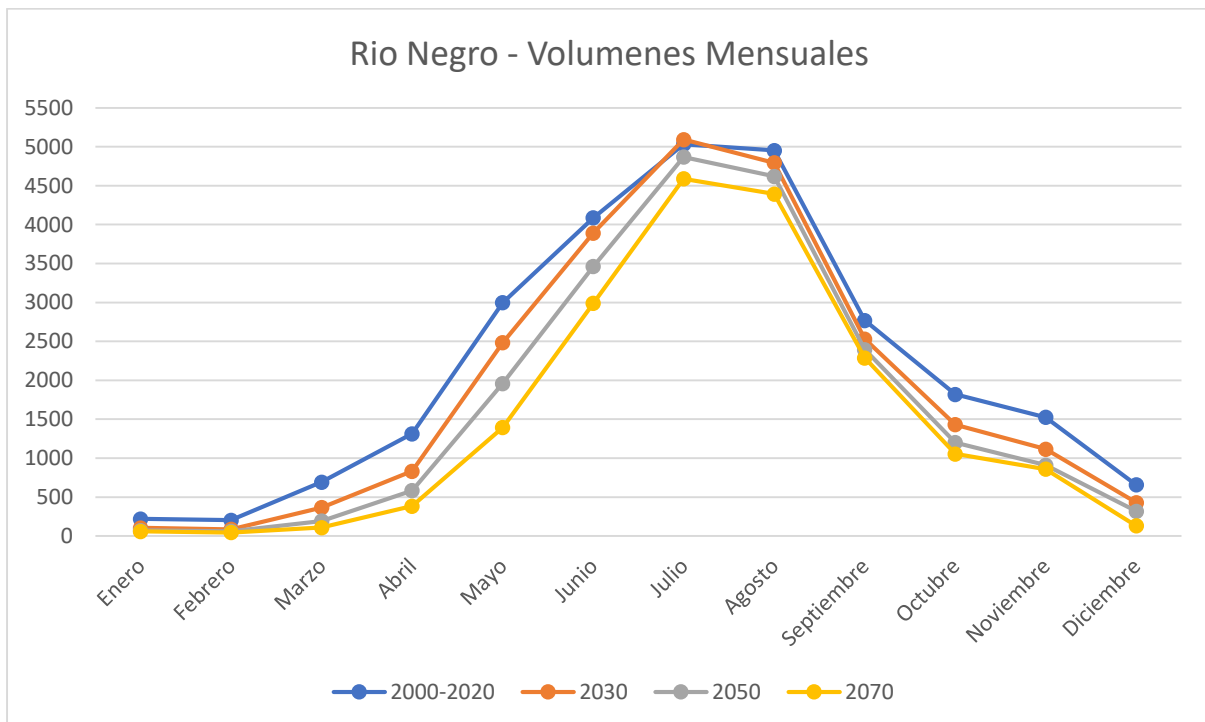
En las próximas tablas se presenta la distribución mensual del caudal del Río Negro y el Colorado junto con los cambios porcentuales proyectados.



Proyecciones en el Río Negro

Proyecciones de volúmenes de flujo natural del Río Negro aguas debajo de la ciudad de Neuquén, en 2030, 2050, 2070

Mes	Promedio 2000-2020	2030		2050		2070	
	Mm ³	%	Mm ³	%	Mm ³	%	Mm ³
Enero	220	-52%	106	-67%	73	-72%	61
Febrero	204	-58%	86	-69%	63	-77%	46
Marzo	693	-47%	366	-72%	193	-84%	109
Abril	1.313	-37%	832	-55%	585	-71%	384
Mayo	2.997	-17%	2.484	-35%	1.959	-53%	1.395
Junio	4.087	-5%	3.892	-15%	3.463	-27%	2.989
Julio	5.032	1%	5.092	-3%	4.868	-9%	4.588
Agosto	4.952	-3%	4.794	-7%	4.619	-11%	4.394
Septiembre	2.770	-9%	2.530	-14%	2.396	-17%	2.289
Octubre	1.819	-21%	1.432	-34%	1.201	-42%	1.055
Noviembre	1.526	-27%	1.116	-40%	911	-44%	859
Diciembre	658	-35%	431	-52%	319	-80%	132
Promedio Anual	26.270	-12%	23.162	-21%	20.649	-30%	18.301

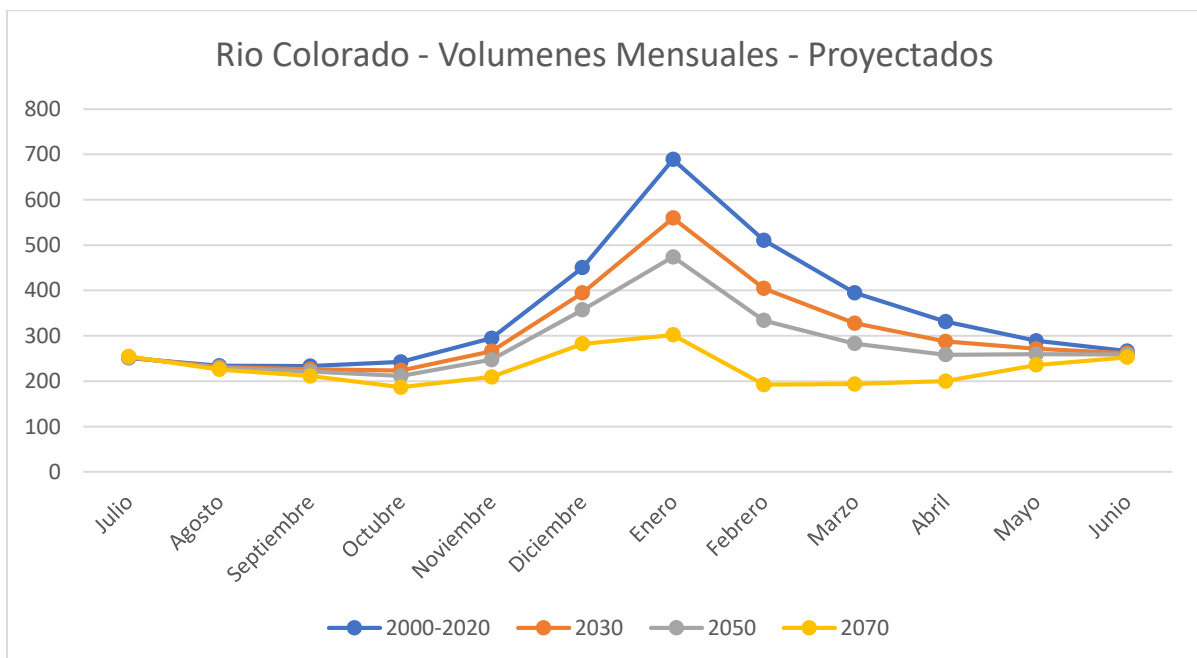




Volúmenes mensuales proyectados para el Río Negro

Proyecciones de volúmenes de flujo natural del Río Colorado en la entrada de la provincia, en 2030, 2050, 2070

Mes	Promedio 2000-2022	2030		2050		2070	
	hm ³	%	hm ³	%	hm ³	%	hm ³
Enero	688.7	-18.7	559.8	-31.2	473.9	-56.1	302.0
Febrero	510.5	-20.8	404.5	-34.6	333.8	-62.3	192.4
Marzo	394.8	-17.0	327.8	-28.3	283.1	-50.9	193.7
Abril	331.3	-13.2	287.6	-22.0	258.5	-39.5	200.3
Mayo	289.0	-6.2	271.2	-10.3	259.4	-18.5	235.7
Junio	266.3	-1.7	261.7	-2.9	258.6	-5.2	252.5
Julio	251.2	0.4	252.3	0.7	253.0	1.3	254.5
Agosto	233.9	-1.1	231.2	-1.9	229.4	-3.4	225.8
Septiembre	233.3	-3.1	226.0	-5.2	221.2	-9.3	211.5
Octubre	242.3	-7.7	223.7	-12.8	211.4	-23.0	186.6
Noviembre	294.7	-9.7	266.2	-16.1	247.3	-29.0	209.3
Diciembre	450.4	-12.4	394.4	-20.7	357.1	-37.3	282.5
Promedio ANUAL	4.186	-9.5	3.706	-15.8	3.386	-28.5	2.746



Volúmenes mensuales proyectados para el Río Negro



ANEXO II – SECCION 3

El Apéndice 1 muestra los metadatos de los ríos Río Negro (ubicación, tamaño de la cuenca y caudal promedio anual en cada río). El Tabla Apéndice 2 muestra la evapotranspiración anual esperada en la provincia de Río Negro.

La Tabla Apéndice 3 muestra el agua disponible calculada en Río Negro (2000-2022).

Tabla Apéndice 1: Metadatos de los ríos Río Negro.

Nombre del río	Superficie de la cuenca (km ²)	Caudal medio anual (m ³ /s)	Promedio anual volumen de flujo (hm ³)
Río Colorado en Casa de Piedra	294.000	134	4.228
Río Negro En estación "Allen"	102.000	817	25.761
Río Limay en "Arroyito"	56.000	542	17.078
Río Neuquén en "El Chañar"	30.000	279	8.791

Tabla Apéndice 2: Evapotranspiración anual prevista en la provincia de Río Negro.

Año	Evapotranspiración anual (mm)
1950	1.521
1951	1.389
1952	1.561
1953	1.480
1954	1.442
1955	1.596
1956	1.520
1957	1.437
1958	1.506
1959	1.530
1960	1.535
1961	1.470
1962	1.514
1963	1.493
1964	1.518
1965	1.461
1966	1.487
1967	1.544
1968	1.498
1969	1.518



Año	Evapotranspiración anual (mm)
1970	1.477
1971	1.526
1972	1.438
1973	1.610
1974	1.527
1975	1.470
1976	1.487
1977	1.554
1978	1.547
1979	1.503
1980	1.540
1981	1.567
1982	1.500
1983	1.449
1984	1.574
1985	1.457
1986	1.500
1987	1.505
1988	1.557
1989	1.553
1990	1.493
1991	1.466
1992	1.475
1993	1.477
1994	1.477
1995	1.512
1996	1.542
1997	1.498
1998	1.447
1999	1.543
2000	1.552
2001	1.580
2002	1.525
2003	1.489
2004	1.501
2005	1.553
2006	1.541
2007	1.518
2008	1.505



Año	Evapotranspiración anual (mm)
2009	1.598
2010	1.552
2011	1.553
2012	1.544
2013	1.546
2014	1.493
2015	1.510
2016	1.590
2017	1.564
2018	1.488
2019	1.573
2020	1.496
2021	1.545
2022	1.499
2023	1.591
2024	1.651
2025	1.629
2026	1.598
2027	1.615
2028	1.556
2029	1.544
2030	1.476
2031	1.620
2032	1.528
2033	1.557
2034	1.577
2035	1.566
2036	1.561
2037	1.568
2038	1.527
2039	1.556
2040	1.624
2041	1.592
2042	1.595
2043	1.530
2044	1.629
2045	1.614
2046	1.637
2047	1.617



Año	Evapotranspiración anual (mm)
2048	1.554
2049	1.618
2050	1.656

Tabla Apéndice 3: Agua disponible anual calculada en la provincia de Río Negro (en hm³).

Año	Río Colorado en Casa de Piedra	Río Negro en estación "Allen"	Limay Río en "Arroyito"	Neuquén en "El Chañar"
1980	10.410	44.400	27.600	16.600
1981	8.690	35,800	21.200	14.400
1982	8.910	39.900	24.200	16.400
1983	13.770	30.800	14.900	15.000
1984	7.090	33.100	21.500	11.700
1985	7.170	28.500	19.200	8.900
1986	7.050	29.600	17.400	12.400
1987	8.600	23.700	15.000	8.500
1988	6.700	20.300	12.300	8.200
1989	4.950	18.900	12.200	6.500
1990	3.530	24.900	17.400	7.400
1991	4.410	29.200	17.900	11.800
1992	4.600	28.400	17.800	10.300
1993	4.180	37.000	25.500	11.600
1994	4.320	31.500	20.900	10.500
1995	3.420	27.500	18.300	9.100
1996	2.530	14.500	9.600	4.700
1997	4.500	35.500	23.000	12.600
1998	2.680	11.600	8.000	3.400
1999	2.680	20.600	13.900	6.700
2000	2.850	26.500	17.600	9.000
2001	4.010	35.000	21.900	13.000
2002	4.580	34.100	22.700	11.500
2003	3.570	26.500	18.300	8.000
2004	3.970	29.800	20.800	9.000
2005	4.610	30.200	19.400	10.800
2006	5.070	36.700	23.200	13.400
2007	2.900	17.400	11.900	5.300
2008	4.530	26.500	16.700	9.800
2009	3.690	30.700	21.400	9.600
2010	3.450	21.400	14.500	6.600
2011	5.140	25.000	16.000	8.900



2012	4.660	21.300	14.400	7.000
2013	5.400	26.000	17.400	8.300
2014	5.550	32.200	21.000	10.700
2015	5.230	28.800	18.600	10.300
2016	6.180	16.800	10.400	6.100
2017	5.290	25.100	16.200	9.000
2018	5.630	28.900	18.800	9.900
2019	3.970	24.000	16.100	7.800
2020	2.590	19.000	12.600	6.200
2021	2.400	16.700	10.400	6.000
2022	1.980	13.900	12.500	6.000



SECCIÓN 4 – PROYECCIONES DE LA DEMANDA

1. INTRODUCCIÓN.....	117
2. RESUMEN EJECUTIVO	117
3. OBJETIVO DEL INFORME	121
4. RESUMEN DE LA DEMANDA DE AGUA	122
4.1. DEMANDA POBLACIONAL ACTUAL	122
4.2. DEMANDA DE AGRICULTURA	128
4.3 DEMANDAS INDUSTRIALES	139
5. RESUMEN DE LA DEMANDA.....	141
.6 METODOLOGÍA PARA PROYECCIONES DE LA DEMANDA.....	142
6.1 DEMANDA PROYECTADA PARA EL CONSUMO POBLACIONAL EN UN ESCENARIO TENDENCIAL A 2040 Y 2055	143
6.2 DEMANDA PROYECTADA PARA EL CONSUMO AGRÍCOLA EN UN ESCENARIO TENDENCIAL A 2040 Y 2055	146
6.3 DEMANDA PROYECTADA PARA USO INDUSTRIAL EN UN ESCENARIO TENDENCIAL A 2040 Y 2055.....	150
7. CONCLUSIONES	151
ANEXOS.....	155
ANEXO I – DEMANDAS INDUSTRIALES.....	156
1. CUENCA LIMAY Y AZUL.....	156



<u>2. CUENCA RIO COLORADO.....</u>	<u>157</u>
RADIO II: CATRIEL - AGUAS ARRIBA	157
RADIO X: RÍO COLORADO - AGUAS ABAJO	158
<u>3. CUENCA RIO NEUQUÉN – ALTO VALLE</u>	<u>158</u>
RADIO IV	160
RADIO VI	162
<u>4. CUENCA RIO NEGRO – ALTO VALLE</u>	<u>164</u>
RADIO V	165
RADIO VIII	167
<u>5. USO DE AGUA PÚBLICA EN LA INDUSTRIA HIDROCARBURÍFERA</u>	<u>168</u>
<u>6. RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADA CUENCA SEGÚN EL RADIO</u>	<u>174</u>
<u>ANEXO II – PROYECCIONES POBLACIONALES</u>	<u>175</u>
<u>ANEXO III – DEMANDA POBLACIONAL</u>	<u>177</u>



1. INTRODUCCIÓN

Este informe presenta los cálculos de la demanda de agua actual y futura en un escenario tendencial en la provincia de Río Negro para el año 2055.

La proyección en un escenario de crecimiento de la demanda agrícola por un desarrollo de nuevas áreas de riego y ampliación de actuales (“potencial-productivo, será planteada en un informe posterior, como así también proyectos mineros e industriales que demandarán agua en un escenario a 2055. Los escenarios productivos a analizar serán consensuados con las distintas reparticiones del gobierno provincial.

El escenario tendencial que se presenta en este documento servirá como base de comparación para evaluar los impactos y las necesidades de los desarrollos futuros. Las proyecciones del escenario tendencial se han realizado considerando que no hay cambios significativos en la gestión y el uso de los recursos hídricos, los cambios en las variables principales para los distintos usos del agua son los siguientes:

- Agua potable: el crecimiento demográfico es el único factor que afecta la demanda, no hay reducción de las pérdidas de agua y no hay cambios en el consumo per cápita.
- Demanda agrícola: la superficie cultivada permanece fija, sólo la demanda de cultivos cambia por el efecto del cambio climático sobre los valores de ETo causado por un aumento de la temperatura y variaciones en los regímenes de las precipitaciones. También hay un efecto importante del Cambio Climático sobre la oferta hídrica del agua superficial por la disminución de las precipitaciones níveas en la Cordillera de los Andes.

Si bien el escenario objetivo es el año 2055, se incorpora un escenario al año 2040 como análisis intermedio del periodo 2023 – 2055.

Se obtuvo la siguiente distribución de la demanda para los años 2023, 2040 y 2055 en hm^3 por año.

Tabla 1-1: Distribución de la demanda en un escenario tendencial en hm^3

	Poblacional	Agricultura	Industrial	Total
2023	122	4857	32	5011
2040	193	4987	36	5216
2055	250	5082	37	5369

2. RESUMEN EJECUTIVO

En la sección N°3 se determina las demandas actuales y las proyecciones de demanda de agua para los sectores Agrícola, Poblacional, Industrial y otros en la Provincia de Río Negro en un escenario tendencial. Las proyecciones se realizaron para los años 2040 y 2055.



La Tabla 2-1 presenta las fuentes de datos utilizadas para predecir la demanda sectorial de agua.

Tabla 2-1: Fuentes de datos primarios

Sector	Fuente de datos / Hipótesis
Agricultura	Informe Mekorot - Los efectos del cambio climático en la futura disponibilidad de agua en Rio Negro (Capítulo 2) Datos recopilados en visitas técnicas y validados con organismos de la Provincia (DPA y Secretaría de Agricultura del Ministerio de Desarrollo Económico y Productivo)
Poblacional	Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 y 2022– INDEC Informe 2023 – Aguas Rionegrinas (ARSA) Dirección de Regulación de servicios de saneamiento – Departamento Provincial de Aguas
Industrial	Intendencia General de Recursos Hídricos, IGRH - Departamento Provincial de Aguas

La demanda sectorial actual de agua de la provincia de Rio Negro, para el año 2023, se presenta en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Demanda actual de agua por sectores

Sector	Demanda de Agua (hm ³)
Poblacional (hm ³)	122
Agricultura (hm ³)	4857
Industrial (hm ³)	32
Total (hm³)	5011

Según la proyección de la demanda total de agua, la cual se puede ver en la tabla 1-1, se observa que se prevé un aumento del 4 % desde el año 2023 al año 2040, aumentando 205 hm³ en 17 años y un 7 % al año 2055. El incremento en la demanda hídrica total es de 358 hm³ en 32 años.

Estos incrementos están previstos en un escenario tendencial, es decir sin tener en cuenta factores externos, solo se tiene en cuenta el crecimiento demográfico y efectos del cambio climático sobre la agricultura, sin realizar intervención de infraestructura en los sistemas públicos de riego, manteniendo las mismas condiciones y suponiendo que no haya cambios en el patrón de cultivo.

Del cuadro anterior (Tabla 2-2) se tiene que la demanda actual es de 5011 Hm³ de los cuales el 2% corresponde al consumo poblacional, el 1% al consumo industrial y el 97% al consumo agrícola, siendo el consumo más significativo.

Gráfico 2-1: Demanda de agua proyectada (hm³) – 2023-2040 – 2055

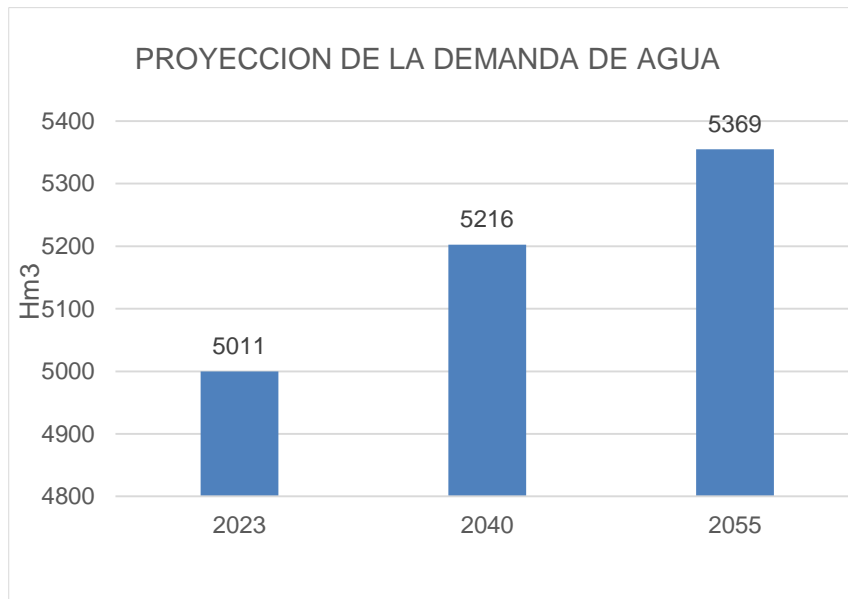
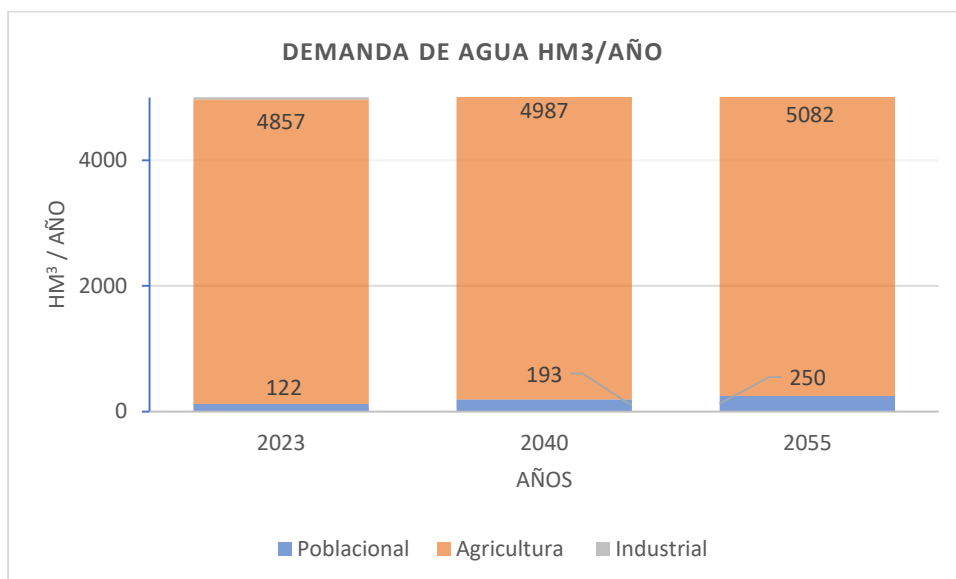


Gráfico 2-2: Rio Negro, demanda de agua proyectada por sector (hm³) – 2023 -2055



Para el análisis de la demanda hídrica en el territorio de la provincia se realiza una desagregación por cuencas. Algunas de estas cuencas presentan una oferta muy elevada como así también su capacidad de regulación mediante embalses. En algunas otras la oferta es muy baja y no cuentan con grandes estructuras de regulación.

