

Emergencia Hídrica 2021-2022

**Situación socio-ambiental de las cuencas
de los ríos Chubut y Senguer**

Informe Técnico

**Grupo Técnico del Comité de Cuenca del Río Chubut
Diciembre 2021**



Autoras y autores:

Pessacg N^{1,2}, Liberoff A^{1,2}, Salvadores F³, Rimoldi P^{3,7}, Brandizi L⁴, Alonso Roldan V^{2,5}, Mac Donnell L¹, Ambrosio M⁴, Raguileo D⁶, Malnero H⁴, Rius P^{4,5}, Díaz L³

1 - Laboratorio EcoFluvial

2 - Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales IPEEC-CCT
CONICET CENPAT

3 - INTA CRPS - EEA Chubut

4 - Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB)

5- Grupo de Investigación en Gestión Desarrollo Territorial y Ambiente (GesDTA), Facultad
Regional Chubut, Universidad Tecnológica Nacional

6 - AER INTA Chubut

7 - Universidad del Chubut

Cómo citar este informe: Pessacg N, Liberoff A, Salvadores F, Rimoldi P, Brandizi L, Alonso Roldán V, Mac Donnell L, Ambrosio M, Raguileo D, Malnero H, Rius P, Díaz L (2021) Emergencia Hídrica 2021-2022: Situación socio-ambiental de las cuencas de los ríos Chubut y Senguer. Informe técnico. Grupo técnico del Comité de Cuenca del Río Chubut. Disponible en <http://www.repositorio.cenpat-conicet.gob.ar/123456789/1485>

Índice

Resumen ejecutivo - pag.3

Introducción - pag.5

Contexto climático - pag.8

Contexto hidrológico - pag.12

Calidad de agua - pag.18

Contexto socio-político - pag.21

Anexo 1 - pag.27

Anexo 2 - pag.29

Referencias - pag.31

Resumen ejecutivo

Desde el Grupo Técnico del Comité de Cuenca del Río Chubut se elaboró un informe técnico con el objetivo de **aportar elementos que apoyen la toma de decisiones en el marco de la actual crisis hídrica y que permitan anticiparse mejor a futuras situaciones de escasez de agua.** El informe está focalizado en las principales cuencas hídricas superficiales de la provincia, la cuenca del Río Chubut y la del Río Senguer, que abastecen de agua a más del 70% de la población provincial y donde se ubican las localidades con el mayor crecimiento demográfico de la provincia. Los principales resultados indican que ambas cuencas en los últimos años registran precipitaciones y caudales por debajo de los valores medios históricos. En la cabecera de cuenca del Río Chubut en los últimos 7 años la

precipitación ha resultado deficitaria mientras que en el Río Senguer esto ocurre desde hace 4 años. En las nacientes del Río Chubut se suma además una significativa tendencia decreciente en la precipitación que continuará en el futuro. Respecto a los caudales, el Río Chubut registra caudales anuales inferiores al promedio desde el año 2010, mientras que en el Río Senguer los caudales anuales son inferiores al promedio desde el año 2015. En el último año en particular se han cuantificado déficits de precipitación mayores al 85% y 55% en las cabeceras de estas cuencas, regiones donde se produce el agua que alimenta los principales cursos superficiales. Como resultado los caudales actuales de ingreso al Dique Ameghino están por debajo de los valores mensuales mínimos

medios, mientras que el nivel del lago Musters durante octubre de 2021 se mantuvo 0.88 m por debajo de los valores históricos de nivel registrados para ese mes. En este contexto se suman a los problemas de disponibilidad de agua problemas de calidad de agua que se ven intensificados en situaciones de escasez hídrica. En el VIRCh en particular los principales problemas de calidad del agua se asocian a aumentos de salinidad y de turbidez. A su vez, es necesario controlar niveles de contaminantes en el agua que se han detectado en sedimentos fluviales (por ejemplo pesticidas) sobre todo en época de riego y de caudales bajos. Uno de los análisis prioritarios para ambos sistemas hídricos es la definición de caudales ambientales; sin embargo, en ninguna de las dos cuencas existen registros públicos y abiertos de parámetros bioquímicos que permitan realizar análisis cuantitativos, estimar

tendencias y realizar proyecciones. Ante esta situación de escasez hídrica, aumento poblacional y tensión por los distintos usos del agua, es necesario fortalecer la coordinación entre acciones públicas y privadas y entre actores sociales en distintos niveles de gestión, consolidando una gobernanza colaborativa. Si bien la provincia del Chubut estipula en su marco jurídico-institucional el funcionamiento de espacios intersectoriales como los comités de cuenca y de emergencia, estos no han sido convocados en forma sistemática ni en momentos críticos. Dado el carácter multinivel de la gestión del agua en la provincia y la poca gravitación de estos espacios institucionales, se observa una fragmentación en las acciones, prácticas y políticas relacionadas con el uso y gestión del agua en el territorio.