Para analizar las demandas de la cuenca del Rio Negro se dividió esta cuenca en aguas arriba y aguas abajo de la confluencia de sus tributarios más importantes, analizando por separado los consumos en el Río Limay, los consumos en el Río Neuquén y los consumos aguas abajo de la confluencia de estos. Del río Neuquén se alimenta el canal principal de riego del sistema del Alto Valle del río Negro (con su



toma en el dique Ballester), también el sistema público de Campo Grande se abastece del río Neuquén. En la cuenca del Limay, los consumos más relevantes se deben al uso poblacional en la ciudad de Bariloche y alrededores. También existe un área incipiente de riego de 1.052 has, denominada Terrazas bajas del Limay – Las Perlas.

Aguas abajo de la confluencia del Neuquén y el Limay, se tomaron tres sectores, Alto Valle (Valle Azul), Valle Medio (Choele Choel, Margen Norte, Canal Ing. Suarez) y Valle Inferior (Gral Conesa, Colonia Frías e IDEVI).

En la cuenca del río Colorado se tomaron dos secciones divididas por el embalse y presa Casa de Piedra que oficia como única obra de regulación de la cuenca, una, aguas arriba del dique Casa de Piedra (sector no regulado del río, con principal consumo en Catriel) y otra, aguas abajo de Casa de Piedra (sector regulado, consumos en el valle de Río Colorado y Santa Nicolasa).

En la cuenca del río Chubut se toman los consumos agrícolas en Río Chico y UAP para riego en cercanías de El Maitén.

Por último, en la Región Sur se consideró la demanda poblacional que toma de los manantiales de la meseta de Somuncurá y la agrícola del arroyo Valcheta.

Las demandas hídricas para cada uno de los sistemas se presentan a continuación:

Tabla 2-3: Demanda Hídrica Actual por cuencas

CUENCA	Demanda bruta 2022			
	Poblacional	Agrícola	Industrial	TOTAL
	(hm3/año)	(hm3/año)	(hm3/año)	(hm3/año)
Río Neuquén	36	1.527	6,7	1569
Río Negro	46	2.882	22,2	2950
Río Colorado	6	389	0,0	395
Limay	22		3,4	26
Azul	4	23	0,1	27
Chubut	0	15	0,0	15
Región Sur (*)	4	22	0,0	26
Subterránea	5		0,0	5
Totales	122	4857	32	5011

Región Sur (*): Corresponde al agua superficial de los arroyos.



Tabla 2-4: Demanda Hídrica Proyectada por cuencas

CUENCA	Demanda bruta 2040				Demanda bruta 2055			
	Poblaciona l	Agrícola	Industrial	TOTAL	Poblacio nal	Agrícola	Industrial	TOTAL
	(hm ³ /año)	(hm ³ /a ño)	(hm ³ /año)	(hm ³ /a ño)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)
Río Neuquén	51	1.565	7,4	1624	63,3	1.605	7,6	1676
Río Negro	72	2.960	23,8	3056	93,7	3.009	23,9	3127
Río Colorado	10	400	0,2	411	13,9	405	0,3	419
Limay	40		4,1	44	51,6		4,3	56
Azul	9	23	0,2	33	14,6	24	0,3	38
Chubut	0	3	0,0	3	0,2	3	0,0	3
Región Sur	5	23	0,2	28	5,4	24	0,2	30
Subterránea	5		0,0	5	6,5		0,0	6
Totales	193	4.974	36,0	5203	249	5069	36,6	5355

Para realizar un análisis en profundidad del cambio en las tendencias de consumos en el tiempo, en cada región, así como también una mejor gestión del recurso hídrico, es recomendable incrementar la medición de los consumos de agua en todos los sectores de demanda hídrica de la provincia.

La disminución proyectada en la disponibilidad de agua y el aumento proyectado en la demanda agrícola podrían, en algunas cuencas, obligar al sector agrícola a modificar sus prácticas actuales si se pretende mantener o aumentar la superficie cultivada.

Para implementar cambios o nuevas estrategias es fundamental contar con información de base confiable. Se recomienda comenzar con la instalación de sistemas para la medición del agua en lugares estratégicos, esto permitirá tener un mejor conocimiento de los volúmenes de agua que se distribuyen en los distintos sistemas, las pérdidas de agua en los sistemas de conducción y abastecimiento agrícola, así como también en las redes de agua urbana.

3. OBJETIVO DEL INFORME

En el presente informe se realizan las proyecciones de la oferta y de la demanda hasta el año 2055 en un escenario tendencial.

Las proyecciones de la Oferta y la Demanda de agua son necesarias para desarrollar un nuevo enfoque para la gestión hídrica y uso del agua en función de la disponibilidad.



Las proyecciones de la oferta se hacen en el marco de los efectos del Cambio Climático en base a los resultados de modelos de pronósticos. Con esos modelos se busca estimar los valores probables de las variables más relevantes para la gestión del recurso hídricos como son la Temperatura, Precipitaciones, Agua Disponible y Evapotranspiración.

Las proyecciones de las demandas se hacen en el marco de un escenario tendencial para los distintos usos del agua en las cuencas provinciales. En base a los resultados de los modelos de pronóstico se calculan las demandas futuras debido a los aumentos de temperatura y de evapotranspiración esperados y en función del crecimiento de la población se calculan los aumentos de las demandas de abastecimiento poblacional.

El crecimiento de la población y el aumento de la demanda de agua asociado a ello producirá un aumento de los volúmenes de efluentes cloacales que deberán ser tratados para su correcta disposición. Estos nuevos volúmenes de efluentes se consideran una nueva oferta hídrica que puede ser tenida en cuenta para su utilización.

4. RESUMEN DE LA DEMANDA DE AGUA

4.1. DEMANDA POBLACIONAL ACTUAL

La demanda poblacional, se compone del agua para usos residenciales y el agua no contabilizada (ANC), para ello se considera el dato de demanda residencial estimada, provisto por ARSA de 280 Litros/habitante/día, más un 50% de ANC.

Los valores de las dotaciones se estiman, según ARSA, en 280 l/hab. día, y en otras localidades se estimaron según los datos de los planes directores de cada localidad.

Cabe aclarar que para la demanda residencial se analizaron individualmente las localidades de cada región, ya que el consumo varía entre las distintas zonas de la provincia, particularmente en aquellas localidades con influencia turística. Para el cálculo de población se tiene en cuenta la población estable y para el consumo, se tiene en cuenta el caudal medio entre máximos y mínimos en temporadas altas y bajas.

Por otro lado, es importante aclarar, que el agua no contabilizada es un estimado de la sumatoria de todas las pérdidas del sistema, conexiones clandestinas o conexiones no declaradas. Se estima en un 50 % de la dotación diaria, pero la realidad es que es un dato incierto, ya que en algunas localidades los sistemas son antiguos y las pérdidas pueden ser mayores, como es el caso de Sierra Grande, donde actualmente se tiene consumos muy elevados mayores a los 400 l/hab/día siendo una localidad de residencias normales, con lo cual los consumos deberían ser del orden de los 280 l/hab/día. Y en otros casos el agua no contabilizada puede ser menor al 50%.

Otro factor que influye en el agua no contabilizada son los consumos presuntos por falta de micro medición donde los valores pueden superar los considerados, o si se trata de construcciones no declaradas.



Por lo tanto, si tomamos el promedio de la dotación total para las distintas regiones se obtiene un valor de 322 l/hab. Día, y si se adiciona el 50 % por el ANC (161 l/hab. Día) se obtiene un valor de dotación de 483 l/hab. Día. Se debe tener en cuenta que son valores aproximados, ya que no existen datos de mediciones, sino que son estimados, para el valor del ANC en muchos casos pueden ser menores, se toman las condiciones más desfavorables para el análisis, ya que el agua para consumo humano no representa un volumen significativo respecto al agua para el consumo agrícola.

Tabla 4-1: Río Negro – Resumen de la composición total de la Demanda poblacional

Clasificación	Río Negro	Cantidad de Hab.	Población servida agua	Cobertura agua	Dotación	Demanda residencial	ANC 50%	Consumo Poblacional
Cuencas	Región	Población 2023		%	l/hab/día	hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año
Río Neuquén	Alto Valle	231.667	216.239	96,03%	307	25	11	36
Río Negro	Alto Valle	121.771	112.805	97,67%	299	13	6	19
	Valle Medio	79.015	71.553	95,96%	362	9	4	13
	Valle inferior	71.644	70.913	88,94%	321	9	5	14
Río Colorado	Aguas arriba	24.202	22.227	91,84%	320	3	1	4
Río Colorado	Aguas abajo	16.132	13.532	83,88%	320	2	1	2
Limay	Lago Nahuel Huapi	151.634	130.959	88,65%	317	15	7	22
Azul	Río Quenquemtreu	24.276	21.421	1	312	2	1	4
Chubut	Río chubut	597	355	59,48%	280	0	0	0
Región Sur	Arroyo Valcheta, Arroyo Los Berros y Ventana	16.013	16.013	100,00%	365	2	1	4
Agua subterránea	Pozos (zona sur)	28.191	28.502	100,00%	285	3	2	5
Total	-	765.142	704.518	-	319	83	39	122

Tabla 4-2: Cuenca de Río Neuquén – Alto Valle. Composición de la demanda poblacional



Clasificación	Región	Alto Valle					
Cuenca	Localidad	Cantidad de Hab.	Población servida agua	Demanda residencial	ANC 50%	Consumo Poblacional	Captación
		Población 2023		hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año	Fuente
Rio Neuquén	Cipoletti	105.482	95.780	11,187	5,594	16,781	Rio Neuquén
	Cte. Cordero	2.306	1.211	0,124	0,062	0,186	Rio Neuquén
	Allen (60%)	19.118	16.591	1,938	0,969	2,907	Rio Neuquén
	F. Oro (60%)	9.473	6.758	0,789	0,395	1,184	Rio Neuquén
	Roca (60%)	65.208	64.700	7,368	1,842	9,210	Rio Neuquén
	Cinco Saltos	27.566	28.685	3,350	1,675	5,026	Rio Neuquén
	Barda del medio	2.514	2.514	0,257	0,128	0,385	Rio Neuquén
	Total	231.667	216.239	25	11	36	

Tabla 4-3: Cuenca Río Negro - Alto Valle. Composición de la demanda poblacional

Clasificación	Región	Alto Valle					
Cuenca	Localidad	Cantidad de Hab.	Población servida agua	Demanda residencial	ANC 50%	Consumo Poblacional	Captación
		Población 2023		hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año	Fuente
Rio Negro	Allen (40%)	12.746	11.060	1,292	0,646	1,938	Rio Negro
	F. Oro (40%)	6.315	4.505	0,526	0,263	0,789	Rio Negro
	Roca (40%)	43.472	43.134	4,912	2,456	7,368	Rio Negro
	Chichinales	5.192	5.078	0,519	0,259	0,778	Rio Negro
	Ing Huergo	8.571	8.391	0,858	0,429	1,286	Rio Negro
	Gral. Godoy	4.645	3.372	0,345	0,172	0,517	Rio Negro
	Cervantes	7.796	5.882	0,601	0,301	0,902	Perforación
	V. Regina	33.034	31.382	3,665	1,833	5,498	Río Negro
	Total	121.771	112.805	13	6	19	

Tabla 4-4: Cuenca Río Negro – Valle Medio. Composición de la demanda poblacional

Clasificación	Región	Valle Medio
---------------	--------	-------------



Cuenca	Localidad	Cantidad de Hab.	Población servida agua	Demanda residencial	ANC 50%	Consumo Poblacional	Captación	
		Población 2023		hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año	Fuente	
Río Negro	Darwin	1.525	1.407	0,4	0,0	0,4	Río Negro	
	Guardiamitre	816	417	0,0	0,0	0,1	Perforación	
	Chimpay	4.721	6.664	0,8	0,4	1,2	Perforación	
	Belisle	2.120	2.120	0,2	0,1	0,3	Perforación	
	Choele	13.588	12.070	1,6	0,8	2,4	Río Negro	
	Beltran	8.087	6.685	0,8	0,4	1,2	Perforación	
	Lamarque	9.949	9.750	1,1	0,6	1,7	Perforación	
	Pomona	1.100	1.100	0,1	0,1	0,2	Perforación	
	Conesa	7.118	6.786	0,7	0,3	1,0	Perforación	
	San Antonio Oeste	26.510	20.930	2,4	1,2	3,7	Canal Ing. Suarez	
	San Antonio Este	594	594	0,1	0,0	0,1	Canal Ing. Suarez	
	Las Grutas	10.821	10.233	1,2	0,6	1,8	Canal Ing. Suarez	
	Total		86.949	78.756	9	5	14	

Tabla 4-5: Cuenca Río Negro – Valle Inferior. Composición de la demanda poblacional

Clasificación	Región	Valle Inferior (franja costera)					
		Cantidad de Hab.	Población servida agua	Demanda residencial	ANC 50%	Consumo Poblacional	Captación
Cuenca	Localidad	Población 2023		hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año	Fuente
Río Negro	Viedma	59.993	59.993	8,2	4,1	12,3	Río Negro
	San Javier	2.053	2.053	0,2	0,1	0,3	Río Negro
	El condor	1.664	1.664	0,2	0,1	0,3	Río Negro
	Total	63.710	63.710	9	4	13	

Tabla 4-6: Cuenca Río Colorado – Aguas arriba y aguas abajo del embalse Casa de Piedra. Composición de la demanda poblacional

Clasificación	Región	Aguas arriba					
		Cantidad de Hab.	Población servida agua	Demanda residencial	Pérdidas del	Consumo Poblacional	Captación
Cuenca	Localidad						



Clasificación	Región	Zona Andina					Fuente
		Cantidad de Hab.	Población servida agua	Demanda residencial	ANC 50%	Consumo Poblacional	
Río Colorado		Población 2023		hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año	
	Catriel	24.202	22.227	2,6	1,3	3,9	Perforaciones
		aguas abajo					
	Río Colorado	16.132	13.532	1,6	0,8	2,4	Río Colorado/Perforacion
	Total	40.334	35.759	4	2	0	

Tabla 4-7: Cuenca Limay. Composición de la demanda poblacional

Clasificación	Región	Zona Andina					
Cuenca	Localidad	Cantidad de Hab.	Población servida agua	Demanda residencial	ANC 50%	Consumo Poblacional	Captación
Limay		Población 2023		hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año	Fuente
	Bariloche	135.755	116.668	13,3	6,6	19,9	(*)
	Dina Huapi	5.879	5.291	0,6	0,3	0,9	Lago Nahuel Huapi
	Balsa las perlas	10.000	9.000	1,1	0,5	1,6	Limay
	Total	141.634	121.959	14	7	21	

(*) Lago Nahuel Huapi, Arroyo Ñireco, Vertientes, Lago Moreno, Arroyo Casa de Piedra, Arroyo Cascada y Arroyo Gutiérrez

Tabla 4-8: Cuenca Azul. Composición de la demanda poblacional

Clasificación	Región	Zona Andina					
Cuenca	Localidad	Cantidad de Hab.	Población servida agua	Demanda residencial	ANC 50%	Consumo Poblacional	Captación
Azul		Población 2023		hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año	Fuente
	El Bolson	24.276	21.421	2	1	4	Río Quenquemtreu
	Total	24.276	21.421	2	1	4	

Tabla 4-9: Cuenca Chubut. Composición de la demanda poblacional

Clasificación	Región	Zona Andina					
Cuenca	Localidad	Cantidad de Hab.	Población servida agua	Demanda residencial	ANC 50%	Consumo Poblacional	Captación



Chubut		Población 2023		hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año	Fuente
	Ñorquinc	597	355	0,036	0,018	0,054	Rio chubut
Rio Chico	367	367	0,038	0,019	0,056	Rio chico/perforación	
Total	964	722	0	0	0		

Tabla 4-10: Región Sur – Arroyo Valcheta, Los Berros y Ventana. Composición de la demanda poblacional.

Clasificación	Región	Región Sur					
		Cantidad de Hab.	Población servida agua	Demanda residencial	ANC 50%	Consumo Poblacional	Captación
Región Sur (superficial)		Población 2023		hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año	Fuente
	Valcheta	3.564	3.564	0,4	0,2	0,5	Arroyo Valcheta
	Sierra Grande	9.393	9.393	1,7	0,9	2,6	Acueducto
	Playas Doradas	1.299	1.299	0,2	0,1	0,3	Acueducto
	Comisiones de fomento (*)	1.757	1.757	0,2	0,1	0,3	agua superficial
	Total	16.013	16.013	2	1	4	

Comisiones de fomento (*): Arroyo Los Berros y Ventana, Comicó, El Caín, Cona Niyeu, El Manso

Tabla 4-11: Agua subterránea – Línea Sur. Composición de la demanda poblacional.

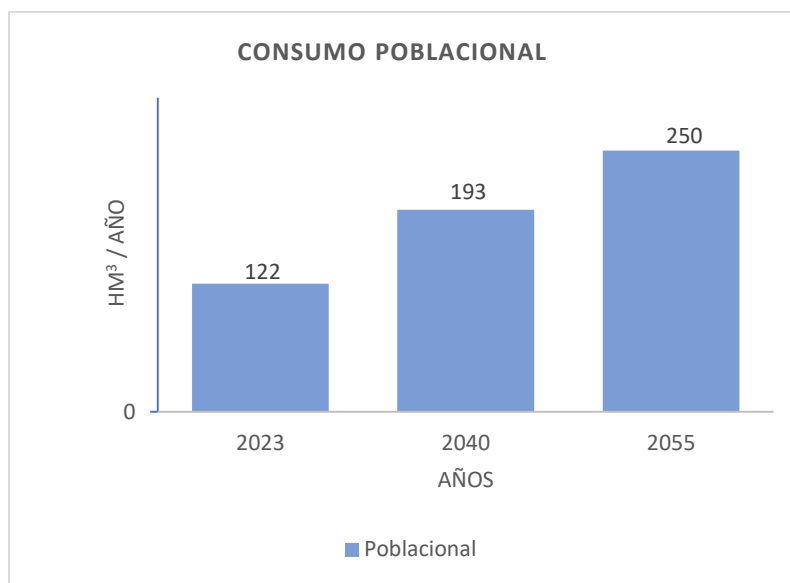
Clasificación	Región	Subterránea					
		Cantidad de Hab.	Población servida agua	Demanda residencial	ANC 50%	Consumo Poblacional	Captación
Subterránea		Población 2023		hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año	Fuente
	Los Menucos	4.244	4.244	0,4	0,2	0,7	Perforación
	Comallo	1.811	1.823	0,2	0,1	0,3	Perforación
	Ing. Jacobacci	8.112	8.178	1,0	0,5	1,4	Perforación
	Maquinchao	2.834	3.031	0,3	0,2	0,5	Perforación
	Pilcaniyeu	1.118	804	0,1	0,0	0,1	Perforación
	Ramos Mexia	1.131	1.344	0,1	0,1	0,2	Perforación
	Sierra Colorada	1.686	1.823	0,2	0,1	0,3	Perforación
	Comisiones de fomento (*)	7.255	7.255	0,7	0,4	1,1	Perforación
	Total	28.191	28.502	3	2	5	



Comisiones de fomento (*): Pilquiniyeu, Pilquiniyeu del Limay, Prahuaníyeu, Aguada Cecilio, Aguada de Guerra, Aguada Guzmán, Cerro Policía, Chelforó, Chipauquil, Clemente Onelli, Colan Conhue, El Cuy, Fuerte San Javier, Laguna Blanca, Mamuel Choique, Mengué, Nahuel Níyeu, Naupa Huen, Ojos de Agua, Paso Flores, Peñas Blancas, Pichi Mahuida, Rincón Treneta, Sierra Pailemán, Valle Azul, Villa Llanquín, Villa Mascardi, Yaminue.

Se prevé que la demanda de agua para consumo poblacional de la provincia aumentará para el año 2040 en aproximadamente un 60 % respecto del año base (2023) y un 100 % para el año 2055, para el consumo poblacional, debido al crecimiento poblacional estimado.

Gráfico 4-1: Río Negro, consumo de agua poblacional proyectada (hm³) – 2023, 2040 y 2055



4.2. DEMANDA DE AGRICULTURA

En este punto se describe el cálculo realizado para determinar la demanda actual de la agricultura, sobre la base de información aportada por el DPA (Departamento Provincial de Aguas) y relevada a campo en visita a los distintos sistemas de riego de la provincia.

El cálculo de demanda del sector agrícola se determinó en base a los datos recopilados en distintos ámbitos de la provincia, validados por la Intendencia de Riego del DPA y en la información presentada en el informe N°1. Los datos con los que se cuentan, declaración de cultivos por regiones y aforos de las redes principales y secundarias de los sistemas públicos de riego son escasos, sería recomendable incrementar en el futuro la frecuencia de éstos para ajustar los cálculos de demanda.

Para el caso del Alto Valle del río Negro se cuenta con el informe del Plan Director del Alto Valle del río Negro que está siendo elaborado por el Grupo PROA SRL – RED INGENIERÍA SRL con financiación del



CFI a pedido del DPA, en el mismo se determina la superficie regada de cada cultivo, eficiencias, requerimiento de los cultivos y cálculos de dotación, que en el caso de este trabajo se utilizó como referencia para corroborar las proyecciones realizadas, siendo adecuados los resultados obtenidos.

En cuanto al cálculo de requerimiento hídrico de los cultivos, cuya metodología de cálculo consiste en obtener los valores de evapotranspiración del cultivo (ETc), mediante la multiplicación de los valores de coeficiente de cultivo (Kc) y los valores de evapotranspiración potencial de cada cuenca (ETo), descontando la precipitación efectiva, se puede estimar un valor de lámina promedio para las distintas áreas de la provincia. Para ello es imprescindible contar con información meteorológica confiable en los puntos a analizar y superficie de los cultivos en cada área.

Como información de base, al no contar con series meteorológicas extensas y confiables, se tomaron los antecedentes utilizados en varios estudios en la provincia que pueden dar un valor de demanda neta de los cultivos por cuenca o subcuenca con suficiente precisión para el objetivo del presente trabajo.

El Informe del INTA Centro Regional Patagonia Norte (2022), “Variabilidad climática en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén”, en su capítulo N° 5: Evapotranspiración Potencial (ETo), concluye que *“El régimen de lluvia local no cubre los requerimientos hídricos de los cultivos; en términos generales tenemos un déficit de 800 mm anuales. Este déficit hídrico es cubierto por el sistema de riego”*.

El Plan Director del Alto Valle del Río Negro (AVRN) acota según Román y Sisul, 1984 in Garrido 2017, que *“La evapotranspiración obtenida de los registros meteorológicos, sobrepasa como promedio a las precipitaciones en todo el territorio con la sola excepción de la región cordillerana...Este marcado déficit hídrico se mantiene durante todo el año, acentuándose durante los periodos estivales. Los promedios anuales de evapotranspiración superan los 700 mm, llegando en algunos casos a 900 mm. Estos valores altos se ven favorecidos por los vientos con direcciones predominantes noroeste y sudoeste e intensidades medias anuales de hasta 20 kilómetros por hora, que actúan en forma constante durante todo el año intercambiando masas de aire saturadas”*.

En la modelación para la “Planificación del aprovechamiento integral y gestión sustentable del recurso hídrico de la cuenca del Río Negro, SlyPH - AIC”; en los cálculos de ETo, se utilizaron estaciones ubicadas en los valles bajo riego. Se realizó un análisis de la información disponible, se compararon estaciones del SMN, INTA, Operadores hidroeléctricos y DPA. Se seleccionaron las estaciones más consistentes, dentro de los valles. Con esas estaciones se calcularon los valores de ETo, con los métodos disponibles en el modelo WEAP. Además, se utilizó una modificación de los Kc de algunos cultivos propuesta por Galeazzi, (2007 y 2012) para dar cuenta del fenómeno de ascenso de los niveles freáticos durante parte de la estación de cultivo. *“Este coeficiente, denominado “kc forzado”, sólo se aplica a cultivos con desarrollo radicular profundo (cercano a 1m), que podrían estar afectados durante la época de crecimiento (frutal de pepita, frutal de carozo y pasturas). Ese fenómeno podría tener una extensión areal que podría influir no solo los cultivos del Alto Valle sino también algunas áreas de riego de Valle Medio (AR Chimpay Belisle Darwin y AR Choele Choele). Este fenómeno da lugar a una reducción del número de riegos necesarios por temporada, lo que establece una diferencia respecto de los requerimientos calculados sin considerar este efecto”*. Este Kc “forzado” tiene un valor promedio de



un 60% del Kc teórico, lo que disminuye los requerimientos netos de estos cultivos en la misma proporción.

Por último, como dato de referencia, el cálculo de la ETc para IDEVI (área de riego del valle Inferior del río Negro), realizado por el INTA Valle Inferior con la metodología FAO, según Cropwap 8.0 da un promedio de 912 mm/año para todos los cultivos. (comunicación personal).

Con estos antecedentes se determinó que el valor de requerimiento neto de las áreas de riego es un valor superior a los 900 mm por año.

Para el caso de estudio se utilizó los valores calculados por INTA Valle Inferior para cada cultivo y se determinó un valor promedio de ETc (Evapotranspiración de cultivos) realizando un promedio ponderado de la ETc para cada área con la participación porcentual de cada cultivo informada por el DPA para cada cuenca o subcuenca, valor que sale de declaraciones juradas de cultivos o relevamientos realizados por los operadores de los sistemas públicos de riego. Se utilizó los valores de ETc de Valle Inferior para cada cultivo por ser la serie más confiable y de mayor demanda neta de manera de estar seguro de cubrir los requerimientos para el desarrollo de los cultivos.

Con esto se puede concluir que tomar estos valores de requerimiento hídrico anual de riego para los cultivos en las cuencas de los ríos Negro y Colorado, es un dato adecuado y que para los fines de este estudio es aceptable, ya que este dato solo se utiliza para estimar la eficiencia global de los sistemas de riego, pero no afecta directamente la demanda actual porque ésta se determina con los volúmenes derivados y la superficie realmente regada.

De acuerdo con esto se determinó un valor de “ETc promedio” (Evapotranspiración de los cultivos para la región), que se utilizó para el cálculo de la demanda neta de los cultivos y se transcribe a continuación. Este valor se obtuvo como un promedio ponderado de las evapotranspiraciones de los tipos de cultivos considerando el peso porcentual de su participación en la célula de cultivos de cada región.

Caso especial se tomó en el alto valle del río Negro dónde si bien la ETc promedio da un valor de 1016 mm/año, se consideró como requerimiento neto 800 mm/año coincidiendo con el Plan Director realizado, ya que el efecto del aporte de la napa freática a la demanda de los cultivos es un fenómeno que da lugar a una reducción del número de riegos necesarios por temporada, lo que establece una diferencia respecto de los requerimientos calculados sin considerar este efecto (Kc “forzado” utilizado en la modelación de la AIC en el año 2018 (WEAP 21).

También en caso de El Bolsón se adoptó un valor de ETc para los cultivos de 900 mm/año, como valor promedio, debido a la falta de información y a las características especiales de la región que cuenta con un sistema informal donde se utiliza el agua de riego para usos domiciliarios junto a mantenimiento de parques, huertas familiares y producciones agrícolas.

Tabla 4-10 ETc promedio por región



REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio
VALLE INFERIOR Río Negro			(mm/año)	(mm/año)
30.000 ha	PASTURAS	60%	1.174	1.058
	CEREALES (Maíz, Sorgo)	17%	870	
	HORTICULTURA (Cebolla)	17%	856	
	FRUTALES	6%	1.005	

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio
RÍO COLORADO Aguas abajo			(mm/año)	(mm/año)
8.200 ha	FRUTICULTURA	30%	1.005	1.042
	PASTURAS	40%	1.174	
	MAIZ	15%	870	
	CEBOLLA	9%	856	
	HORTICULTURA	6%	1.055	

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio
VALCHETA			(mm/año)	(mm/año)
400 ha	PASTURAS IMPLANTADAS	86%	1.174	1.096
	MAIZ	2%	870	
	HORTICULTURA	1%	1.055	
	PASTURAS NATURALES	11%	500	

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio
VALLE MEDIO Río Negro			(mm/año)	(mm/año)
75.375 ha	FRUTICULTURA	5%	1.005	1.031
	PASTURAS IMPLANTADAS	65%	1.174	
	HORTICULTURA	4%	856	
	MAIZ	13%	870	
	otros (cereales)	14%	500	

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio
ALTO VALLE Río Neuquén			(mm/año)	(mm/año)
39.862 ha	Frutales/Vides	77%		800
	Pasturas/Cereales	17%		
	Forestal	1%		
	Hortalizas	4%		
	Ganadería/avícola	1%		



REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio
EL BOLSÓN			(mm/año)	(mm/año)
350 ha	LUPULO	20%		900
	FRUTA FINA	20%		
	PASTURAS	30%		
	HORTICULTURA	20%		
	JARDINES Y PARQUES	10%		

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio
ALTO VALLE Río Negro			(mm/año)	(mm/año)
4.298 ha	FRUTALES PEPITA	57%	1.005	972
	PASTURA	18%	1.174	
	FRUTOS SECOS	5%	985	
	LOTEOS	3%		
	HORTICULTURA	14%	1055	
	CRIADERO BOBINO	4%		

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio
RÍO COLORADO Aguas arriba			(mm/año)	(mm/año)
3.950 ha	Alfalfa	24%	1.174	1.132
	pasturas	62%	1.174	
	Cebolla	11%	856	
	MAIZ	2%	870	
	HORTICULTURA	1%	1.055	

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio
Río CHUBUT			(mm/año)	(mm/año)
580 ha	Alfalfa	100%	1.174	1.174
	pasturas	0%	1.174	
	Cebolla	0%	856	
	MAIZ	0%	870	
	HORTICULTURA	0%	1.055	

En cuanto a la superficie regada en cada subcuenca, se realizaron visitas a los distintos sistemas de riego y se realizaron consultas con los operadores de los sistemas de riego y referentes de la producción local. Para el Alto Valle se utilizaron los cálculos realizados por la consultora que está realizando el Plan Director del AVRN que determinó el área regada con imágenes satelitales.



De este análisis realizado, en base a los datos y opiniones recabadas con los operadores de cada sistema de riego, se desprende que en la actualidad se está regando el 73% de la superficie empadronada bajo riego en el Alto Valle y que en general en el resto de los sistemas de riego se está regando entre un 60% y un 70% de la superficie empadronada bajo riego, con algunas excepciones como IDEVI que tiene un porcentaje mayor, alrededor del 90% de la superficie empadronada actualmente se riega.

Para el caso de los privados (UAP, autorizaciones/permisos de Uso de Agua Pública, otorgados por el DPA) la Intendencia de Riego del DPA informó que en la cuenca del río Negro no están empadronados todos los usos privados de riego, pero teniendo en cuenta todos los usos no registrados formalmente, podemos asumir que se está regando el 100% de los UAP otorgados y que en la cuenca del río Colorado solo se riegan 3.850 has de los UAP otorgados. Estos usos son emprendimientos privados autorizados por el DPA y que extraen el agua directamente de la fuente, por bombeo o gravedad y la derivan a sus propiedades. En la mayoría de los casos la aplican con sistemas presurizados.

Los valores de eficiencia de conducción y aplicación se estimaron en función de algunos aforos realizadas por los operadores y DPA en las redes primarias, por los volúmenes anuales derivados a los sistemas de riego y por la ETC o requerimientos de los cultivos.

En el sistema de riego del Alto Valle, donde hay registro de los caudales diarios derivados al sistema y una estimación de la superficie realmente regada (realizada a través de fotos satelitales), se calculó, para los últimos tres ciclos agrícolas, que la eficiencia global (eficiencia de conducción en la red primaria, secundaria y comunera, más la eficiencia de conducción interna en la chacra o finca y la eficiencia de aplicación) es del orden del 20%. Es decir que de cada 100 litros derivados del río Neuquén destinados a riego, descontando los volúmenes derivados al lago Pellegrini, los cultivos cubren sus requerimientos hídricos con 20 litros. El resto son pérdidas por infiltración, evaporación y percolación profunda.

La baja eficiencia hídrica global del sistema se debe a que presenta la siguientes características: grandes longitudes de canales sin impermeabilizar, problemas de malezas acuáticas en verano, bajo mantenimiento de las redes comuneras de riego, sistemas que operan con niveles de agua altos para distribuir agua en las redes secundarias y comuneras y una parte de estos grandes caudales vuelven al río por “descargadores”, áreas sin cultivar (abandonadas o urbanizadas) que hacen que existan extensiones de canales en áreas improductivas, sistema de riego por gravedad (inundación), sistemas de control de heladas en frutales con inundación y la falta de medición de caudales entregados a los regantes. Gran parte de estas “pérdidas” vuelven al río por el sistema de descargadores y de drenaje y el resto se infiltra, en algunos casos ocasionando problemas de salinización y elevación de la napa freática.

El cálculo realizado para el Alto Valle del río Negro, en el área que se riega por el canal matriz que deriva del dique Ballester, para las temporadas de riego 2020/21, 2021/22 y 2022/23, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4-11 Eficiencia global sistema de riego Alto Valle del río Negro



	PROMEDIO
Sup. total regada (Neta, descontando caminos, canales, etc. (83%)) (has)	35.227
Días de Riego	252
Volumen derivado desde Salto 8 (hm ³ /año)	13.56,3
Volumen promedio derivado por día (hm ³ /día)	5,38
Caudal promedio diario (m ³ /s)	62,2
Dotación bruta (l/s/ha derivados por el sistema)	1,77
Cantidad de días del sistema con caudal máximo (mayor a 65 m ³ /s)	191
Porcentaje de tiempo con caudales máximos (%)	76%
Retornos estimados al río por drenajes y descargas (25/30 m ³ /s)	44%
Dotación en finca (descontando retornos) (l/s/ha)	0,99
Retornos totales (hm ³ /año)	596
Agua entregada en finca (hm ³ /año)	761
Volumen por hectárea entregado (m ³ /ha)	21.594
Requerimiento estimado cultivos estimado por PROA (hm ³ /año)	279
Requerimiento anual estimado cultivos (m ³ /ha)	7.920
Eficiencia conducción sistema riego comunero (%)	56,1%
Eficiencia intrafinca (conducción interna más aplicación) (%)	36,7%
EFICIENCIA GLOBAL ANUAL ESTIMADA (%)	20,6%

La eficiencia global estimada sale de multiplicar la eficiencia de conducción del sistema de riego, es decir desde la captación hasta la finca, por la eficiencia intrafinca, que es la eficiencia de conducción interna y la eficiencia de aplicación del agua de riego.

Para el resto de las cuencas y subcuencas analizadas, los valores de eficiencia global calculados, en base a volúmenes derivados de las fuentes, superficie regada y Etc estimada como promedio ponderado de cada subcuenca, tiene valores levemente superiores a los determinados para el Alto Valle del Río Negro, debido a que en este caso influye el ascenso de la napa freática, disminuyendo los requerimientos netos, haciendo que las eficiencias bajen.

Estos cálculos se realizaron estimando valores de volúmenes totales derivados por las redes principales durante la temporada de riego, aforados con cierta periodicidad por el equipo del DPA y por los valores de máximos y mínimos caudales derivados declarados por los operadores en las visitas realizadas. Tanto los valores de caudales derivados por la red principal y la superficie regada utilizada para estos cálculos fueron validados por la Intendencia de Riego del DPA.

La demanda agrícola actual, con los coeficientes determinados y para un año agrícola, se pueden reflejar en las siguientes tablas:



Tabla 4-12 Superficie regada actual por cuenca y subcuenca

CUENCA	SUBCUENCA	Total has regadas		
		Sistemas públicos (has)	Riego privado (has)	Total por cuenca (has)
Río Neuquén	Alto Valle	39.862		39.862
Río Negro	Alto Valle	4.298	54.900	109.673
	Valle Medio	20.475		
	Valle Inferior	30.000		
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	3.300	650	12.150
	Aguas abajo Casa de Piedra	5.000	3.200	
Río Azul	El Bolsón	350		350
Río Chubut	Río Chico / Cía de Tierras Sud	30	550	580
Región Sur	Valcheta	400		400
Sub Totales		103.715	59.300	
Totales			163.015	163.015

Con estos valores de superficies regadas por cuenca y subcuenca y el cálculo realizado de Etc promedio para cada una de estas regiones, se puede calcular la demanda neta por cuenca o subcuenca, incluyendo los sistemas públicos y los privados.

La demanda neta se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 4-13 Demanda neta por subcuenca

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio	Demanda Neta	Demanda Neta
VALLE INFERIOR Río Negro			(mm/año)	(mm/año)	(m ³ /ha)	(hm ³ /año)
30.000 ha	PASTURAS	60%	1.174	1.058	10.581	317,4
	CEREALES (Maíz, Sorgo)	17%	870			
	HORTICULTURA (Cebolla)	17%	856			
	FRUTALES	6%	1.005			

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio	Demanda Neta	Demanda Neta
RÍO COLORADO aguas abajo			(mm/año)	(mm/año)	(m ³ /ha)	(hm ³ /año)
8.200 ha	FRUTICULTURA	30%	1005	1.042	10.419	85,4
	PASTURAS	40%	1174			
	MAIZ	15%	870			
	CEBOLLA	9%	856			
	HORTICULTURA	6%	1055			



REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio	Demanda Neta	Demanda Neta
VALCHETA			(mm/año)	(mm/año)	(m ³ /ha)	(hm ³ /año)
400 ha	PASTURAS IMPLANTADAS	86%	1.174	1.096	10.961	4,4
	MAIZ	2%	870			
	HORTICULTURA	1%	1.055			
	PASTURAS NATURALES	11%	500			

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio	Demanda Neta	Demanda Neta
VALLE MEDIO río Negro			(mm/año)	(mm/año)	(m ³ /ha)	(hm ³ /año)
75.375 ha	FRUTICULTURA	5%	1.005	1.031	10.307	776,9
	PASTURAS IMPLANTADAS	65%	1.174			
	HORTICULTURA	4%	856			
	MAIZ	13%	870			
	otros (cereales)	14%	500			

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio	Demanda Neta	Demanda Neta
ALTO VALLE Río Neuquén			(mm/año)	(mm/año)	(m ³ /ha)	(hm ³ /año)
39.862 ha	Frutales/Vides	77%		800	8.000	318,9
	Pasturas/Cereales	17%				
	Forestal	1%				
	Hortalizas	4%				
	Ganadería/avícola	1%				

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio	Demanda Neta	Demanda Neta
EL BOLSÓN			(mm/año)	(mm/año)	(m ³ /ha)	(hm ³ /año)
350 ha	LUPULO	20%		900	9.000	3,2
	FRUTA FINA	20%				
	PASTURAS	30%				
	HORTICULTURA	20%				
	JARDINES Y PARQUES	10%				

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio	Demanda Neta	Demanda Neta
ALTO VALLE Río Negro			(mm/año)	(mm/año)	(m ³ /ha)	(hm ³ /año)
4.298 ha	FRUTALES PEPITA	57%	1.005	972	9.719	41,8
	PASTURA	18%	1.174			
	FRUTOS SECOS	5%	985			
	LOTEOS	3%				
	HORTICULTURA	14%	1.055			
	CRIADERO BOBINO	4%				



REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio	Demanda Neta	Demanda Neta
RÍO COLORADO Aguas arriba			(mm/año)	(mm/año)	(m ³ /ha)	(hm ³ /año)
3.950 ha	Alfalfa	24%	1.174	1.132	11.318	44,7
	pasturas	62%	1.174			
	Cebolla	11%	856			
	MAIZ	2%	870			
	HORTICULTURA	1%	1.055			

REGION	CULTIVO	Porcentaje	Etc	Etc promedio	Demanda Neta	Demanda Neta
Río CHUBUT			(mm/año)	(mm/año)	(m ³ /ha)	(hm ³ /año)
580 ha	Alfalfa	100%	1.174	1.174	11.740	6,8
	pasturas	0%	1.174			
	Cebolla	0%	856			
	MAIZ	0%	870			
	HORTICULTURA	0%	1.055			

TOTALES	Sup. Regada (ha)	163.015
	Demanda Neta (hm³/año)	1592,7

Público (hm³/año)	986,1
Privado (hm³/año)	606,5

También se calculó la demanda bruta por regiones y total de la provincia:

Tabla 4-14 Demanda bruta por cuenca y subcuenca

CUENCA	SUBCUENCA	Demanda bruta		
		Sistemas públicos (hm ³ /año)	Riego privado (hm ³ /año)	Total por cuenca (hm ³ /año)
Río Neuquén	Alto Valle	1.527		1.527
Río Negro	Alto Valle	200	943	2.882
	Valle Medio	752		
	Valle Inferior	988		
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	117	15	389
	Aguas abajo Casa de Piedra	191	67	
Río Azul	El Bolsón	23		23
Río Chubut	Río Chico / Cia de Tierras Sud	3	12	152
Región Sur	Valcheta	22		22
Sub Totales		3.821	1.037	
Totales			4.857	4.857



Dot. media por ha en 9 meses de riego (l/s/ha)	1,58	0,75
Vol. derivado por hectárea regada (m ³ /ha/año)	36.837	17.480

Demanda bruta es el volumen necesario para cubrir la demanda neta con los valores de eficiencia global de los sistemas de riego.

A partir de estas demandas netas y los volúmenes derivados de las fuentes (demandas brutas), se puede calcular las eficiencias globales de cada sistema:

Tabla 4-15 Eficiencia global por cuenca y subcuenca

CUENCA	SUBCUENCA	Eficiencia Global	
		Sistemas públicos	Riego privado
		%	%
Río Neuquén	Alto Valle	21%	
Río Negro	Alto Valle	21%	60%
	Valle Medio	28%	
	Valle Inferior	32%	
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	32%	50%
	Aguas abajo Casa de Piedra	27%	50%
Río Azul	El Bolsón	13%	
Río Chubut	Río Chico	13%	50%
Región Sur	Valcheta	20%	

También se calculó el volumen derivado por hectárea de cada fuente para cubrir la demanda bruta en cada cuenca y subcuenca.

Tabla 4-16 Volumen derivado de las fuentes para cada hectárea regada por 9 meses

CUENCA	SUBCUENCA	Volumen derivado/ha	
		(m ³ /ha)	(m ³ /ha)
Río Neuquén	Alto Valle	38.307	
Río Negro	Alto Valle	46.533	17.178
	Valle Medio	36.712	
	Valle Inferior	32.918	
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	35.345	22.635
	Aguas abajo Casa de Piedra	38.102	20.839
Río Azul	El Bolsón	65.714	
Río Chubut	Río Chico	66.667	21.922
Región Sur	Valcheta	55.404	



En resumen, la demanda neta anual, la demanda bruta anual y la eficiencia global estimada para la provincia es la siguiente:

Tabla 4-17 Demanda neta y bruta y eficiencia global de la provincia de Río Negro

2022	Sistema	Neta (hm³)	Eficiencia	Bruta (hm³)
Demanda total de los cultivos	Público	986	25,8%	3.821
Demanda total de los cultivos	Privado	613	59,2%	1.037
Demanda total de los cultivos	Total	1599	32.9%	4.857

4.3 DEMANDAS INDUSTRIALES

Se realizó un análisis con la información del estado de medidores de caudales de las distintas zonas definidas para este informe (zona Alto Valle, Valle Medio, Valle inferior, zona atlántica, zona Andina y zona sur), donde se contemplan aquellas demandas que no son de uso residencial, sino las utilizadas para algún proceso industrial o para uso público, las cuales tienen valores considerables, con fuente de agua superficial o subterránea.

Dentro de esta categoría se pueden encontrar las demandas de uso industrial como aguas para procesos de industria alimenticia, frigoríficos, lavaderos, supermercados, entre otros. Como también agua para usos municipal, de asociaciones rurales y otras instalaciones y usos públicos.

Los datos de consumo del estado de medidores fueron provistos a través del DPA. Dichas zonas son definidas y delimitadas por once radios, donde en cada uno abarcan distintas localidades por cercanía, en el anexo I, se describen cada uno. Se tuvieron en cuenta los seis bimestres del año 2023, donde la sumatoria de los mismos da el consumo anual en (hm³), donde sumado todos los consumos por cuenca da un total de 32 hm³/año para el año 2023.

Los consumos de agua para hidrocarburos no están contemplados en esta clasificación, se detalla en un cuadro aparte, ya que es agua de perforación, lo cual no es agua a contabilizar en el análisis.

Para el análisis de la proyección a futuro para el año 2040 y 2055 se considera un incremento del 2% ligado a la proyección del consumo poblacional, ya que, para la zona de Alto Valle, donde residen la mayor concentración de industrias por la actividad frutícola y otras relacionadas a la industria alimenticia, se espera un crecimiento demográfico y económico de la región. Esta hipótesis fue consensuada en reuniones técnicas con los profesionales del DPA, ya que no existen datos certeros de proyecciones para el crecimiento industrial. Por lo tanto, para el año 2040 se estima un consumo de agua industrial de 35 hm³ y 36 hm³ para 2055.