Introducción

Este informe se elaboró en el contexto de **Crisis Hídrica** que sufre la provincia del Chubut. El día 26 de agosto de 2021 se sancionó la Declaración de la Emergencia Hídrica en el territorio del Chubut por el plazo de un año. Debido a esta situación se realizaron reuniones interinstitucionales donde se manifestó la necesidad de contar con información que ayude a la toma de decisiones. En este marco se elaboró desde el Grupo Técnico del Comité de Cuenca del Río Chubut el presente informe técnico. **El objetivo del mismo es aportar elementos que apoyen la toma de decisiones en el contexto de esta crisis hídrica y que permitan anticiparse mejor a futuras situaciones de escasez de agua.**

Este informe se focaliza en las dos principales cuencas hídricas superficiales

de la provincia de Chubut, la cuenca del Río Chubut y la cuenca del Río Senguer (Figura 1). Se realiza un diagnóstico de la situación socioambiental histórica y actual de ambas cuencas, a partir de la revisión de resultados previos, análisis de información y de diferentes series de datos.

Los ríos Chubut y Senguer recorren la provincia de oeste a este atravesando en su recorrido un marcado gradiente climático, topográfico y de cobertura de suelo. El Río Chubut desemboca en el Atlántico y cuenta con una obra de regulación (Dique Florentino Ameghino) mientras que el Río Senguer descarga el total de sus aguas en los lagos Musters-Colhue Huapi sin obras de regulación en su recorrido. El caudal del Río Senguer es regulado por los sistemas lacustres La

“Aportar elementos que apoyen la toma de decisiones en el contexto de la crisis hídrica y que permitan anticiparse mejor a futuras situaciones de escasez de agua”

Plata Chico, La Plata y Fontana. Ambos ríos tienen poco caudal en comparación con otros ríos de Patagonia y el agua se produce en su mayor parte en las nacientes, donde se concentran las precipitaciones durante el período invernal (Pessacg et al. 2015). Tanto el caudal como la precipitación en las cabecera de cuenca de estos ríos tienen una marcada variabilidad estacional e interanual.

De sus recursos hídricos se abastecen localidades como Trelew, Rawson, Puerto Madryn y Comodoro Rivadavia, que concentran más del 70% de la población provincial y son las que presentan mayor crecimiento demográfico en la provincia (Hermosilla Rivera 2013). Para estos conglomerados se estima una tendencia positiva¹ que marca el crecimiento relativo provincial el cual aproximadamente duplica al del país (Hermosilla Rivera 2013). Esta tendencia junto con las dinámicas económicas que tienden a la diversificación productiva hacen que se incremente y complejice el conjunto de

actores sociales afectados e interesados en la gestión del agua para usos cada vez más diversos.

En ambas cuencas, se desarrollan distintos sistemas productivos destacándose la producción agropecuaria bajo riego como principal usuario del agua tanto en el Valle Inferior del Río Chubut (VIRCh) como en Sarmiento (Figura 1). Estos valles irrigados son de gran relevancia para la población del sur patagónico en cuanto al abastecimiento de alimentos frescos. Sin embargo, presentan una clara diferencia respecto a la organización y administración de los sistemas de riego. Mientras que en el VIRCh la administración del riego se realiza a través de un consorcio de regantes en Sarmiento la administración la realiza el Instituto Provincial del Agua de la provincia (IPA) (Raguileo et al., 2021).

“Ante la situación de menores caudales, aumento poblacional y tensión por los distintos usos del agua, es necesario consolidar una gobernanza colaborativa”

¹Dirección General de Estadística y Censos de Chubut.
http://estadistica.chubut.gov.ar/index.php?option=com_content&view=frontpage