En este apartado se describirá la caracterización de cada uno de estos radios, de acuerdo con la cuenca a la que pertenecen. Donde se explica el diagnóstico y la composición de los establecimientos industriales en cada zona según cada actividad, y la fuente de agua de donde se extrae el recurso, ya sea si es de una fuente subterránea o superficial.



En estas demandas de agua publica se pueden encontrar usos como agua para espacios verdes, regado de calles, consumos de procesos industriales y comerciales, como estaciones de servicios, restaurantes, frigoríficos, lavaderos.

Tabla 4-18 Distribución de cada radio.

Radios	Localidades	Región
Radio I	Bariloche y El Bolsón	Zona Andina
Radio II	Catriel	Aguas abajo Rio Colorado
Radio III	Barda del Medio, Campo Grande, Ctte. Cordero, V. Manzano, Sto Vidal, cinco saltos	Alto Valle
Radio IV	Cipolletti, Fernández Oro	Alto Valle
Radio V	Allen	Alto Valle
Radio VI	General Roca	Alto Valle
Radio: VII	Cervantes, Mainque, Huergo	Alto Valle
Radio VIII	Villa Regina, Godoy, Chichinales, V. Azul	Alto Valle
Radio IX	Darwin, Chimpay, Belisle, Choele, Beltrán, Lamarque, Pomona	Valle Medio
Radio X	Rio Colorado	Aguas abajo Rio Colorado
Radio XI	Viedma, Conesa, SAO SAE, Las Grutas, Sierra Grande	Valle inferior

Tabla 4-19 Consumos de demandas industriales por cuenca año 2023.

Cuenca	Localidad	Consumo medido anual (m3)	fuentes
Andina	Bariloche	3,444	L° Nahuel Huapi, L° Gutierrez y Loncochinoco
	El Bolson	0,057	
Rio Colorado: Aguas Arriba	Catriel	0,01	Rio Colorado
Rio Colorado: Aguas Abajo	Rio Colorado	0,01	Rio Colorado
Rio Neuquen: Alto Valle	Cinco Saltos, Cipolletti, Fernandez Oro, Roca	5,952	Rio Neuquen, Rio Negro



Río Negro: Alto Valle	Allen, Cervantes, Ing. Huergo, Villa Regina, General Godoy, Chichinales	22,521	Subterránea
Río Negro: Valle Medio	Beltrán, Lamarque, SAO, SAE, Las Grutas	0,183	Río Negro
Río Negro: Valle Inferior	Viedma, Conesa	0,187	Río Negro
Meseta: Arroyo Valcheta	Valcheta	0,001	Manantial
Meseta: Arroyo B y V	Sierra Grande	0,006	Manantial
total (Hm3)/año		32,4	

En la Provincia de Río Negro existen captaciones de agua pública explotadas por las Empresas hidrocarburíferas. Treinta de estos puntos de extracción, corresponden al Grupo Neuquén, tres al Río Colorado, dos al Río Negro y uno en el canal principal.

La Formación Geológica Grupo Neuquén es un acuífero confinado cuya profundidad varía entre los 80 m y los 300 metros. De este recurso hídrico subterráneo es de donde se obtiene el mayor volumen de agua para ser usado para la Industria. En el anexo I, se describe y se compara con la superficie que se podría regar con el agua para uso hidrocarburífero.

Tabla 4-20 Demanda actual para uso hidrocarburífero

Fuente	m ³ /mes	hm ³ /año
Subterránea (Grupo Neuquén)	271.170	3,25
Canal Principal Alto Valle	4.200	0,05
Río Colorado	91.120	1,09
Río Negro	7.100	0,09
TOTAL	373.590	4,48

(*) Datos provistos por la Dirección de protección y conservación de los recursos hídricos

5. RESUMEN DE LA DEMANDA

En definitiva, se presenta un resumen de la demanda actual para la provincia.

Tabla 5-1 Demanda bruta actual Río Negro

CUENCA	Demanda bruta 2022			
	Poblacional	Agrícola	Industrial	TOTAL
	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)
Río Neuquén	36	1.527	7	1.570
Río Limay	22	0	3	25



Río Negro	46	2.882	22	2.950
Río Negro Total	104	4.409	32	4.545

Tabla 5-2 Demanda bruta actual Total

CUENCA	Demanda bruta 2022			
	Poblacional	Agrícola	Industrial	TOTAL
	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)
Río Negro Total	104	4.409	32	4.545
Río Colorado	6	389	0	395
Río Azul	4	23	0	27
Río Chubut	0	15	0	15
Región Sur	4	22	0	26
Subterránea	4		0	4
Totales	122	4.857	32	5.011

Estas demandas en la actualidad se encuentran cubiertas, salvo casos puntuales en los que debido a un incremento estacional muy importante (sobre todo en localidades balnearias) tienen algún tipo de déficit, no por los volúmenes disponibles en sus fuentes sino por fallas en las obras de infraestructura para su transporte o reserva.

6. METODOLOGÍA PARA PROYECCIONES DE LA DEMANDA

Las proyecciones se han realizado considerando que no hay cambios en la forma en que se están utilizando los recursos hídricos, es decir en un escenario tendencial.

Como ya se ha mencionado al inicio del informe, la proyección en un escenario de crecimiento de la demanda agrícola por un desarrollo de nuevas áreas de riego y ampliación de actuales (“potencial-productivo 2040-2055”), de acuerdo con la planificación actual de la provincia de Río Negro, será planteada en un informe posterior, debido a que se están ajustando con los organismos pertinentes de la provincia las superficies a incorporar en un escenario a 2055 con el aumento del área productiva bajo riego por cada cuenca. Si bien el área potencial a incorporar a los distintos sistemas de riego de la provincia supera largamente el millón de hectáreas (el estudio de planificación del recurso realizado en el marco del convenio SIPH-AIC para el río Negro determinó un área potencial de 1.178.727 has a regar solo para la cuenca del río Negro, que incluyen nuevas áreas por 606.880 has), se considerarán los proyectos que los organismos provinciales consideran viables a corto o mediano plazo.

El escenario tendencial a desarrollar en este punto se basa en los siguientes supuestos:



- Agua potable: el crecimiento demográfico es el único factor que afecta la demanda (no hay reducción de las pérdidas de agua y no hay cambios en el consumo per cápita).
- Demanda agrícola: la superficie cultivada permanece fija, sólo la demanda de cultivos cambia por el efecto del cambio climático sobre los valores de ETo causado por un aumento de la temperatura y variaciones en los regímenes de las precipitaciones. También hay un efecto importante del Cambio Climático sobre la oferta hídrica del agua superficial por la disminución de las precipitaciones níveas en la Cordillera de los Andes.
- Industrial – se realizó un análisis con la información del estado de medidores de caudales de las distintas zonas definidas para este informe (zona Alto Valle, Valle Medio, Valle inferior, zona atlántica, zona Andina y zona sur) y las proyecciones se estimaron de acuerdo con el crecimiento poblacional.

Con esto se obtuvo la proyección en un escenario tendencial, el cual se transcribe en la siguiente tabla:

Tabla 6-1 Proyección Tendencial de la Demanda en hm³

	Poblacional	Agricultura	Industrial	Total
2023	122	4857	32	5011
2040	193	4987	36	5216
2055	250	5082	37	5369

6.1 DEMANDA PROYECTADA PARA EL CONSUMO POBLACIONAL EN UN ESCENARIO TENDENCIAL A 2040 Y 2055

En este apartado se describe como son calculadas y estimadas las poblaciones para los años en estudio.

Se consultó con la Dirección de Estadística y Censos del Ministerio de Economía de la Provincia de Río Negro, según lo consensuado con DPA, para obtener datos de población del censo 2022 por localidad, se obtuvieron datos poblacionales de las localidades por municipios y comisiones de fomento provisto por dicha Dirección, en aquellas localidades donde no se obtuvieron datos, se toman valores estimados del informe anual de ARSA 2023, según el coeficiente de tasa anual calculado, según datos del Censo Nacional 2010 para la proyección de la población 2023.

Para el cálculo de la proyección de la demanda al año 2040 y 2055 se utilizó información de los planes directores, en aquellos casos donde no se cuenta con información al año 2055 se extrapolaron los valores, y se analizó cada caso particular, en aquellas localidades que arrojaban valores absurdos se calcularon según los datos del censo 2010 realizando las proyecciones.

Como verificación de los datos poblacionales utilizados se referenció a la relación de cantidad de habitantes por vivienda que según ARSA para el territorio provincial es de 3,5.



En las localidades donde no se tiene información de planes directores para la proyección poblacional, se calcula según los datos obtenidos para el año 2023 y la tasa anual, de acuerdo al siguiente procedimiento.

- **Población proyectada al 2040 y 2055**

$$Poblacion\ proyectada = (POBLACIÓN\ (2023) * C)^n\ años$$

Donde: (**POBLACIÓN (2023)**)

C – Tase de Crecimiento Anual.

N años diferencia de años entre los años proyectados y 2023

Los valores que resultaron de los cálculos fueron revisados detalladamente en particular aquellos valores correspondientes a localidades de crecimiento estanco. Estos valores fueron corregidos según el cálculo del índice de crecimiento para el departamento al que pertenecen, siguiendo la siguiente formula.

- **Modificación de proyección:**

Cálculo de la tasa de crecimiento anual:

$$C = \left(\frac{POBLACIÓN\ (2022)}{POBLACIÓN\ (2010)} \right)^{\left(\frac{1}{AÑOS} \right)}$$

Cuando **C** – Tase de Crecimiento Anual Compuesto.

Considerando el coeficiente de tasa anual se estima el crecimiento poblacional de cada localidad para los escenarios futuros, para los cuales se considera un 100 % de cobertura de agua para las poblaciones para el cálculo de la cantidad de agua demandada, es decir que se toma como hipótesis que el total de población se encontrará conectada al servicio. Los valores de dotaciones proyectadas están sujetos al valor del crecimiento poblacional.

Las tablas de Proyección poblacional al año 2040 y 2055, se encuentran en el anexo II dentro del apartado de anexos al final del informe.

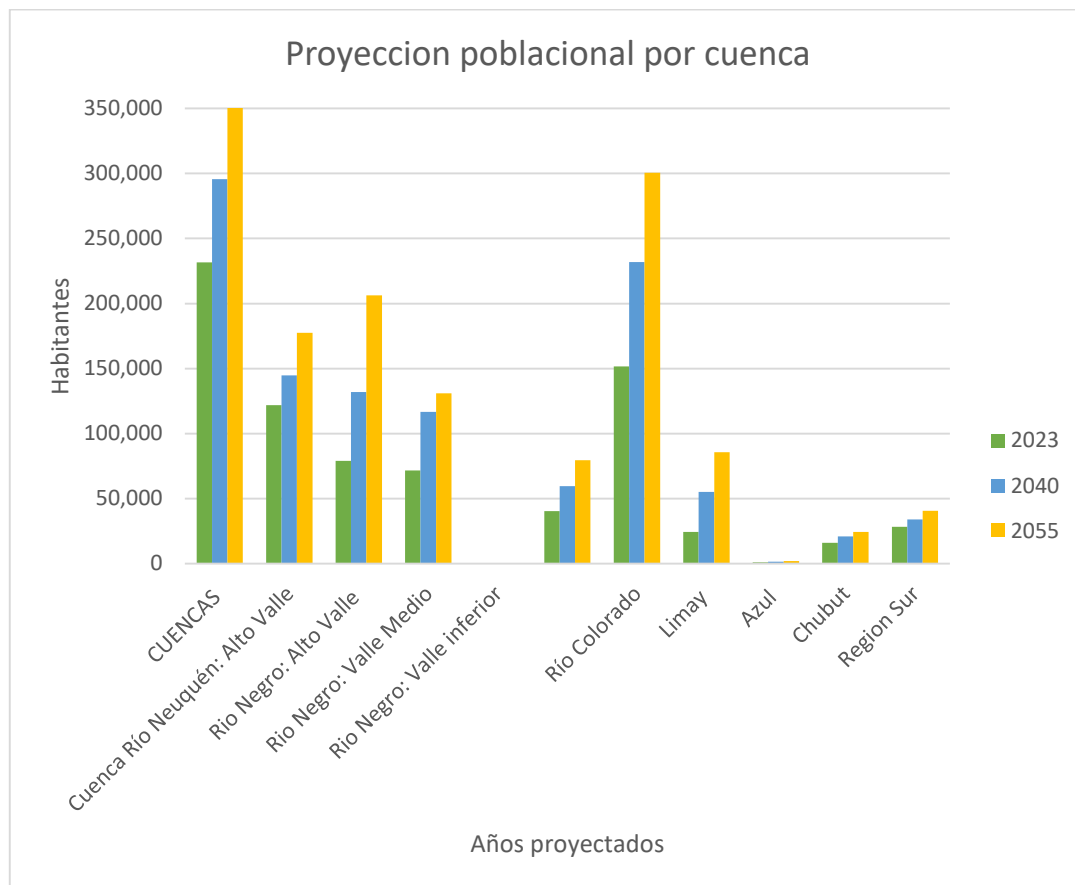
A continuación, se muestra un resumen de las proyecciones poblacionales por cuenca.

Tabla 6-2 - Resumen Proyección poblacional al año 2040 y 2055

CUENCAS	Población (Hab.)		
	2023	2040	2055
Cuenca Río Neuquén: Alto Valle	231.667	295.559	364.674
Río Negro: Alto Valle	121.771	144.726	177.473
Río Negro: Valle Medio	79.015	131.803	206.362
Río Negro: Valle inferior	71.644	116.572	130.999

Río Colorado	40.334	59.622	79.379
Limay	151.634	231.814	300.667
Azul	24.276	55.159	85.532
Chubut	964	1.338	1.831
Region Sur	16.013	20.900	24.387
Subterranea	28.191	33.985	40.517
TOTAL	765.509	1.091.478	1.411.822

Gráfico 6-1 Resumen Proyección poblacional al año 2040 y 2055



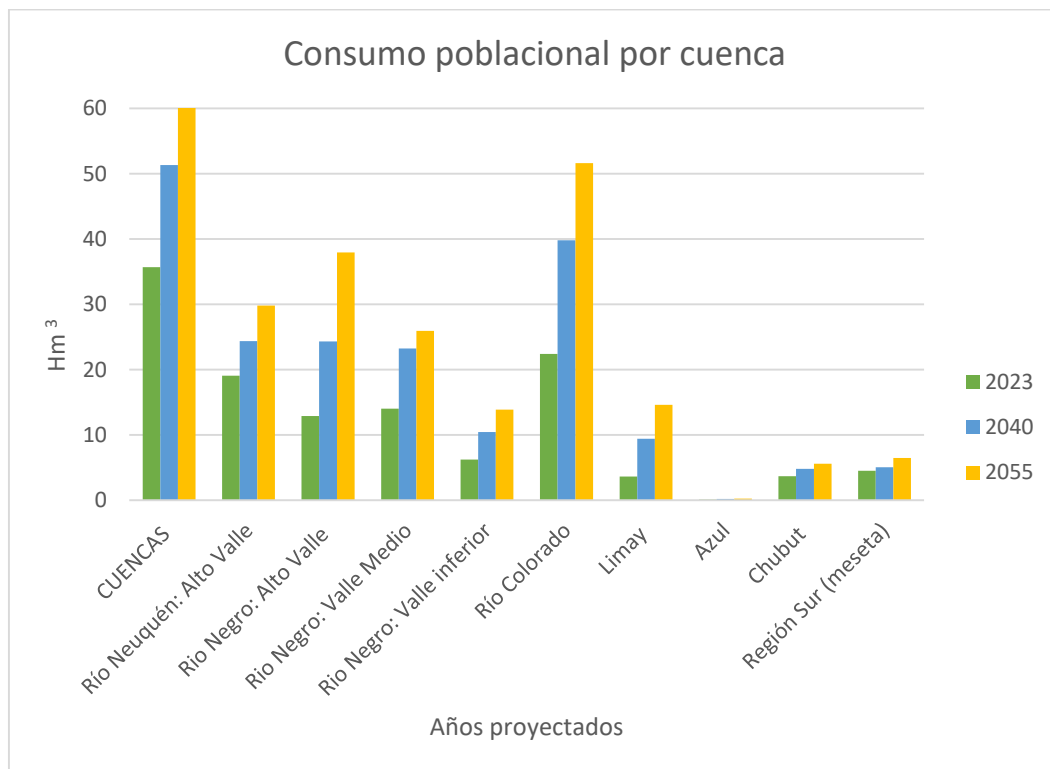
Como también las tablas de las demandas de consumo de agua poblacional actual, 2040 y 2055 se encuentran en el anexo III, en el capítulo de anexos del informe. A continuación, se muestra un resumen del consumo poblacional por cuenca.

Tabla 6-3 Resumen Consumo poblacional (Hm³) al año 2023, 2040 y 2055

Consumo poblacional

CUENCAS	2023	2040	2055
Río Neuquén: Alto Valle	36	51	63
Río Negro: Alto Valle	19	24	30
Río Negro: Valle Medio	13	24	38
Río Negro: Valle inferior	14	23	26
Río Colorado	6	10	14
Limay	22	40	52
Azul	4	9	15
Chubut	0	0	0
Región Sur (meseta)	4	5	6
Subterranea	5	5	6
TOTAL	122	193	250

Gráfico 6-2 Consumo poblacional al año 2023, 2040 y 2055



6.2 DEMANDA PROYECTADA PARA EL CONSUMO AGRÍCOLA EN UN ESCENARIO TENDENCIAL A 2040 Y 2055

La demanda agrícola proyectada para el escenario tendencial se calculó bajo las siguientes hipótesis:

- El número de hectáreas efectivamente regadas se mantiene fijo hasta 2055.
- Se mantiene la eficiencia del riego global tal como está en la situación actual.



- El tipo de cultivos y su participación en el total no cambia hasta 2055.
- Sólo el cambio en la Eto resultante del cambio climático está agregando demanda agrícola futura.

El siguiente cuadro presenta el cambio porcentual promedio para la provincia de Eto para los años 2040 y 2055 respecto al periodo 1985-2022 para la provincia de Río Negro:

Tabla 6-4 Aumento de la Eto

Año	2022	2040	2055
Aumento Promedio Eto (%)		3%	4,9%
Demanda neta (mm/año)	1.593	1.641	1.665
Demanda bruta (mm/año)	4.857	4.987	5.08269

El detalle de los incrementos de la Eto para cada cuenca y subcuenca se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 6-5 Aumento de la Eto por cuenca y/o subcuenca

CUENCA	SUBCUENCA	Incremento Eto (%)	
		2040	2055
Río Neuquén	Alto Valle	2,5%	5,1%
Río Negro	Alto Valle	2,5%	5,1%
	Valle Medio	2,5%	4,5%
	Valle Inferior	3,1%	4,1%
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	2,5%	4,5%
	Aguas abajo Casa de Piedra	3,1%	4,1%
Río Azul	El Bolsón	4,1%	6,6%
Río Chubut	Río Chico / Cia de Tierras Sud	4,1%	6,6%
Región Sur	Valcheta	4,1%	6,6%

Con ello el escenario tendencial sería el siguiente:

Tabla 6-6 Superficie regada por cuenca y subcuenca en escenario tendencial

CUENCA	SUBCUENCA	2040			2055		
		Total has regadas			Total has regadas		
		Sistemas públicos	Riego privado	Total por cuenca	Sistemas públicos	Riego privado	Total por cuenca
		(has)	(has)	(has)	(has)	(has)	(has)
Río Neuquén	Alto Valle	39.862		39.862	39.862		39.862
Río Negro	Alto Valle	4.298	54.900	109.673	4.298	54.900	109.673



	Valle Medio	20.475			20.475		
	Valle Inferior	30.000			30.000		
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	3.300	650	12.150	3.300	650	12.150
	Aguas abajo Casa de Piedra	5.000	3.200		5.000	3.200	
Río Azul	El Bolsón	350		350	350		350
Río Chubut	Río Chico / Cia de Tierras Sud	30	550	580	30	550	580
Región Sur	Valcheta	400		400	400		400
Sub Totales		103.715	59.300		103.715	59.300	
Totales		163.015		163.015	163.015		163.015

Tabla 6-7 Eficiencia global por cuenca y subcuenca en el escenario tendencial

CUENCA	SUBCUENCA	2040		2055	
		Eficiencia Global		Eficiencia Global	
		Sistemas públicos	Riego privado	Sistemas públicos	Riego privado
		%	%	%	%
Río Neuquén	Alto Valle	21%		21%	
Río Negro	Alto Valle	21%	60%	21%	60%
	Valle Medio	28%		28%	
	Valle Inferior	32%		32%	
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	32%	50%	32%	50%
	Aguas abajo Casa de Piedra	27%	50%	27%	50%
Río Azul	El Bolsón	13%		13%	
Río Chubut	Río Chico	13%	50%	13%	50%
Región Sur	Valcheta	20%		20%	

Tabla 6-8 Demanda bruta por cuenca y subcuenca en escenario tendencial

CUENCA	SUBCUENCA	2040			2055		
		Demanda bruta			Demanda bruta		
		Sistemas públicos	Riego privado	Total por cuenca	Sistemas públicos	Riego privado	Total por cuenca
		(hm3/año)	(hm3/año)	(hm3/año)	(hm3/año)	(hm3/año)	(hm3/año)



Río Neuquén	Alto Valle	1.565		1.565	1.605		1.605
Río Negro	Alto Valle	205	967	2.960	210	986	3.009
	Valle Medio	770			786		
	Valle Inferior	1.018			1.028		
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	120	15	400	122	15	405
	Aguas abajo Casa de Piedra	196	69		198	69	
Río Azul	El Bolsón	23		23	24		24
Río Chubut	Río Chico	3	13	3	3	13	3
Región Sur	Valcheta	23		23	24		24
Sub Totales		3.924	1.063		3.999	1.083	5.069
Totales		4.987		4.987	5.082		5.082
Dot. media por ha en 9 meses de riego (l/s/ha)		1,62	0,77		1,65	0,78	
Vol. derivado por hectárea regada (m3/ha/año)		37833	17927		38559	18266	

En el escenario tendencial la demanda agrícola de agua para los años 2040 y 2055 es la siguiente:

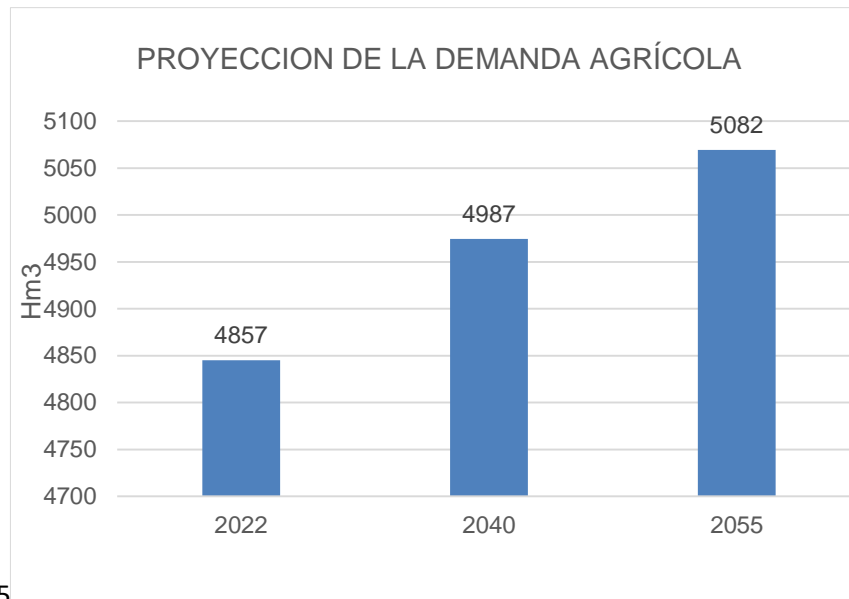
Tabla 6-9 Resumen de demandas netas y brutas y eficiencias globales en escenario tendencial

ESCENARIO TENDENCIAL		2040			2055		
	Sistema	Neta (hm3)	Eficiencia	Bruta (hm3)	Neta (hm3)	Eficiencia	Bruta (hm3)
Demanda total de los cultivos	Público	1.013	25,8%	3.924	1031	25,8%	3.999
Demanda total de los cultivos	Privado	628	59,1%	1.063	640	59,1%	1.083
Demanda total de los cultivos	Total	1.641	32,9%	4.987	1671	32,9%	5.082

La demanda agrícola proyectada, en el escenario tendencial, aumentara de una demanda bruta de 4.857 hm³ en 2022 a 4.987 hm³ en 2040 y a 5.082 hm³ en 2055, estos aumentos que son del 2,6% y 4,6% respectivamente se deben exclusivamente al aumento de Eto debido a los efectos del Cambio Climático.

La demanda agrícola proyectada en un escenario tendencial se puede ver en el siguiente gráfico:

Gráfico 6-3 Proyección de la demanda



6.3 DEMANDA PROYECTADA PARA USO INDUSTRIAL EN UN ESCENARIO TENDENCIAL A 2040 Y 2055

Para el análisis de la proyección a futuro para el año 2040 y 2055 se considera un incremento del 2% ligado a la proyección del consumo poblacional, ya que, para la zona de Alto Valle, donde residen la mayor concentración de industrias por la actividad frutícola y otras relacionadas a la industria alimenticia, se espera un crecimiento demográfico y económico de la región. Esta hipótesis fue consensuada en reuniones técnicas con los profesionales del DPA, ya que no existen datos certeros de proyecciones para el crecimiento industrial.

RESUMEN DEMANDAS HÍDRICAS TOTALES

Tabla 6-10 Resumen de demandas totales del Río Negro en 2055

CUENCA	Demanda bruta 2055			
	Poblacional	Agrícola	Industrial	TOTAL
	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)
Río Neuquén	67	1.605	8	1.680
Río Limay	58	0	4	62
Río Negro	83	3.009	22	3.114
Río Negro Total	208	4.614	34	4.856

Tabla 6-11 Resumen de demandas de todos los sistemas en 2055

CUENCA	Demanda bruta 2055			
	Poblacional	Agrícola	Industrial	TOTAL
	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)
Río Negro Total	208	4.614	36	4.856
Río Colorado	11	405	0	416
Río Azul	7	24	0	31
Río Chubut	1	3	0	3
Región Sur	4	24	0	28
Subterránea	6	0	0	6
Totales	237	5.069	36	5.342

Tabla 6-12 Porcentajes de variación de las demandas por uso y por sistema

	Poblacional	Agrícola	Industrial	TOTAL
Río Negro Total	117%	5%	13%	7%
Río Colorado	83%	4%	-	5%
Río Azul	75%	4%	-	26%
Río Chubut	-	0%	-	0%
Región Sur	33%	9%	-	12%
Subterránea	50%	-	-	50%
Totales	110%	5%	13%	7%

7. CONCLUSIONES

Consideraciones sobre el Río Colorado

- La cuenca del río Colorado es una cuenca interprovincial y cuenta con un “Acuerdo de distribución de caudales y asignación de áreas de riego”, en el cual a la provincia de Río Negro le corresponden 634 hm³ por año (en años medios y cuando la cuenca tenga una capacidad de regulación de 10.000 hm³) y 85.100 hectáreas. Es decir que el “Agua Disponible” calculada para la cuenca debe cubrir los requerimientos de las cinco provincias condóminas del río. En la actualidad y en el escenario tendencial todavía no se llega al cupo asignado (en el 2022 se demandó 386 hm³ y en el escenario tendencial 401 hm³).
- En el cálculo de demanda bruta no se tuvo en cuenta los retornos por drenaje y descargadores (porque no están medidos) que son un volumen importante por la baja eficiencia global de los sistemas públicos, se estima que podría ser de un 30 a 40% de los volúmenes derivados, con lo cual la demanda bruta real sería considerablemente más baja.



- En esta cuenca, aún no se realizaron las obras de regulación necesarias para llegar a una capacidad de regulación plena, de 10.000 hm³, y además habrá una disminución de los derrames anuales por efecto del cambio climático, que, según el informe sobre Proyecciones de la Oferta, será del orden del 25%.
- El Comité de Cuencas del río Colorado (COIRCO) está realizando un estudio de balance hídrico e impacto del cambio climático con el objetivo de realizar una revisión del acuerdo, que seguramente determinará una revisión del cupo asignado a cada provincia.

Consideraciones sobre el Río Negro

- La cuenca del Río Negro esta administrada por la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC), quien es la responsable de la administración, control y preservación de los recursos hídricos de los ríos que la componen.
- En esta cuenca interprovincial, aún no se ha establecido un cupo para cada jurisdicción. Es fundamental que las provincias condóminas acuerden un cupo o metodología de distribución de caudales para poder realizar una planificación ordenada del desarrollo productivo de la cuenca.
- Los cálculos de “agua disponible” realizados contemplan el abastecimiento de los requerimientos de las tres provincias, Río Negro, Neuquén y Buenos Aires.
- Para el cálculo del “agua disponible”, no se han considerado los volúmenes de agua que retornan al río mediante los descargadores y la red de drenaje. Esto se debe a que no se tienen aforos ni registros continuos y confiables de estos volúmenes. Por otro lado, las demandas brutas que se derivan en los distintos tramos del río incorporan en su caudal el agua que ha retornado al sistema aguas arriba proveniente de usos anteriores.
- Si se implementan sistemas de medición de los volúmenes que retornan al río el cálculo del “agua disponible” puede ser revisado y ajustado.
- La cuenca del río Negro tiene establecidos caudales ecológicos para el río Negro en Primera Angostura, que deben respetarse.
- También, como lo menciona el componente N°2 del presente informe, habrá una disminución importante en los derrames debido al cambio climático y un aumento de la evaporación de los embalses y esto afectará la disponibilidad de agua en el futuro.
- La generación hidroeléctrica es un actor importante en la cuenca que cuenca con sus Normas de Manejo de Aguas. Será fundamental coordinar el manejo de los volúmenes de agua a derivar para cumplir con estas normas y abastecer los consumos consuntivos de la cuenca, respetando las prioridades establecidas. Para ello es fundamental la figura de una Autoridad de Cuencas con facultades y poder de policía para hacer cumplir estas pautas.
- Se considera que estos escenarios potenciales se podrán satisfacer a pesar de la disminución del recurso hídrico mejorando los sistemas actuales de captación, derivación, conducción y uso del agua. Si bien la mejora en la infraestructura es fundamental, la transformación de los sistemas de gestión es primordial para el desarrollo futuro de la cuenca.

Consideraciones sobre los resultados



- La demanda de agua actual en la Provincia de Río Negro se concentra mayormente en la cuenca del Río Negro donde se ubica más del 90% (90,9%) del consumo.
- El resto de la provincia tiene una demanda sustancialmente menor donde el Río Colorado abastece el 7,9% de la demanda provincial y el restante 1,2% se abastece desde los otros sistemas hídricos como son el río Azul, el río Chubut, los sistemas de acuíferos y los sistemas hídricos de la zona sur, principalmente aquellos que se abastecen se los manantiales relacionados con la meseta de Somuncurá.
- Esta distribución marcadamente asimétrica nos obliga a analizar detalladamente el abastecimiento de los distintos sistemas. Si bien la mayor demanda es abastecida por el río Negro y su disponibilidad de agua es alta, los abastecimientos en los otros sistemas pueden verse comprometidos a futuro ya que sus demandas son bajas pero su oferta actual y futura también es baja.
- Desde el punto de vista de los usos, el poblacional si bien es el uso prioritario, representa solamente el 2% de los consumos de agua en la provincia. En este caso, es nuevamente importante el análisis detallado de los sistemas que deben abastecerse ya que muchos de ellos se encuentran aislados, con fuentes de agua limitadas, demandas crecientes e infraestructura inadecuada o en malas condiciones.
- El uso industrial demanda el 1% del agua en el territorio provincial.
- El abastecimiento para los usos agrícolas concentra el 97% de la demanda en la cuenca del río Negro. Debido a esto es fundamental analizar la eficiencia global de los sistemas de riego para identificar las acciones que permitan optimizar su funcionamiento. Es de vital importancia la instalación de sistemas de medición de caudales en todos aquellos puntos que sean relevantes para la administración hídrica, ya sean estos puntos de toma, derivaciones o retornos al río.
- La cuenca del río Negro debe analizarse con especial cuidado ya que al concentrar el 90,9% de las demandas de agua, concentra también los mayores asentamientos poblacionales, los desarrollos agrícolas más relevantes y las actividades industriales.
- Las actividades que se desarrollan en esta cuenca no solo representan junto con la demanda de agua, una presión sobre el ecosistema que debe ser correctamente administrada. La gestión del ordenamiento territorial es fundamental para la planificación de la gestión de los recursos hídricos. En esta cuenca se aprecian competencias por el uso del suelo que impactan directamente en la gestión y preservación del agua.
- De las demandas de agua en la cuenca del río Negro, el 34,6% se abastece mediante tomas en el río Neuquén (principalmente para sistemas de riego), el 0,6% se abastece por el río Limay (abastecimiento poblacional de la ciudad de Bariloche) y el 64,8% corresponde a extracciones en distintos puntos del curso del río Negro desde la confluencia de sus afluentes hacia abajo, donde también el uso mayoritario es el riego agrícola.
- Con respecto a las demandas futuras los mayores aumentos porcentuales se producen en los volúmenes destinados al abastecimiento poblacional. Si bien los volúmenes no son elevados, la garantía de la cobertura de las demandas poblacionales va a depender de la infraestructura. Para el caso de las fuentes superficiales los sistemas de captación, conducción, potabilización y distribución de agua potable. Para los sistemas que dependen del agua subterránea dependerán de la capacidad de las perforaciones de abastecer los sistemas.



- Para el uso agrícola, el incremento se estima del orden del 7%. Si bien no es un incremento que condicione el abastecimiento de los sistemas de riego, se debe evaluar en detalle el funcionamiento de estos sistemas para identificar como se puede optimizar su funcionamiento.



ANEXOS

ANEXO I – DEMANDAS INDUSTRIALES

En el presente anexo se describe la situación de cada uno de los radios donde se identifica el uso de agua pública (UAP) para actividad industrial y estatal.

1. CUENCA LIMAY Y AZUL

Se tiene para esta cuenca el radio I. Que abarca a la localidad de Bariloche y El Bolsón.

En la región andina las industrias preponderantes son las fábricas de cerveza artesanal, complejos turísticos, fábricas de chocolates y luego, en menor cantidad se encuentran los mataderos, lavaderos de ropa, lavaderos de auto, pisciculturas y fábricas de gin artesanal.

La mayoría de estas industrias se abastecen de agua a través de la red de agua potable del ejido urbano donde se encuentran. Aquellas que están situadas en zonas sin servicio de agua potable, realizan la inscripción de uso de agua pública (UAP) en el Organismo y se proveen de agua mediante perforación o bombeo de agua superficial según la disponibilidad de una fuente cercana; este es el caso de algunas cervecerías, por ejemplo.

Por otro lado, los complejos turísticos como cabañas y hoteles que si bien hacen uso de agua de la red de agua potable generalmente también poseen una toma de agua propia que utilizan para el riego de sus parques, regulada mediante el UAP.



Figura 1-1: Radio I – Bariloche y El Bolsón

Las fuentes de extracción de agua para este radio son del Lago Nahuel Huapi, L^o Gutiérrez y Loncochinoco, R^o Pichileufu, y algunos pocos establecimientos de vertientes.

Hay mas de cinco mil comercios de tipo urbano, donde una de las beneficiarias de la autorización de uso de agua publica es la empresa barilochense Llao Llao Resorts SA, para abastecer de agua pública

al restaurante (baños y cocina), que dispone de un caudal de cinco metros cúbicos por día. Otra firma que accede a agua pública del lago es Fenoglio SACIFIA, elaboradora de productos alimenticios y que utilizará agua superficial destinada a procesos de enfriamientos. El caudal de explotación fue fijado en 50 metros cúbicos por día. También fueron autorizadas las empresas Turismo del Sur SACIFIA, de Bariloche, que toma agua del lago Nahuel Huapi (43 metros cúbicos por día) para un propio complejo turístico y Fumagalli Patricia, que usa agua superficial (59 metros cúbicos por día) para las cabañas y natatorio de su complejo turístico.

2. CUENCA RIO COLORADO

Para la Cuenca de Rio Colorado se tienen el radio II, que corresponde a Catriel, aguas arriba de la cuenca, y el radio X, que corresponde a la localidad de Rio Colorado, aguas debajo de la cuenca.

RADIO II: CATRIEL - AGUAS ARRIBA

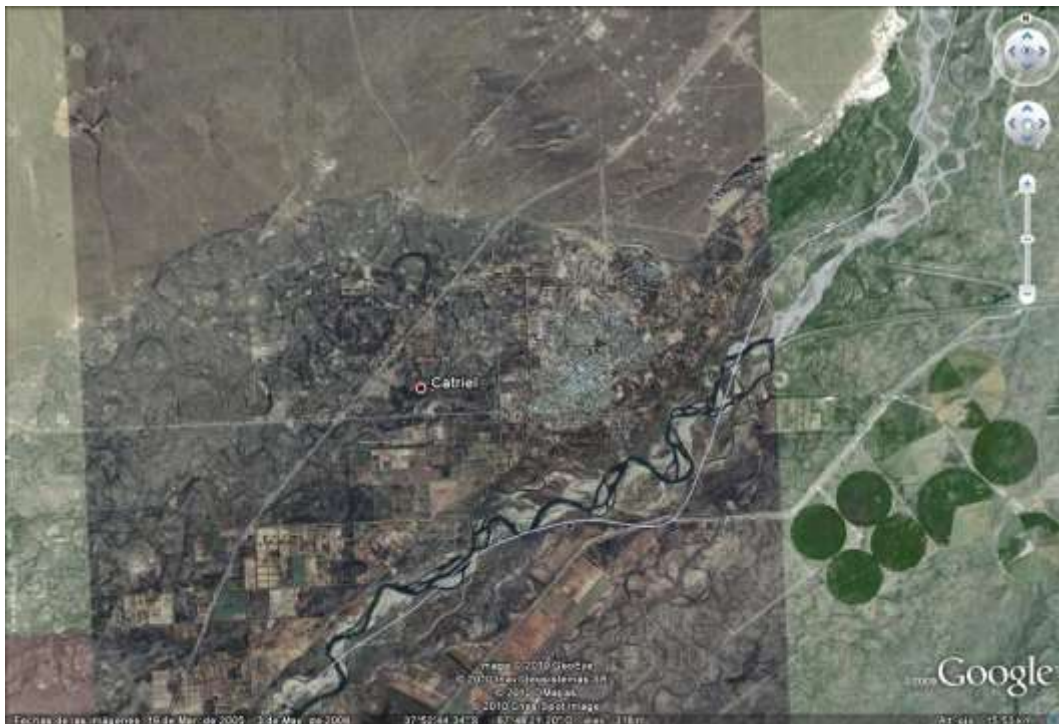


Figura 2-1: Radio II – Catriel

Este radio abarca la localidad de Catriel y alrededores, perteneciente a la cuenca de Rio Colorado, aguas arriba del Embalse Casa de Piedra. Es un radio con establecimientos localizados en al área urbana, que se caracterizan por tener caudales mínimos de descarga. Está fuertemente influenciado por la producción hidrocarburífera y servicios petroleros. Con respecto a las estaciones de servicio, se sigue inspeccionando la descarga a los cuerpos receptores de los equipos de remediación a fin de verificar que cumplan con los valores autorizados para las descargas. Cabe aclarar que la mayor fuente de agua para estos usos es agua subterránea.

En este radio existen 4 estaciones de servicio y/o una que se transformó en depósito de aceites y lubricantes. Una de ellas se encuentra en proceso de remediación desde el 2009 con el tratamiento de separación de fases de hidrocarburos utilizando el proceso de los radios IV, VI y VIII.

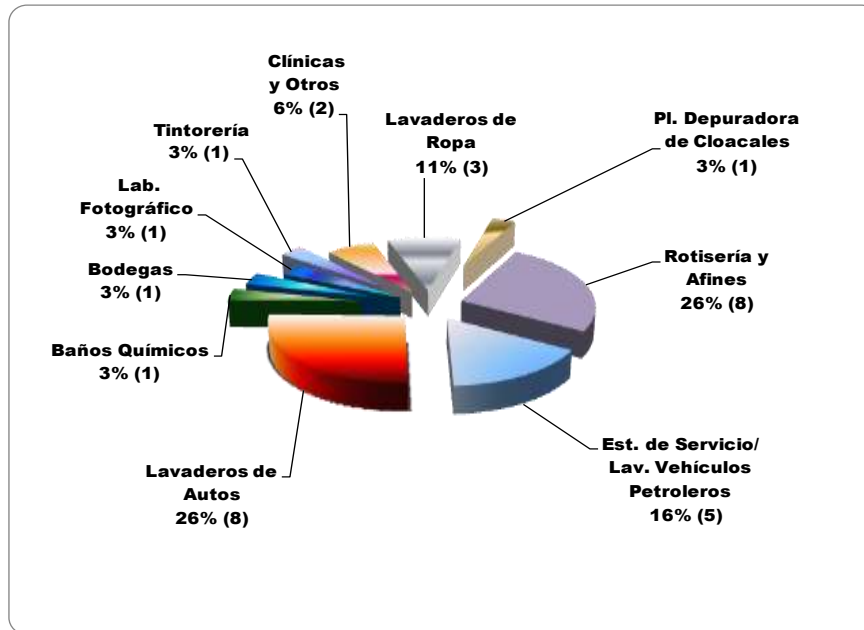


Figura 2-2. Clases de Establecimiento en el Radio de Catriel

RADIO X: RÍO COLORADO - AGUAS ABAJO

3. CUENCA RIO NEUQUÉN – ALTO VALLE

Para la Cuenca de Rio Neuquén se tienen el radio III, Barda del Medio, Campo Grande, Ctte. Cordero, V. Manzano, Sto Vidal, cinco saltos. Como también el Radio IV que abarca la zona de Cipolleti, y General Fernandez Oro y el radio VI, que abarca la localidad de General Roca.



Figura 3-1 Radio III: Barda del Medio, Campo Grande, Ctte. Cordero, V. Manzano, Sto Vidal, cinco saltos.



Figura 3-2. Radio III - Cinco Saltos

Este radio corresponde a algunas localidades de Alto Valle de la cuenca del Rio Neuquén, como Campo Grande, Ctte. Cordero, Barda del Medio y Cinco Saltos. Es un radio de gran extensión territorial con bajo número de industrias empadronadas en general, siendo aproximadamente igual el número de ellas en el radio urbano que en el rural.

El mayor porcentaje de empadronados corresponde a galpones de empaque y frigoríficos de frutas (31%), la mayoría de ellos son pequeños y comercializan sus productos en el mercado interno. Le siguen en número los lavaderos de autos con un 21% y las estaciones de servicio con el 12%.

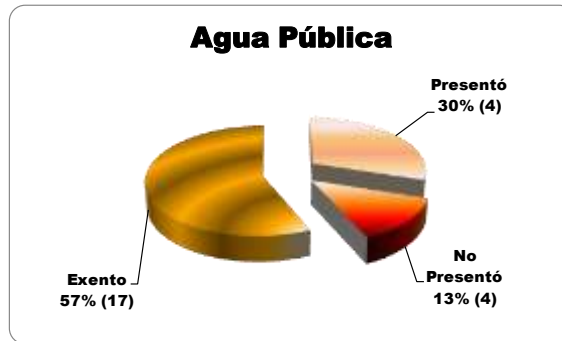


Figura 3-3 Usos de agua publica en radio III

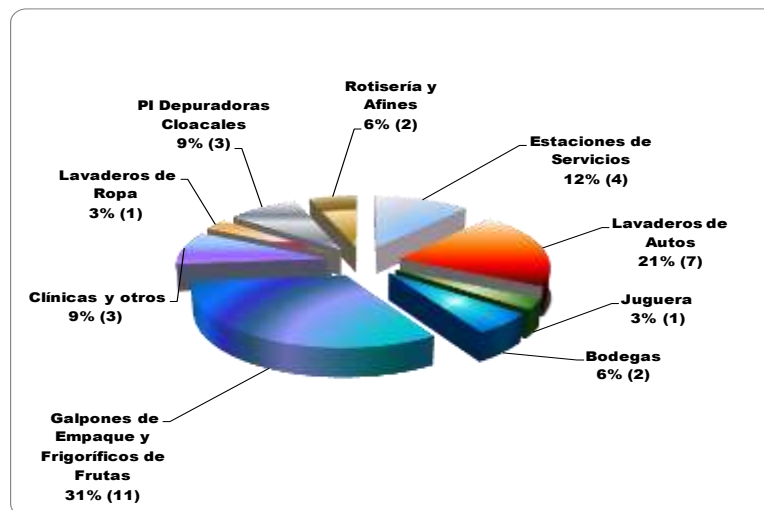


Figura 3-4 Clases de Establecimiento en el Radio III

RADIO IV

Este radio abarca la zona de Cipolleti, y General Fernandez Oro y pertenece a la cuenca del Rio Neuquen del Alto Valle.



Figura 3-5 Radio IV Cipolletti, y General Fernandez Oro

La cantidad de lavaderos de autos/camiones/colectivos (27%) supera al de empresas frutícolas (24% galpones de empaque y frigoríficos de frutas). También hay un alto porcentaje de estaciones de servicio, demostrando que es uno de los radios de mayor incidencia urbana.

En menor escala se registra una gran diversidad de establecimientos.