Emergencia Hídrica 2021-2022

Situación socio-ambiental de las cuencas de los ríos Chubut y Senguer

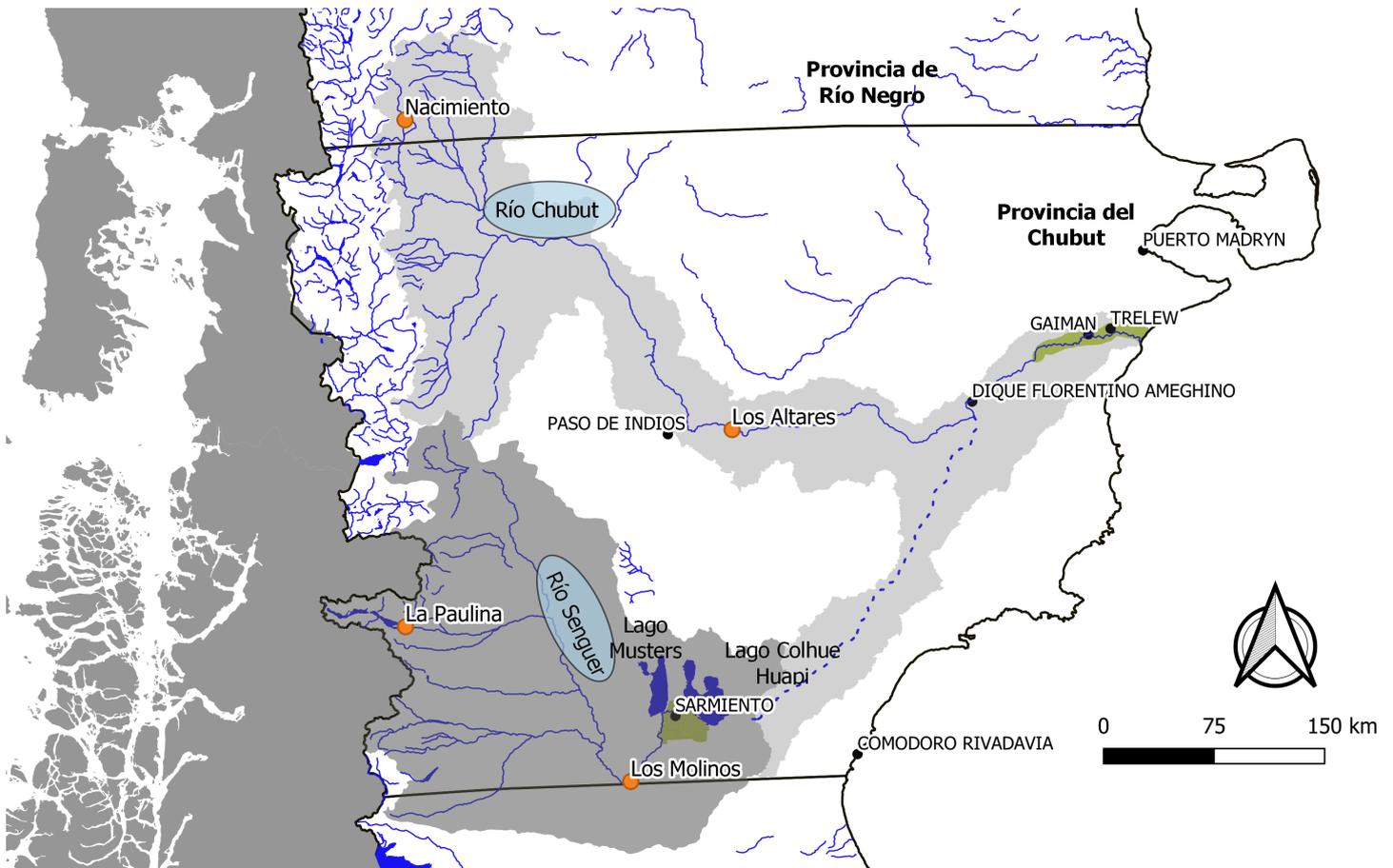


Figura 1: Ubicación geográfica de las cuencas de los ríos Chubut y Senguer (sombreados grises), cursos superficiales y lagos. Valle irrigado del VIRCh y Sarmiento (sombreados en verde). Los puntos naranjas indican las estaciones hidrometeorológicas utilizadas en este informe.

Contexto climático

La precipitación en las cabecera de cuenca de los ríos Chubut y Senguer tiene una marcada variabilidad estacional e interanual. Sumado a esta variabilidad natural, en las nacientes del Río Chubut se registra una tendencia significativa de disminución de precipitaciones asociada a los efectos del cambio climático. En la cabecera del Río Senguer, las tendencias en precipitación no son claras, algunos trabajos indican tendencias levemente negativas de precipitación mientras que otros no indican tendencias, dependiendo la metodología, estación y periodo utilizados para los análisis (Barros et al. 2005; Scordo 2018; San Martino et al. 2021).

La precipitación promedio de los últimos 10 años en la estación Nacimiento, en el norte de la cabecera de cuenca del Río Chubut, es aproximadamente la mitad del

promedio histórico, y durante los últimos 7 años la precipitación en esta región ha sido deficitaria (Figura 2). En la cabecera de cuenca del Río Senguer, la precipitación registrada en la estación La Paulina, indica que en los últimos 10 años la precipitación se encuentra dentro de los valores históricos aunque en los últimos 4 años ha sido deficitaria (Figura 2). En particular, durante el último año la precipitación en las cuencas de los ríos Chubut y Senguer ha sido extremadamente escasa con muy pocos eventos a lo largo del año, registrándose valores muy por debajo de los valores medios en prácticamente todas las regiones de las cuencas (Figura 2). En las cabeceras de cuenca, donde se produce el agua que alimenta los principales cursos superficiales, los eventos de precipitación han sido pocos, con déficits