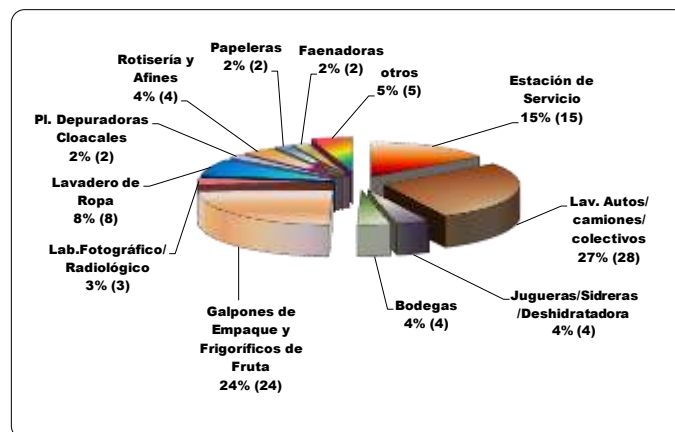


Figura 3-6 Clases de Establecimiento en el Radio IV

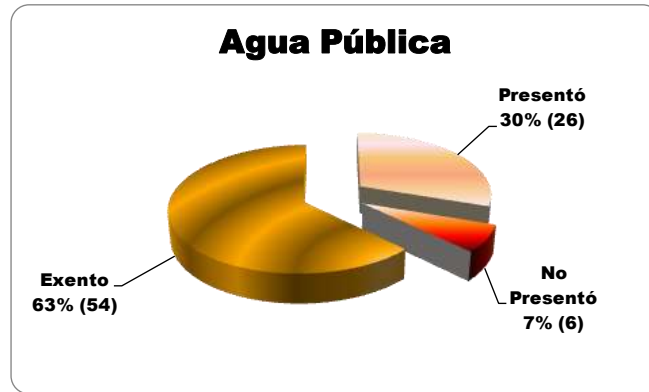


Figura 3-7 Usos de agua publica en radio IV

El porcentaje de exentos en agua pública es alto (63%), evidenciando nuevamente el mayor número de industrias en el radio urbano sobre el rural.

RADIO VI

Este radio abarca la localidad de General Roca y pertenece a la cuenca del Rio Neuquén del Alto Valle.



Figura 3-8 radio VI General Roca

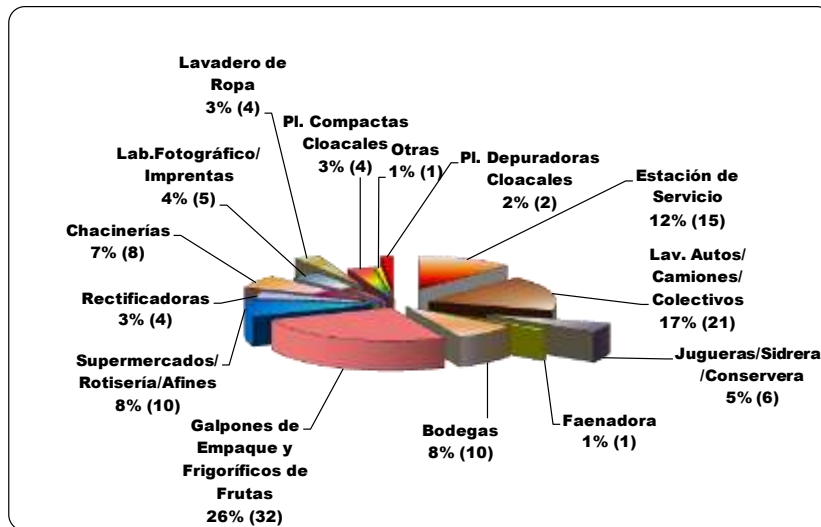


Figura 3-9 Clases de Establecimiento en el Radio VI

El sector con mayor porcentaje de empadronados es el de galpones de empaque y frigoríficos de frutas (28%).

Existe una gran diversidad de establecimientos en el radio urbano que no dependen de la actividad frutícola, teniendo el mayor porcentaje los lavaderos de autos.

En este radio se encuentran empadronadas las plantas compactas de tratamiento de efluentes cloacales, si bien las mismas funcionan en todo el Alto Valle.

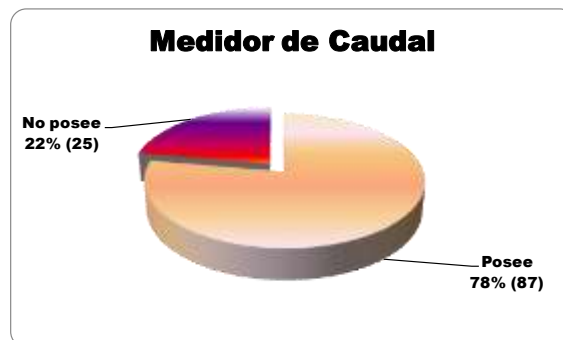


Figura 3-10 Porcentaje Medido radio VI

Se registra un importante cumplimiento en cuanto a la colocación de medidores de caudal (78%), debido a la incidencia de los establecimientos en el radio urbano con sistema medido. Los galpones de empaque y frigoríficos en su mayoría poseen horómetros.

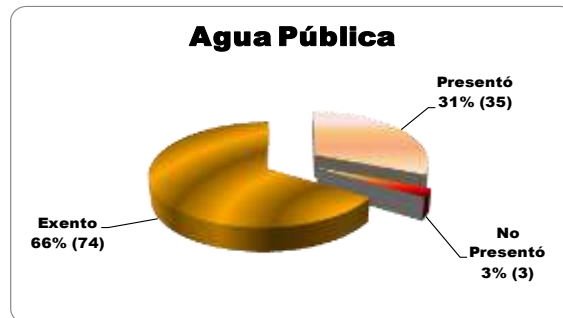


Figura 3-11 Usos de agua publica en radio VI

El porcentaje de exentos en agua pública es alto (66%), evidenciando el mayor número de industrias en el radio urbano, que toman de la red de agua potable, sobre el rural.

Los empadronados que han presentado la documentación son en su mayoría los galpones de empaque y las industrias de tipo I.

En el radio existen 13 estaciones de servicios y 2 depósitos de combustibles de empresas de trasporte de cargas y otra de pasajeros, empadronados.

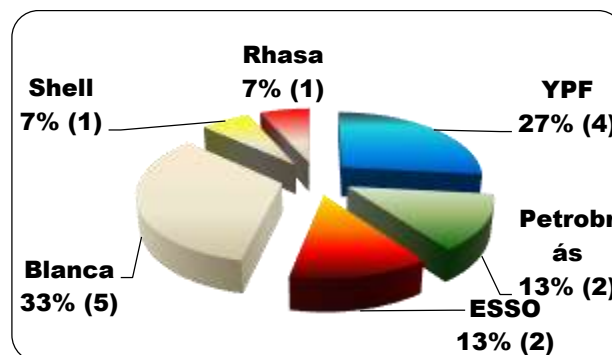


Figura 3-12 Estaciones de servicios radio VI

4. CUENCA RIO NEGRO – ALTO VALLE

Para la Cuenca de Rio Negro se tienen los radios radio V, correspondiente a Allen, el radio VIII, corresponde a la zona de Villa Regina y General Enrique Godoy.

RADIO V



Figura 4-1- Radio V

El radio V, corresponde a Allen, es un radio con gran número de galpones de empaque y frigoríficos de frutas, que exportan, No se ha logrado instaurar la solicitud del certificado como condición para la habilitación municipal. Debido a esto es que el número de industrias empadronadas en el área urbana es bajo. En cuanto a las estaciones de servicio, la mayoría de ellas cuenta con las instalaciones requeridas por la autoridad de aplicación.

El mayor porcentaje de empadronados corresponde a galpones de empaque y frigoríficos de frutas (62%), la mayoría de ellos son importantes, produciendo pera y frutas de carozo, con comercialización en el mercado externo.

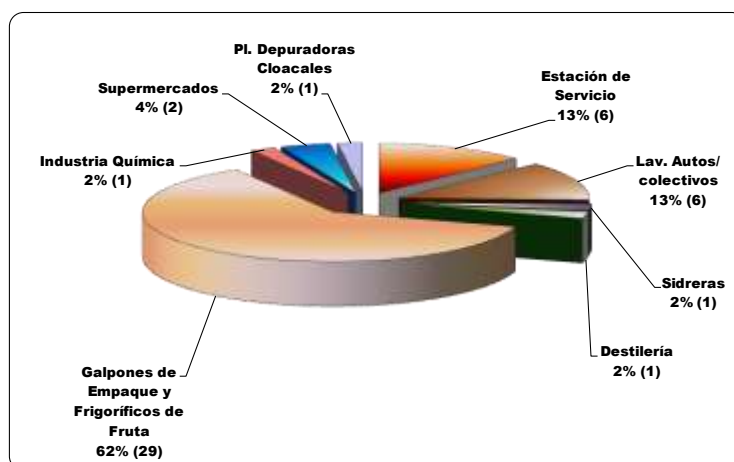


Figura 4-2 Clases de Establecimiento en el Radio VI

Le siguen en número los lavaderos de autos y las estaciones de servicio, con el 13%.

En este radio se encuentra la única destilería de agua ardiente de peras del Alto Valle, y una industria química productora de productos de limpieza.

Se registra un gran cumplimiento en la colocación de medidores debido al alto porcentaje de galpones de empaque y frigoríficos de frutas, aunque la mayoría de ellos son horómetros.

Los empadronados que han presentado la documentación son en su mayoría los galpones de empaque.

El porcentaje de exentos en agua pública (29%), evidencia un número importante de establecimientos en el área urbana.

Las industrias que a la fecha no han presentado la solicitud de agua pública, son principalmente galpones de empaque.

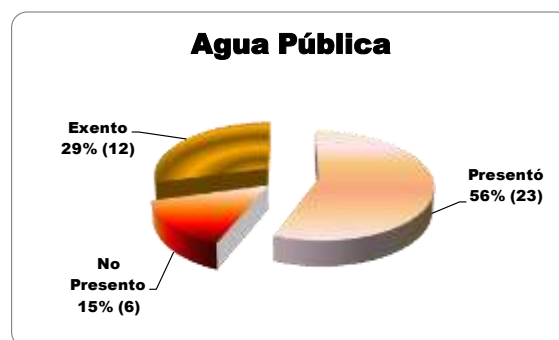


Figura Figura 4-3 – Uso de Agua Publica

En el radio existen 6 estaciones de servicios o 1 depósitos de combustibles empadronados.

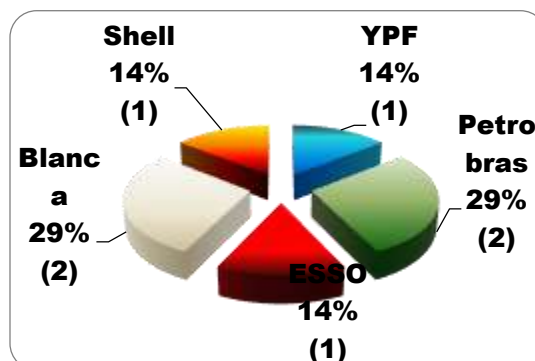


Figura Figura 4-4 Estaciones Activas radio V

RADIO VIII



Figura 4-5 - Radio VIII

El radio VIII, corresponde a la zona de Villa Regina y General Enrique Godoy.

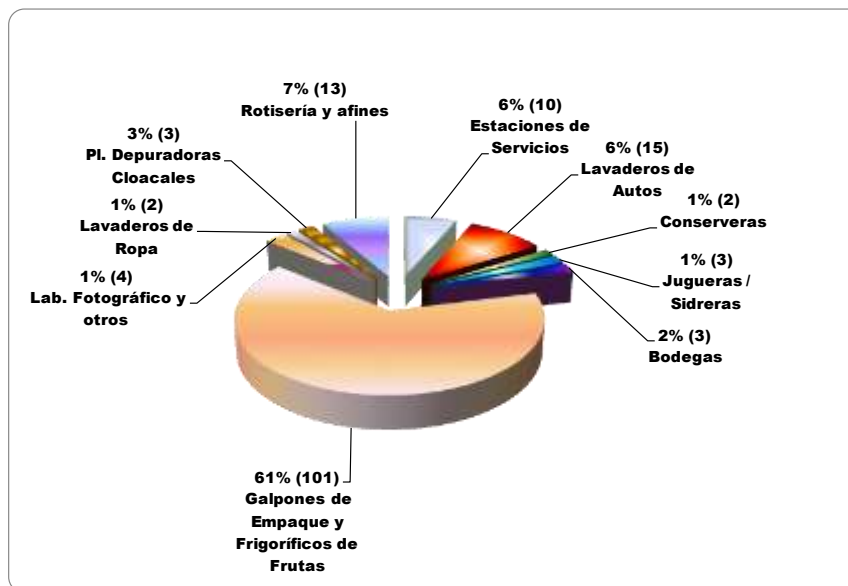


Figura 4-6 - Clases de Establecimiento en el Radio VIII

Este radio cuenta con la mayor densidad de galpones de empaque y frigoríficos de frutas (61%), abarcando desde grandes empresas exportadoras hasta galpones de empaque familiares, que mayoritariamente trabajan con el mercado interno.

Prácticamente, el 40% restante, corresponde a pequeños establecimientos urbanos.

Las Bodegas, excepto una, son muy pequeñas comercializando sus productos en el mercado interno.

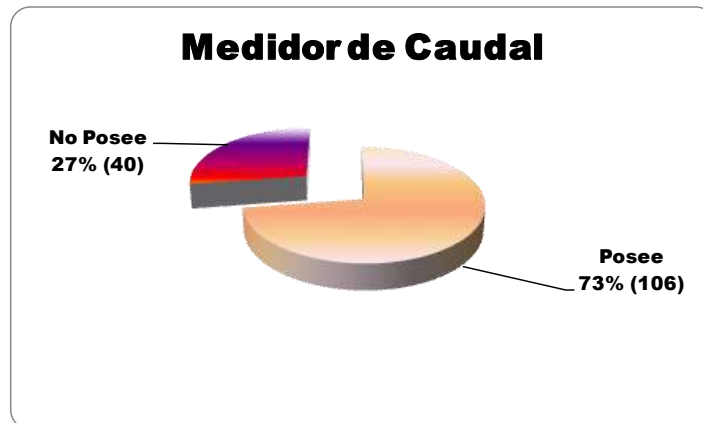


Figura 4-7 Medidor de Caudal en el Radio VIII

Se registra un elevado cumplimiento en cuanto a la colocación de medidores, siendo un gran porcentaje de ellos horómetros.

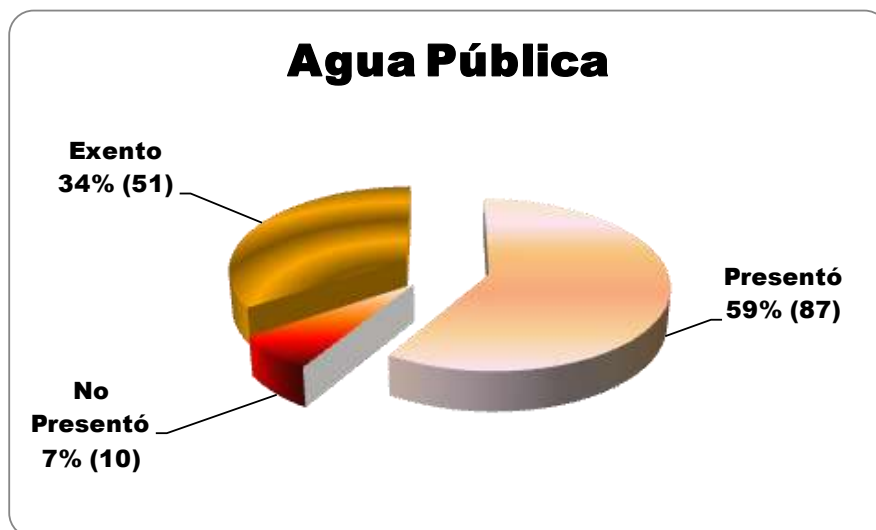


Figura 4-8 Uso de agua publica en el radio VIII

El gran porcentaje de cumplimiento en agua pública está dado por el tipo mayoritario de empadronados. El porcentaje de exentos se basa en el importante número de frigoríficos de frutas.

5. USO DE AGUA PÚBLICA EN LA INDUSTRIA HIDROCARBURÍFERA

En el presente apartado, se describe la situación del uso de agua publica en la industria hidrocarburifera, según el informe del Departamento Provincial de aguas de marzo de 2024, por la Dirección de protección y conservación de los recursos hídricos Y control de efluentes y calidad de aguas.

En la Provincia de Río Negro existen captaciones de agua pública explotadas por las Empresas hidrocarburíferas. Treinta de estos puntos de extracción, corresponden al Grupo Neuquén, tres al Río Colorado, dos al Río Negro y uno en el canal principal.



Tabla 5-1 – Empresas Hidrocarburíferas

Empresa	Lugar	Lugar captación	Caudal promedio captado (m ³ /mes)	Caudal promedio captado (l/seg.)
Oldelval SA.	Est. Bombeo Medanito	Gr. Neuquén	400	0,15
	Est. Bombeo Allen	Canal Ppal Alto Valle	4200	1,62
	Est. Bombeo Chichinales	Gr. Neuquén	1500	0,58
	Est. Bombeo Chimpay	Gr. Neuquén		
	Est. Bombeo Zorrilla	Gr. Neuquén		
	Est. Bom. Pichi Mahuida	Gr. Neuquén		
Madalena Energy	Puesto Morales	Gr. Neuquén	3300	1,27
Medanito SA.	Compresora gas	Río Colorado	2800	1,08
	Medianera	Gr. Neuquén	2270	0,88
Vista Oil & Gas	Entre Lomas	Gr. Neuquén	184500	71,18
	25 de Mayo - Medanito SE.	Río Colorado	170	0,07
		Gr. Neuquén	14950	5,17
Aconcagua SA.	Catriel Oeste	Gr. Neuquén	2850	1,10
YPF SA	Estación Fernández Oro	Río Negro	7100	2,74
		Gr. Neuquén	3850	1,49
	Punta Barda	Gr. Neuquén	18000	6,95
	Señal Picada	Río Colorado	88150	34,01
		Gr. Neuquén	2650	1,02
Tecpetrol SA.	Agua Salada	Gr. Neuquén	20700	7,98
PSA SA. Necon SA.	Centro Este	Gr. Neuquén	2000	0,77
	El Medanito	Gr. Neuquén	7750	3,00



Capex SA.	Loma Negra	Gr. Neuquén	5300	2,05
President Petroleum SA.	Puesto Flores/Estancia Vieja	Gr. Neuquén	950	0,37
	Angostura	Gr. Neuquén	200	0,08

Los distintos actores sociales plantean su preocupación en cuanto al caudal que se utiliza para la industria versus lo que se deriva para áreas bajo riego.

Uno de los principales coeficientes para caracterizar las áreas bajo riego, es la relación existente entre el CAUDAL y la SUPERFICIE REGADA. De esta manera se obtiene el concepto de dotación que se define como el caudal continuo que debería suministrarse para satisfacer el volumen estacional requerido para toda el área en l/s/ ha

En los valles de la Cuenca del Río Colorado y de la de los Ríos Neuquén, Limay y Negro estos valores máximos se traducen en que por cada litro por segundo se puede regar una hectárea de los cultivos que se encuentran implantados/sembrados en la Provincia.

En la siguiente tabla se muestra en función a los valores promedio totales captados en las distintas áreas concesionadas, cuál es su equivalente en has.

Tabla 5-2 Equivalencia de caudal en hectáreas regadas

Lugar captación	Caudal promedio captado (l/s)	Has. Equivalentes Factibles de ser regadas
Río Colorado	35,15	35
Río Negro	2,74	3
Otros	1,62	1,6

La Formación Geológica Grupo Neuquén es un acuífero confinado cuya profundidad varía entre los 80 m y los 300 metros.

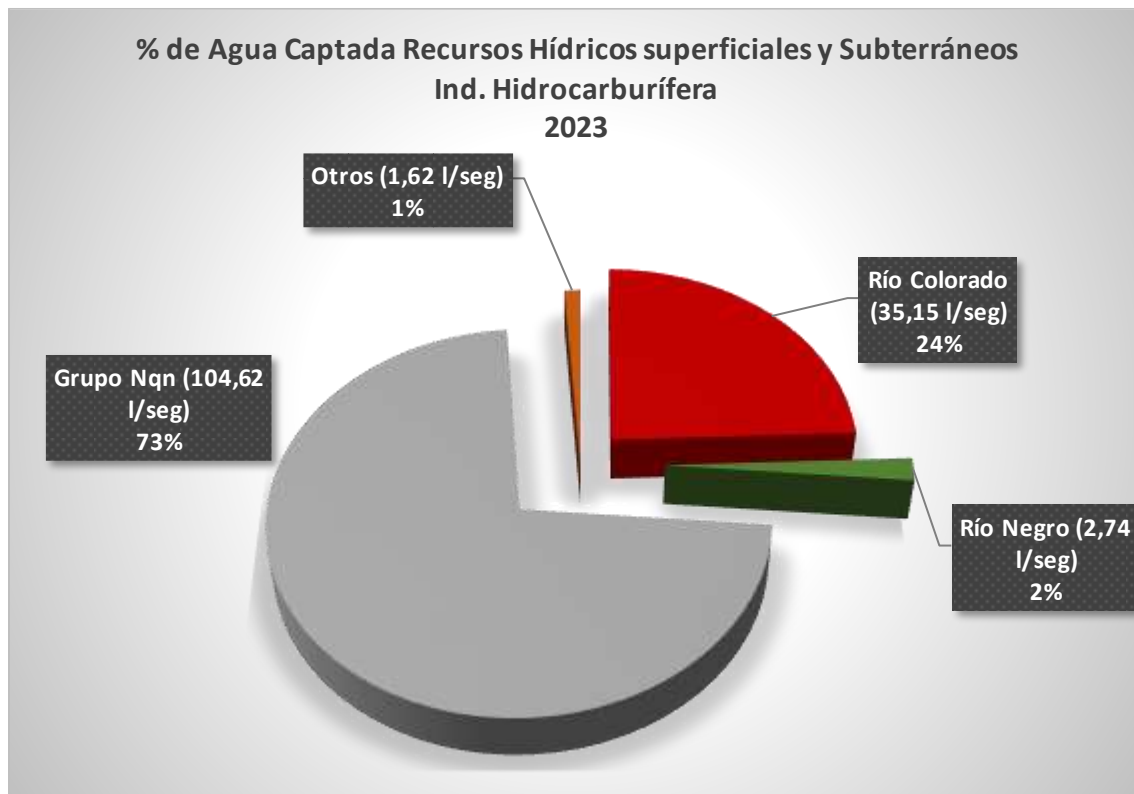
De este recurso hídrico subterráneo es de donde se obtiene el mayor volumen de agua para ser usado para la Industria.

Su calidad hidroquímica lo define como un agua salobre con salinidades que fluctúan entre los 3.000 mg de sales/litro hasta 8.000 mg de sales/litro, por lo que no se considera apto para ser utilizado para riego.

Tabla 5-3 Grupo Neuquén

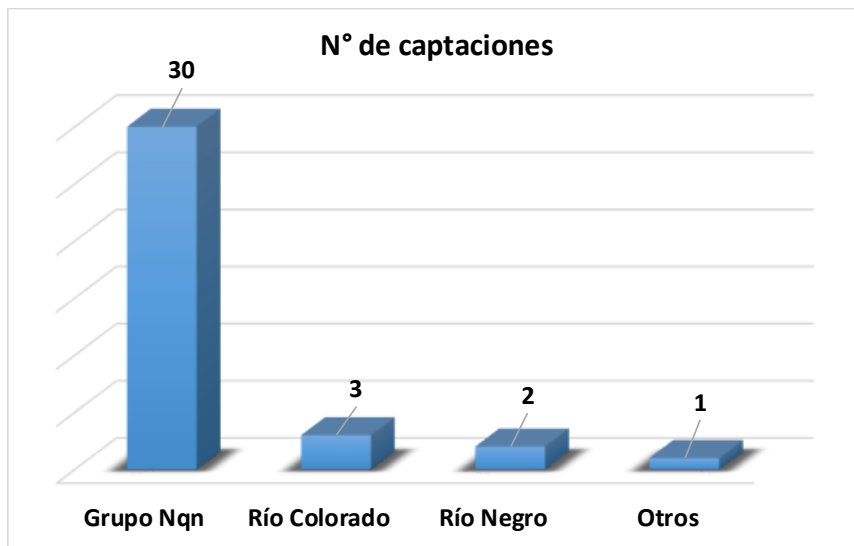
Lugar captación	Caudal promedio captado (l/s)	Has. Equivalentes Factibles de ser regadas
Grupo Nqn	104,62	105

Figura 5-1 Porcentaje de agua captada



Cada área puede poseer más de una captación autorizada y extraer de una o varias fuentes. Por ejemplo, Tecpetrol en Agua Salada tiene cinco pozos a Grupo Neuquén y 25 de Mayo - Medanito SE obtiene el recurso de cinco pozos a Grupo Neuquén y uno en el Río Colorado

Figura 5-2 Numero de captaciones

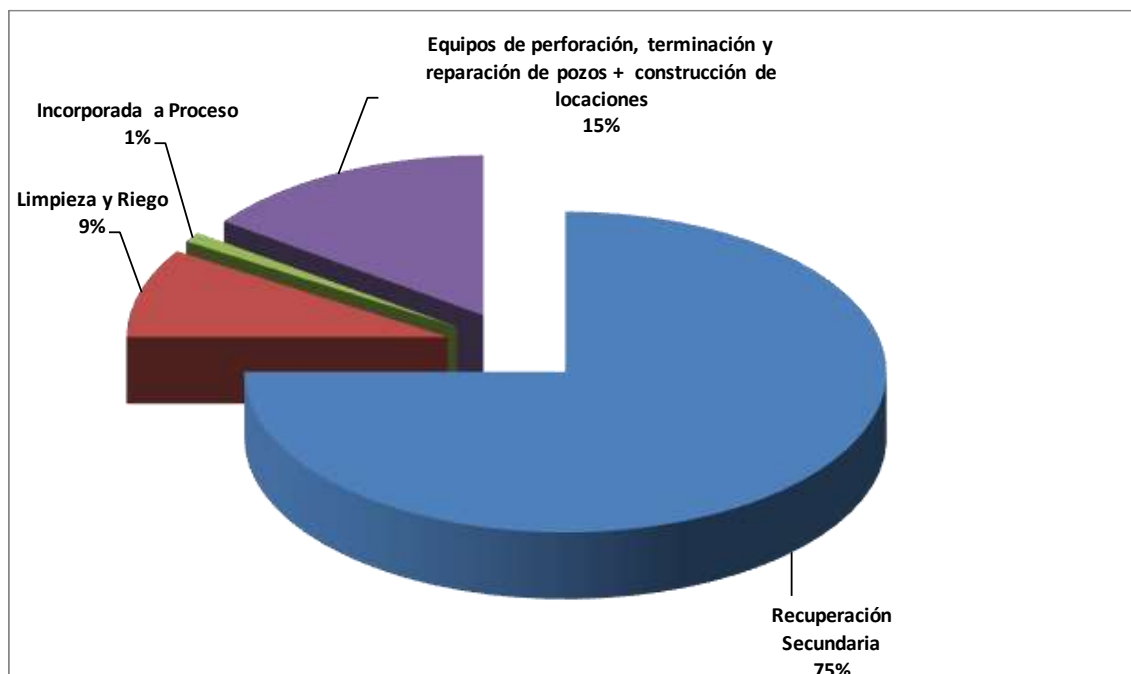


Usos

1. Áreas operadas desde los años 70

Yacimientos desarrollados de forma Convencional, que por considerarse “maduros”, se realiza en ellos Recuperación Secundaria (se inyecta agua en pozos para forzar el movimiento del petróleo/gas en la formación), lo que genera que el mayor porcentaje del recurso hídrico es utilizado para esta operación.

Figura 5-3 Áreas operadas



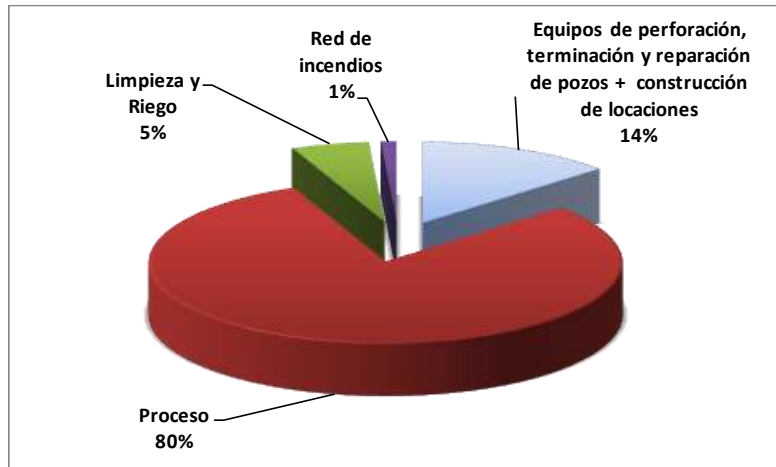
2. Áreas Concesionadas entre 2006 - 2015

En esta calificación entran los yacimientos operados en forma convencional (Puesto Flores, Estancia Vieja, Angostura, etc.) y los no convencionales (Estación Fernández Oro).

El uso que se realiza del agua es distinto

a. Yacimientos Convencionales:

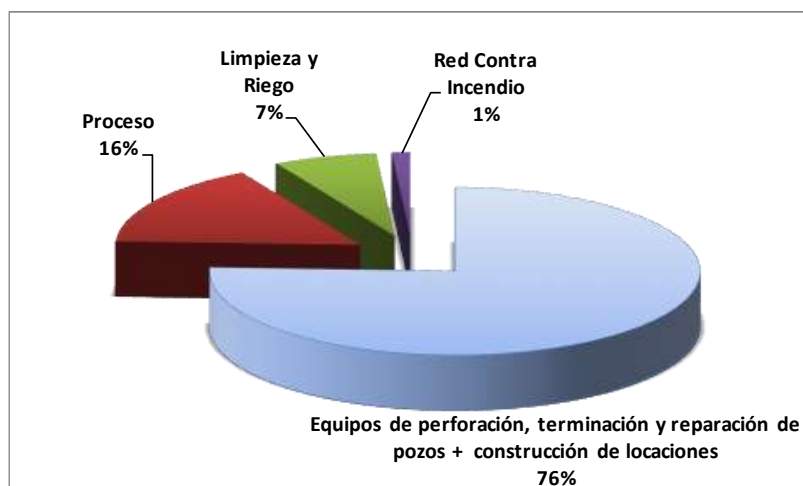
Figura 5-4 Áreas Concesionadas



b. Yacimientos no convencionales:

La única operadora dentro de la provincia que utiliza esta técnica a la fecha, es Estación Fernández Oro. La mayor parte del agua es utilizada para realizar fractura hidráulica.

Figura 5-5 Yacimientos





6. RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADA CUENCA SEGÚN EL RADIO

Los resultados obtenidos para los seis (6) bimestres del año 2023, para cada radio, según la cuenca a la que pertenecen, localidad, actividad desarrollada y fuente de agua se muestran en los archivos de trabajo en formato Excel, se encuentra en el archivo “Editable poblacional e industrial” en la solapa Radios industriales.

Al final de cada tabla se obtiene el valor total del consumo de agua pública en $\text{Hm}^3/\text{año}$.



ANEXO II – PROYECCIONES POBLACIONALES

Proyección poblacional año 2040 y 2055

Río Negro					
Localidad	Captación	Población 2023	Proyección de población		
			Tasa anual	2040	2055
		Hab.		Hab.	Hab.
Cuenca Río Neuquén: Alto Valle					
Cipoletti	Río Neuquén	105.482	-	125.028	148.421
Cte. Cordero	Río Neuquén	2.306	1,015	2.970	3.713
Barda del medio	Río Neuquén	2.514	1,033	4.366	7.105
Allen (60%) (*)	Río Neuquén	19.118	-	26.625	32.200
F. Oro (60%) (*)	Río Neuquén	9.473	-	8.882	13.043
Roca (60%) (*)	Río Neuquén	65.208	-	67.664	77.486
Cinco Saltos	Río Neuquén	27.566	-	60.024	82.707
Cuenca Río Negro: Alto Valle					
Allen (40%) (*)	Río Negro	12.746	-	17.750	21.467
F. Oro (40%) (*)	Río Negro	6.315	-	5.921	8.695
Roca (40%) (*)	Río Negro	43.472	-	45.110	51.657
Chichinales	Río Negro	5.192	1,031	8.724	13.792
Ing Huergo	Río Negro	8.571	1,006	9.488	10.379
Gral. Godoy	Río Negro	4.645	1,006	5.142	5.625
Cervantes	Perforación	7.796	1,026	12.061	17.725
V. Regina	Perforación	33.034	-	40.529	48.134
Cuenca Río Negro: Valle Medio					
Darwin	Perforación	1.525	-	3.604	5.313
Chimpay	Perforación	4.721	1,005	5.139	5.538
Belisle	Perforación	2.120	1,014	2.685	3.308
Choele	Río Negro	13.588	-	27.454	39.070
Beltran	Perforación	8.087	-	12.394	20.264
Lamarque	Perforación	9.949	1,007	11.202	12.437
Pomona	Perforación	1.100	1,034	1.942	3.207
San Antonio Oeste	Canal Ing. Suarez	26.510	-	28.177	36.857
San Antonio Este	Canal Ing. Suarez	594	-	12.580	20.006
Las Grutas	Canal Ing. Suarez	10.821	-	26.627	60.362
Cuenca Río Negro: Valle inferior (franja costera)					
Guardiamitre	Perforación	816	1,044	1.697	3.237



Río Negro					
Localidad	Captación	Población 2023	Proyección de población		
			Tasa anual	2040	2055
				Hab.	Hab.
Conesa	Perforación	7.118	1,012	8.718	10.426
Viedma	Río Negro	59.993	-	97.779	102.537
San Javier	Río Negro	2.053	1,034	3.624	5.985
El condor	Río Negro	1.664	-	4.754	8.815
Cuenca Río Colorado					
Catriel (aguas arriba)	canal de riego (Río Colorado)	24.202	-	37.902	54.616
Río Colorado (aguas abajo)	Río Colorado/Perforación	16.132	-	21.720	24.763
Cuenca Limay					
Bariloche	Lago Nahuel Huapi, Arroyo Ñireco, Vertientes, Lago Moreno, Arroyo Casa de Piedra, Arroyo Cascada y Arroyo Gutiérrez	135.755	1,018	183.852	240.262
Dina Huapi	Lago Nahuel Huapi	5.879	1,018	7.962	10.405
Balsa las perlas	Limay	10.000	-	40.000	50.000
Cuenca Azul					
El Bolson	Río Quenquemtreu	24.276	-	55.159	85.532
Chubut					
Ñorquinco	Río chubut	597	1,027	939	1.400
Río Chico	Río chico/perforación	367	1,005	399	431
Región Sur					
Valcheta	Arroyo Valcheta	3.564	1,009	4.150	4.747
Sierra Grande	Acueducto	9.393	1,010	11.124	12.915
Playas Doradas	Acueducto	1.299	-	3.868	4.968
Comisiones de fomento	agua superficial	1.757	1,000	1.757	1.757
Subterránea					
Los Menucos	Perforación	4.244	1,017	5.606	7.166
Comallo	Perforación	1.811	1,015	2.333	2.916
Ing. Jacobacci	Perforación	8.112	1,013	10.104	12.264
Maquinchao	Perforación	2.834	1,015	3.650	4.564
Pilcaniyeu	Perforación	1.118	1,005	1.217	1.311
Ramos Mexia	Perforación	1.131	1,025	1.721	2.492



Río Negro					
Localidad	Captación	Población 2023	Proyección de población		
			Tasa anual	2040	2055
		Hab.		Hab.	Hab.
Sierra Colorada	Perforación	1.686	1,013	2.100	2.549
Comisiones de fomento	Perforación	7.255	1,000	7.255	7.255
TOTALES	-	765.509	-	1.091.478	1.411.822

(*) los porcentajes son referidos de acuerdo a la cantidad de toma de agua en cada cuenca, ya que las localidades de Allen, Fernández Oro y Roca toman un porcentaje del Río Neuquén y Río Negro, según la época del año.

ANEXO III – DEMANDA POBLACIONAL

Demanda poblacional actual (2023)

Río Negro								
Localidad	Captación	Población 2023	Población servida agua 2023	Cobertura agua	Dotación	Demandas residencial (2023)	ANC	Consumo poblacional
		Hab.	Hab.	%	l/hab/día	hm3/año	hm3/año	hm3/año
Cuenca Río Neuquén: Alto Valle								
Cipoletti	Río Neuquén	105.482	95.780	86,55%	320	11,187	5,594	16,781
Cte. Cordero	Río Neuquén	2.306	1.211	100,00%	280	0,124	0,062	0,186
Barda del medio	Río Neuquén	2.514	2.514	100,00%	280	0,257	0,128	0,385
Allen (60%) (*)	Río Neuquén	19.118	16.591	98,30%	320	1,938	0,969	2,907



Río Negro								
Localidad	Captación	Población 2023	Población servida agua 2023	Cobertura agua	Dotación	Demandas residencial (2023)	ANC	Consumo poblacional
		Hab.	Hab.	%	l/hab/día	hm3/año	hm3/año	hm3/año
F. Oro (60%) (*)	Río Neuquén	9.473	6.758	100,00%	320	0,789	0,395	1,184
Roca (60%) (*)	Río Neuquén	65.208	64.700	100,00%	312	7,368	1,842	9,210
Cinco Saltos	Río Neuquén	27.566	28.685	87,33%	320	3,350	1,675	5,026
Cuenca Río Negro: Alto Valle								
Allen (40%) (*)	Río Negro	12.746	11.060	98,30%	320	1,292	0,646	1,938
F. Oro (40%) (*)	Río Negro	6.315	4.505	100,00%	320	0,526	0,263	0,789
Roca (40%) (*)	Río Negro	43.472	43.134	100,00%	312	4,912	2,456	7,368
Chichinales	Río Negro	5.192	5.078	89,64%	280	0,519	0,259	0,778
Ing Huergo	Río Negro	8.571	8.391	100,00%	280	0,858	0,429	1,286
Gral. Godoy	Río Negro	4.645	3.372	100,00%	280	0,345	0,172	0,517
Cervantes	Perforación	7.796	5.882	98,42%	280	0,601	0,301	0,902
V. Regina	Perforación	33.034	31.382	95,00%	320	3,665	1,833	5,498
Cuenca Río Negro: Valle Medio								
Darwin	Perforación	1.525	1.407	100,00%	774	0,397		0,397
Chimpay	Perforación	4.721	6.664	93,00%	320	0,778	0,389	1,168
Belisle	Perforación	2.120	2.120	100,00%	280	0,217	0,108	0,325
Choele	Río Negro	13.588	12.070	100,00%	365,5	1,610	0,805	2,415
Beltran	Perforación	8.087	6.685	74,00%	320	0,781	0,390	1,171
Lamarque	Perforación	9.949	9.750	98,00%	320	1,139	0,569	1,708
Pomona	Perforación	1.100	1.100	100,00%	320	0,128	0,064	0,193
San Antonio Oeste	Canal Ing. Suarez	26.510	20.930	100,00%	320	2,445	1,222	3,667
San Antonio Este	Canal Ing. Suarez	594	594	100,00%	280	0,061	0,030	0,091
Las Grutas	Canal Ing. Suarez	10.821	10.233	94,56%	320	1,195	0,598	1,793
Cuenca Río Negro: Valle inferior (franja costera)								
Guardiamitre	Perforación	816	417	51,12%	280	0,043	0,021	0,064



Río Negro								
Localidad	Captación	Población 2023	Población servida agua 2023	Cobertura agua	Dotación	Demandas residencial (2023)	ANC	Consumo poblacional
		Hab.	Hab.	%	l/hab/día	hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año
Conesa	Perforación	7.118	6.786	93,57%	280	0,694	0,347	1,040
Viedma	Río Negro	59.993	59.993	100,00%	375	8,212	4,106	12,317
San Javier	Río Negro	2.053	2.053	100,00%	280	0,210	0,105	0,315
El condor	Río Negro	1.664	1.664	100,00%	387,5	0,235	0,059	0,294
Cuenca Río Colorado								
Catriel (aguas arriba)	canal de riego (Río Colorado)	24.202	22.227	91,84%	320	2,596	1,298	3,894
Río Colorado (aguas abajo)	Río Colorado/ Perforación	16.132	13.532	83,88%	320	1,580	0,790	2,371
Cuenca Limay								
Bariloche	Lago Nahuel Huapi, Arroyo Ñireco, Vertientes, Lago Moreno, Arroyo Casa de Piedra, Arroyo Cascada y Arroyo Gutiérrez	135.755	116.668	85,94%	312	13,286	6,643	19,929
Dina Huapi	Lago Nahuel Huapi	5.879	5.291	90,00%	320	0,618	0,309	0,927
Balsa las perlas	Limay	10.000	9.000	90,00%	320	1,051	0,526	1,577
Cuenca Azul								
El Bolson	Río Quenque mtreu	24.276	21.421	88,24%	312	2,439	1,220	3,659
Chubut								
Ñorquinco	Río chubut	597	355	59,48%	280	0,036	0,018	0,054



Río Negro								
Localidad	Captación	Población 2023	Población servida agua 2023	Cobertura agua	Dotación	Demandas residencial (2023)	ANC	Consumo poblacional
		Hab.	Hab.	%	l/hab/día	hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año
Río Chico	Río chico/perforación	367	367	100,00%	280	0,038	0,019	0,056
Región Sur								
Valcheta	Arroyo Valcheta	3.564	3.564	100,00%	280	0,364	0,182	0,546
Sierra Grande	Acueducto	9.393	9.393	100,00%	500	1,714	0,857	2,571
Playas Doradas	Acueducto	1.299	1.299	100,00%	400	0,190	0,095	0,284
Comisiones de fomento	agua superficial	1.757	1.757		280	0,180	0,090	0,269
Subterránea								
Los Menucos	Perforación	4.244	4.244	100,00%	280	0,434	0,217	0,651
Comallo	Perforación	1.811	1.823	100,00%	280	0,186	0,093	0,279
Ing. Jacobacci	Perforación	8.112	8.178	100,00%	320	0,955	0,478	1,433
Maquinchao	Perforación	2.834	3.031	100,00%	280	0,310	0,155	0,465
Pilcaniyeu	Perforación	1.118	804	100,00%	280	0,082	0,041	0,123
Ramos Mexia	Perforación	1.131	1.344	100,00%	280	0,137	0,069	0,206
Sierra Colorada	Perforación	1.686	1.823	100,00%	280	0,186	0,093	0,279
Comisiones de fomento	Perforación	7.255	7.255	100,00%	280	0,741	0,371	1,112
TOTALES	-	765.509	704.885	95%	319	83,00	39,40	122,4

(*) los porcentajes son referidos de acuerdo a la cantidad de toma de agua en cada cuenca, ya que las localidades de Allen, Fernández Oro y Roca toman un porcentaje del Río Neuquén y Río Negro, según la época del año.

Demanda poblacional proyectual año 2040 y 2055



Río Negro							
Localidad	Captación	Proyección de demandas					
		2040			2055		
		Demandas residenciales	Agua no contab.	Consumo poblacional	Demandas residenciales (2055)	Agua no contab.	Consumo poblacional
		hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año
Cuenca Río Neuquén: Alto Valle							
Cipoletti	Río Neuquén	14,60	7,30	21,90	17,34	8,67	26,00
Cte. Cordero	Río Neuquén	0,30	0,15	0,46	0,38	0,19	0,57
Barda del medio	Río Neuquén	0,45	0,22	0,67	0,73	0,36	1,09
Allen (60%) (*)	Río Neuquén	3,11	1,55	4,66	3,76	1,88	5,64
F. Oro (60%) (*)	Río Neuquén	1,04	0,52	1,56	1,52	0,76	2,29
Roca (60%) (*)	Río Neuquén	7,71	3,85	11,56	8,82	4,41	13,24
Cinco Saltos	Río Neuquén	7,01	3,51	10,52	9,66	4,83	14,49
Cuenca Río Negro: Alto Valle							
Allen (40%) (*)	Río Negro	2,07	1,04	3,11	2,51	1,25	3,76
F. Oro (40%) (*)	Río Negro	0,69	0,35	1,04	1,02	0,51	1,52
Roca (40%) (*)	Río Negro	5,14	2,57	7,71	5,88	2,94	8,82
Chichinales	Río Negro	0,89	0,45	1,34	1,41	0,70	2,11
Ing Huergo	Río Negro	0,97	0,48	1,45	1,06	0,53	1,59
Gral. Godoy	Río Negro	0,53	0,26	0,79	0,57	0,29	0,86
Cervantes	Perforación	1,23	0,62	1,85	1,81	0,91	2,72
V. Regina	Perforación	4,73	2,37	7,10	5,62	2,81	8,43
Cuenca Río Negro: Valle Medio							
Darwin	Perforación	1,02	0,51	1,53	1,50	0,75	2,25
Chimpay	Perforación	0,60	0,30	0,90	0,65	0,32	0,97
Belisle	Perforación	0,27	0,14	0,41	0,34	0,17	0,51
Choele	Río Negro	3,66	1,83	5,49	5,21	2,61	7,82
Beltran	Perforación	1,45	0,72	2,17	2,37	1,18	3,55
Lamarque	Perforación	1,31	0,65	1,96	1,45	0,73	2,18
Pomona	Perforación	0,23	0,11	0,34	0,37	0,19	0,56
San Antonio Oeste	Canal Ing. Suarez	3,29	1,65	4,94	4,30	2,15	6,46
San Antonio Este	Canal Ing. Suarez	1,29	0,64	1,93	2,04	1,02	3,07
Las Grutas	Canal Ing. Suarez	3,11	1,55	4,66	7,05	3,53	10,58
Cuenca Río Negro: Valle inferior (franja costera)							
Guardiamitre	Perforación	0,17	0,09	0,26	0,33	0,17	0,50
Conesa	Perforación	0,89	0,45	1,34	1,07	0,53	1,60
Viedma	Río Negro	13,38	6,69	20,08	14,03	7,02	21,05
San Javier	Río Negro	0,37	0,19	0,56	0,61	0,31	0,92
El condor	Río Negro	0,67	0,34	1,01	1,25	0,62	1,87



Río Negro							
Localidad	Captación	Proyección de demandas					
		2040			2055		
		Demandas residenciales	Agua no contab.	Consumo poblacional	Demandas residenciales (2055)	Agua no contab.	Consumo poblacional
		hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año
Cuenca Río Colorado							
Catriel (aguas arriba)	canal de riego (Río Colorado)	4,43	2,21	6,64	6,38	3,19	9,57
Río Colorado (aguas abajo)	Río Colorado/Perforación	2,54	1,27	3,81	2,89	1,45	4,34
Cuenca Limay							
Bariloche	Lago Nahuel Huapi, Arroyo Ñireco, Vertientes, Lago Moreno, Arroyo Casa de Piedra, Arroyo Cascada y Arroyo Gutiérrez	20,94	10,47	31,41	27,36	13,68	41,04
Dina Huapi	Lago Nahuel Huapi	0,93	0,46	1,39	1,22	0,61	1,82
Balsa las perlas	Limay	4,67	2,34	7,01	5,84	2,92	8,76
Cuenca Azul							
El Bolson	Río Quenquemtreu	6,28	3,14	9,42	9,74	4,87	14,61
Chubut							
Ñorquinco	Río chubut	0,10	0,05	0,14	0,14	0,07	0,21
Río Chico	Río chico/perforación	0,04	0,02	0,06	0,04	0,02	0,07
Región Sur							
Valcheta	Arroyo Valcheta	0,42	0,21	0,64	0,49	0,24	0,73
Sierra Grande	Acueducto	2,03	1,02	3,05	2,36	1,18	3,54
Playas Doradas	Acueducto	0,56	0,28	0,85	0,73	0,36	1,09
Comisiones de fomento	agua superficial	0,18	0,09	0,27	0,18	0,09	0,27
Subterranea							
Los Menucos	Perforación	0,57	0,29	0,86	0,73	0,37	1,10
Comallo	Perforación		0,00	0,00	0,30	0,15	0,45
Ing. Jacobacci	Perforación	1,18	0,59	1,77	1,43	0,72	2,15
Maquinchao	Perforación	0,37	0,19	0,56	0,47	0,23	0,70
Pilcaniyeu	Perforación	0,12	0,06	0,19	0,13	0,07	0,20
Ramos Mexia	Perforación	0,18	0,09	0,26	0,25	0,13	0,38
Sierra Colorada	Perforación	0,21	0,11	0,32	0,26	0,13	0,39
Comisiones de fomento	Perforación	0,74	0,37	1,11	0,74	0,37	1,11



Río Negro							
Localidad	Captación	Proyección de demandas					
		2040			2055		
		Demandas residenciales	Agua no contab.	Consumo poblacional	Demandas residenciales (2055)	Agua no contab.	Consumo poblacional
		hm3/año	hm3/año	hm3/año	hm3/año	hm3/año	hm3/año
<u>TOTALES</u>	-	<u>128,69</u>	<u>64,34</u>	<u>193,03</u>	<u>166,36</u>	<u>83,18</u>	<u>249,54</u>

(*) los porcentajes son referidos de acuerdo a la cantidad de toma de agua en cada cuenca, ya que las localidades de Allen, Fernández Oro y Roca toman un porcentaje del Rio Neuquén y Rio Negro, según la época del año.



Sección 5: Balances prospectivos escenario tendencial

1. BALANCES PROSPECTIVOS.....	185
1.1 CUENCA DEL RÍO NEUQUÉN	185
1.2 CUENCA DEL RÍO NEGRO	186
1.3 CUENCA DEL RÍO COLORADO.....	187
2. CONCLUSIONES.....	189



1. BALANCES PROSPECTIVOS

El propósito del análisis prospectivo consiste en evaluar el efecto que genera un cambio tanto en la disponibilidad como en la demanda de agua sobre el balance hídrico del sistema.

En el presente informe se realiza un análisis de balance prospectivo con los valores actuales y proyectados de oferta y demanda de la cuenca del río Neuquén, del río Negro y del río Colorado. Estos balances buscan evaluar la relación entre el agua disponible para cada cuenca y las demandas hídricas para los distintos usos (poblacional, agrícola, ganadero, industrial y ambiental) en el marco de un análisis de escenarios tendenciales como ya se ha explicado precedentemente.

En esta etapa se presentan balances anuales, relacionando para cada sistema la oferta hídrica media anual con las demandas de los distintos usos. En las próximas etapas de este estudio, cuando se desarrollen los escenarios productivos futuros se desarrollará, de contar con la información necesaria, los balances correspondientes con paso de tiempo mensual o estacional. Esto es relevante ya que permitirá observar el impacto de la regulación de la oferta por parte de los embalses para cubrir las demandas de cada sistema.

Se toman solo estas tres cuencas por ser las que se cuenta con los datos necesarios para realizar este tipo de análisis. Para el caso de los otros sistemas hídricos se demostró que la oferta tendrá una disminución que afectará directamente la disponibilidad de agua tanto superficial como subterránea. En función de esto se deberán plantear políticas para mejorar la eficiencia y la gestión del recurso hídrico.

1.1 CUENCA DEL RÍO NEUQUÉN

Como dato de entrada se considera la oferta hídrica proyectada para la cuenca, calculada como Agua Disponible del río Neuquén en el dique compensador El Chañar, en el Componente 1 del presente informe y luego se le aplica los porcentajes de disminución del escurrimiento que surgen del estudio realizado por Mekorot 2024, Dr. Amir Givati.

El valor de Agua Disponible para los años proyectados surge del informe realizado por Mekorot en el marco de este estudio, el mismo es una estimación de los volúmenes esperados bajo los efectos del cambio climático (disminución de volumen anual de escurrimiento a 2040 del 14.9% y a 2055 del 22.5%).

Los valores de salidas de agua del sistema se estiman tomando los análisis realizados en la sección de estudio de las demandas entre Chañar y Allen. El principal consumo es el sistema de riego de Alto Valle y luego demandas menores como Campo Grande en Río Negro y algunas tomas en la provincia de Neuquén (tomadas de la modelación WEAP 21 de la cuenca, realizada por la AIC (Autoridad de cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro). Con ellos se realiza una correlación lineal entre los mismos y los derrames estimados del Río Negro.

De los resultados obtenidos se observa que tanto para la situación actual como para los escenarios prospectivos los balances son positivos ya que, para el ciclo anual, la oferta de agua es mayor que la suma de las demandas para todos los usos.

Los valores obtenidos se presentan en la siguiente tabla:



Tabla 1 Balance Prospectivo del río Neuquén (hm³/año)

			2000/2020	2040	2055
1	Agua Disponible en El Chañar	hm ³ /año	6816	5800	5282
2	Oferta total Agua Disponible	hm³/año	6816	5800	5282
3	Demandas Alto Valle + poblacional + ind.	hm ³ /año	1569	1626	1680
4	Demandas Neuquén (Chañar-confluencia)	hm ³ /año	51	53	55
5	Demanda Total (3+4)	hm³/año	1620	1679	1735
6	Balance prospectivo (2-5)	hm ³ /año	5196	4122	3548

1.2 CUENCA DEL RÍO NEGRO

Como dato de entrada se considera la oferta hídrica proyectada para la cuenca, calculada como Agua Disponible del Río Negro en Allen en el Componente 1 del presente informe y luego se le aplica los porcentajes de disminución del escurrimiento que surgen del estudio realizado por Mekorot 2024, Dr. Amir Givati.

El valor de Agua Disponible surge del informe realizado por Mekorot en el marco de este estudio, el mismo es una estimación de los volúmenes esperados bajo los efectos del cambio climático (disminución de volumen anual de escurrimiento a 2040 del 14.9% y a 2055 del 22.5%).

Los valores de extracciones y salidas de agua del sistema se estiman tomando los análisis realizados en la sección de estudio de las demandas, la demanda de la provincia condómina de Buenos Aires y los caudales ecológicos definidos por el DPA. Con ellos se realiza una correlación lineal entre los mismos y los derrames estimados del Río Negro.

De los resultados obtenidos se observa que tanto para la situación actual como para los escenarios prospectivos los balances son positivos ya que resulta que la oferta de agua es mayor que la suma de las demandas para todos los usos.

Los valores obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2 Balance Prospectivo del río Negro (hm³/año)

			2000/2020	2040	2055
1	Agua Disponible en Allen	hm ³ /año	22370	19037	17337
2	Aporte retornos drenajes AVRN	hm ³ /año	595	595	595
3	Oferta total Agua Disponible (1+2)	hm³/año	22965	19632	17932
4	Demandas Valle Azul + poblacional + ind.	hm ³ /año	232	251	263
5	Demandas Valle Medio + pobl. + industrial	hm ³ /año	1236	1275	1311
6	Demandas Valle Inferior + pobl. + ind.	hm ³ /año	1471	1517	1542



7	Caudal ecológico en Primera Angostura	(250 m ³ /s)	7884	7884	7884
8	Volumen para demanda Bs As	(50 m ³ /s)	1577	1577	1577
9	Demanda Total (4+5+6+7+8)	hm³/año	12400	12504	12577

10	Balance prospectivo (3-9)	hm ³ /año	10565	7128	5355
----	----------------------------------	----------------------	-------	------	------

Para la elaboración de este balance, solo se consideran los retornos de agua de drenaje del sistema de riego del Alto Valle que es agua que se extrae del río Neuquén y que retorna al Negro, los mismos están detallados en la tabla 4-11 de la Sección 3 del presente informe, Eficiencia Global Sistema de Riego Alto Valle. La consideración de estos retornos se debe a que son de una magnitud considerable y por ser los únicos retornos por drenaje estimados a partir de cálculos con datos suficientes que permiten obtener un dato confiable.

En el caso de los retornos de los otros sistemas de riego, como el Valle Medio, no fueron considerados por dos motivos. Por un lado, no se cuentan con registros confiables que permitan estimar un orden de magnitud para los caudales que retornar al río, además estos caudales son de una magnitud tal que frente a caudal del río son irrelevantes. En función de esto se puede considerar que los resultados del balance presentado son conservadores ya que si se suman los volúmenes de los retornos al caudal del río, el agua disponible será mayor.

Las demandas surgen del capítulo de las demandas actuales y proyectadas en un escenario tendencial (Sección 3 del presente informe).

También como demandas se consideraron los consumos de riego de la provincia de Buenos Aires, tomando un valor representativo de un cupo de 50 m³/s, aunque los cupos en esta cuenca aún no están definidos por las provincias condóminas. En la actualidad, el consumo es menor, la demanda de la provincia de Buenos Aires es bajo, si bien está creciendo en forma importante en los últimos años debido al desarrollo de dos grandes emprendimientos en la vera del río Negro en cercanías de Carmen de Patagones. En la actualidad se riegan estimativamente unas 5.500/6.000 has de cultivos de cereales y hortalizas (cebolla, papa y ajo). Esta superficie utiliza aproximadamente el 10% del valor considerado en el balance (5 m³/s).

Por último, se consideró un caudal ecológico de 250 m³/s que descarga al mar, definido por el DPA a falta de estudios que determinen el valor real para el río.

Si bien los resultados para el balance actual y para los balances prospectivos arrojan valores positivos, solo se está evaluando una situación futura tendencial donde, como se explicó precedentemente solo se consideran aumentos de las demandas poblacionales por el aumento de la población y aumentos en las demandas agrícolas por el aumento de la evapotranspiración. En capítulos posteriores de este proyecto se evaluará el impacto en el balance hídrico de nuevas demandas para cada uno de los usos.

1.3 CUENCA DEL RÍO COLORADO

Como dato de entrada se considera la oferta hídrica proyectada para la cuenca, calculada como Agua Disponible del Río Colorado en el Sección 1 del presente informe y luego se le aplica los porcentajes de disminución del escurrimiento que surgen del estudio realizado por Mekorot 2024, Dr. Amir Givati. Siendo de 11.9% para el año 2040 y 25.8% para el año 2055.



Los valores de extracciones y salidas se estiman tomando para Río Colorado los análisis realizados en la sección de estudio de las demandas, las demandas de las provincias condóminas de Mendoza, Neuquén, La Pampa y Buenos Aires se estiman con datos de la cuenca y los caudales mínimos al mar y de pérdidas son los definidos por el Comité de Cuencas (COIRCO). Con ellos se realiza una correlación lineal entre los mismos y los derrames estimados del Río Colorado

De los resultados obtenidos se observa que el balance actual es positivo, así como también el balance para la situación intermedia de 2040. Para el balance en el año objetivo de 2055 el resultado es levemente negativo o neutro.

Los valores obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3 Balance Prospectivo del río Colorado (hm³/año)

			2000/2020	2040	2055
1	Agua Disponible en el río Colorado (2+3)	hm3/año	3556	3178	2728
2	Consumos aguas arriba	hm3/año	281	292	298
3	Agua Disponible en Casa de Piedra	hm3/año	3275	2885	2430
4	Demanda Sta Nicolasa	hm3/año	67	68	69
5	Demanda Río Colorado + poblacional	hm3/año	197	205	209
6	Demanda provincia Buenos Aires	hm3/año	1511	1511	1511
7	Pérdidas infiltración y evaporación cauce	8%	284	254	218
8	Caudal mínimo al mar	(15 m ³ /s)	473	473	473
9	Demanda Total (4+5+6+7+8)	hm3/año	2533	2511	2480
10	Balance prospectivo (3-9)	hm3/año	742	374	-50

El cálculo del agua disponible en el río Colorado (considerando en Buta Ranquil) surge de sumar el Agua Disponible calculado para la sección aguas debajo de Casa de Piedra en el Sección N°1 del presente informe y sumándole todos los consumos entre Buta Ranquil y Casa de Piedra. En este valor no se consideran las pérdidas por evaporación (del embalse y del cauce) ni de infiltración por no ser agua disponible para la cuenca.

Dentro de las demandas consideradas se incluye los usos de la provincia de Buenos Aires tomando el valor promedio de lo derivado por el sistema de riego de CORFO entre los años 2000 y 2020.

Por último, se tomaron las pérdidas estimadas desde Casa de Piedra con datos del Comité de Cuencas (COIRCO) y se contempló el caudal mínimo acordado que se deja llegar al mar. Estos valores surgen de tomar el promedio de pérdidas del período analizado y manteniendo dicho valor porcentual en las proyecciones. El caudal mínimo al mar se acordó en el COIRCO de ajustarlo a 15 m³/s en años de sequía por no existir un estudio que establezca el valor real para el río.

En este caso el balance prospectivo refleja la realidad que ha sido observada en los últimos años dónde, durante la primera década analizada (2000/2010) con escurrimientos cercanos o superiores a la media histórica, había excedentes en la cuenca luego de cubrir todas las demandas y en la segunda década (2010/2020) la situación de mermas del escurrimiento en una proporción del 40/45% provocó



situaciones donde no se pudieron cubrir todas las demandas. En la tabla 4-3 se observa que tomando el período 2000/2020 marca una situación de poder cubrir todas las demandas y generar un excedente, esto se debe a que al promediar las dos décadas se compensan positivamente.

Sin embargo, se observa una situación compleja para la cuenca para 2040 y 2055 provocada por la disminución de los escurrimientos por el impacto del cambio climático. En estos casos, sin modificar las demandas por incrementos de la superficie regada en la cuenca, el balance se transforma en neutro o deficitario. Ante esta situación se deberá prever políticas que propicien una mejora sustancial en las eficiencias y en aumentar la capacidad de regulación (mayor cantidad de embalses) para resguardar volúmenes de agua en años hidrológicos medios o ricos y utilizarlos en años pobres, ya que dentro de la tendencia a la disminución de los volúmenes de escurrimiento se observarán variaciones importantes de escurrimientos entre ciclos.

Los resultados del balance actual y para los balances prospectivos solo están evaluando una situación futura tendencial donde, como se explicó precedentemente solo se consideran aumentos de las demandas poblacionales por el aumento de la población y aumentos en las demandas agrícolas por el aumento de la evapotranspiración. En capítulos posteriores de este proyecto se evaluará el impacto en el balance hídrico de nuevas demandas para cada uno de los usos.

2. CONCLUSIONES

En estos balances prospectivos se evalúa la relación de la oferta y la demanda en un escenario tendencial. En estos escenarios la oferta de agua en ambos ríos va a disminuir por efecto del Cambio Climático y las demandas van a aumentar por el aumento de la población y por el aumento de la evapotranspiración también como efecto directo del Cambio Climático.

De estos dos componentes que forman parte del estudio de balance prospectivo, es la variación de la oferta quien modifica en mayor proporción la relación entre las variables. Según los resultados obtenidos la reducción del agua disponible alcanza valores de hasta el 25% para 2055. El aumento de las demandas en los escenarios tendenciales es sustancialmente menor.

Desde el punto de vista de la gestión de los recursos hídricos no se puede modificar la oferta de agua, pero si es muy importante para aumentar la disponibilidad y disminuir las demandas.

La cuenca del río Neuquén se tiene una importante variación de caudales mensuales y en algunos momentos diarios debidos a eventos puntuales de precipitaciones en la alta cuenca que produce los máximos caudales instantáneos. Si bien es importante la capacidad de regulación en el sistema Cerros Colorados se considera importante incrementarla para asegurar un control de crecidas y lograr una garantía de cobertura de la demanda actual y futura. Las zonas de riego del Alto Valle, que dependen del Río Neuquén compiten en la actualidad por el espacio territorial frente al avance urbano y la industria petrolera. La provincia deberá definir con claridad cual es la planificación de desarrollo territorial que junto con las definiciones sobre la gestión del recurso hídrico marcaran el futuro desarrollo urbano y productivo de esta zona.

La cuenca del Río Negro presenta un potencial de desarrollo muy grande de nuevas áreas de riego, así como también de recuperación de hectáreas que se encuentran dentro de las zonas de riego existentes pero que hoy están fuera de producción por diversos motivos. Estos desarrollos son factibles debido a la existencia de superficie con aptitudes agrícolas y la disponibilidad del agua de excelente calidad. Es lógico suponer que si se crean condiciones macroeconómicas propicias y se desarrolla la



infraestructura necesaria (energía, accesibilidad con rutas y puentes, servicios agrícolas, etc.), se producirá un aumento sustancial en las demandas agrícolas.

En el caso de la cuenca del río Colorado la situación es más compleja por ser un río con caudales relativamente menores, al mismo tiempo con una considerable reducción de la oferta hídrica en los últimos años y también un desarrollo de áreas de riego en la cuenca relativamente alto.

En esta cuenca, durante el periodo 2010/2022, debido a la baja en los escurrimientos del río, se presentaron situaciones donde no se pudo cubrir todas las demandas de agua de la cuenca a pesar de contar con un embalse con una importante capacidad de regulación. Particularmente la cobertura de las demandas de la provincia de Río Negro no se vio afectada por que los requerimientos hídricos actuales se encuentran por debajo del cupo asignado a la provincia en el Acuerdo de distribución de caudales y asignación de áreas de riego acordado en el Comité de Cuencas del río Colorado (COIRCO). Esta situación es la que se prevé para los próximos años ya que la oferta se mantendrá en valores similares a este período mencionado, por lo que toda la cuenca tendrá que plantear políticas para realizar un uso más eficiente del agua, sobre todo el uso agrícola, ya que el poblacional e industrial en este caso no es importante. También se debe trabajar en mejorar la capacidad de regulación del río con la construcción de nuevos embalses, ya que en este escenario de disminución de la oferta hídrica también se darán ciclos hidrológicos ricos que deben ser resguardados para otros pobres o secos, situación que se dará con mayor frecuencia. Esta situación se observa en la actualidad cuando luego de un largo ciclo (2010/2022) de escurrimientos muy bajos se dan dos ciclos consecutivos (2023 y 2024) con volúmenes de años medios o levemente superiores y la capacidad del embalse no permite retener todos los excedentes generados debiendo descargarlos al mar.

Un aspecto importante en la gestión del agua en la cuenca es la revisión del acuerdo de distribución de caudales y asignación de áreas de riego acordado en el Comité de Cuencas del río Colorado (COIRCO), ya que, sin haberse llegado al desarrollo de todas las áreas previstas en dicho acuerdo, y ante un escenario de disminución de la oferta por efecto del cambio climático, no se podrán cubrir todas las demandas previstas. Esta revisión debe apuntar principalmente a propiciar la aplicación de menores dotaciones y láminas en los momentos adecuados, de manera de poder generar una garantía para cubrir las demandas en un escenario eficiente.

Para los sistemas analizados no se observan déficits hídricos tanto para la situación actual como para los escenarios tendenciales. Es necesario aclarar que en estos escenarios se consideran valores medios probables, pudiendo ocurrir años con valores superiores o inferiores a los indicados.

Para todas las cuencas es importante implementar lineamientos claros de ordenamiento territorial que tengan estrecha relación con las definiciones de la política de gestión de los recursos hídricos. Con esto se busca lograr armonizar la cobertura de las demandas hídricas y disminuir la competencia entre usos.

Ante los escenarios futuros con una marcada disminución de la oferta es fundamental implementar acciones para mejorar la eficiencia global de los sistemas, ya sean estos de dotación de agua potable donde se debe reducir el ANC como sistemas agrícolas donde se deben aumentar la eficiencia de conducción en las redes primarias, distribución en las redes de riego y de aplicación intra-finca mejorando el riego.

Parte fundamental para lograr la gestión de la demanda y aumentar la eficiencia de los sistemas de distribución es la implementación de un plan de racionalización del uso del agua, ajustando las



dotaciones a consumos adecuados para todos los usos. Es fundamental también la sistematización de las mediciones de caudales para conocer para conocer ya sean los volúmenes derivados a los sistemas de riego, los retornos por drenajes, como así también láminas aplicadas y eficiencias. En aquellos lugares donde sea posible la reutilización de los efluentes tratados deberá contarse como parte de la oferta hídrica que se utilizara para satisfacer las demandas, para ello, los sistemas de tratamiento deberán garantizar la calidad requerida para el reúso de estas aguas.

Las medidas que se implementen para mejorar la gestión de los recursos hídricos provinciales, ya sea para abastecer las demandas actuales o las futuras deberían acordarse con las autoridades de cuenca correspondiente para lograr su máxima eficiencia técnica e institucional.