“La precipitación en las cabeceras de cuenca de los ríos Chubut y Senguer tiene una marcada variabilidad estacional e interanual”

Emergencia Hídrica 2021-2022

Situación socio-ambiental de las cuencas de los ríos Chubut y Senguer

de agua² mayores al 85% en Nacimiento y el 55% en La Paulina. Además de las tendencias negativas de precipitación, en la cabecera de cuenca del Río Chubut se registra un significativo aumento de la temperatura y disminución de caudal desde 1960 hasta la actualidad

(Castañeda y González 2008; Masiokas et al. 2008; Seone y López 2006; Pasquine y Depetris 2007; Barros et al. 2005; Pessacg et al. 2020). Estas tendencias continuarán en el futuro en el contexto de cambio climático. Hacia fines de siglo se estima una disminución de la

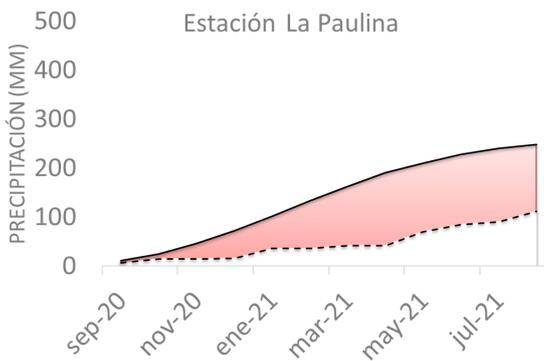
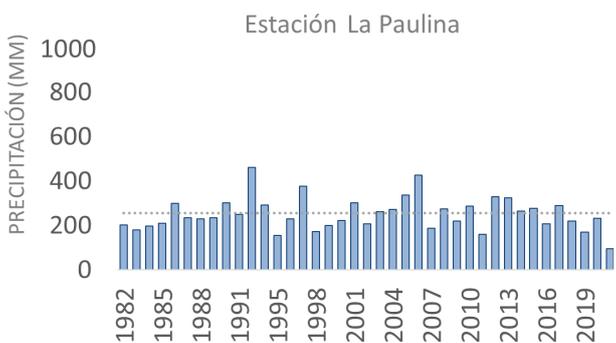
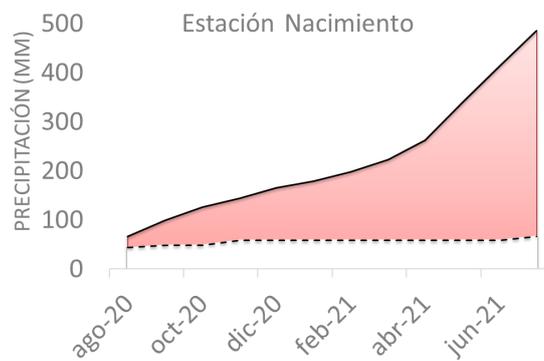
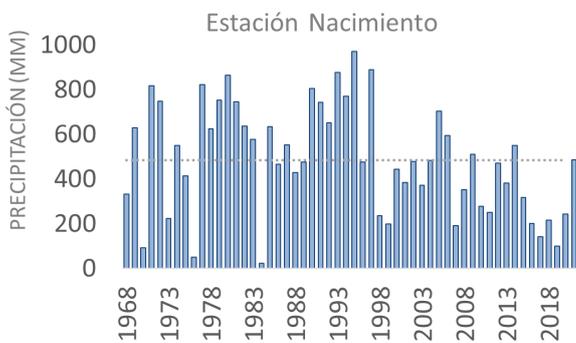


Figura 2: Análisis de precipitación para la estación Nacimiento, ubicada en la cabecera de cuenca del Río Chubut, y la estación La Paulina ubicada en la cabecera de cuenca del Río Senguer. a) y b) Precipitación media anual (barras azules) y promedio anual histórico de precipitación (línea punteada) para las estaciones Nacimiento y La Paulina, respectivamente. c) y d) Precipitación acumulada en los últimos 12 meses de registros disponibles (líneas negras punteadas) y promedio histórico acumulado de precipitación (líneas negras llenas) para las estaciones Nacimiento y La Paulina, respectivamente. El área sombreada representa el déficit de precipitación del último año con registros respecto de la media histórica.

■ Precipitación media anual
 Promedio anual histórico

■ Inferior al promedio
 — Promedio histórico acumulado 1968-2021
 --- Acumulado últimos 12 meses con registro

“Durante el último año la precipitación en las cuencas de los ríos Chubut y Senguer ha sido extremadamente escasa”

² Diferencia relativa entre el promedio mensual de agua acumulada entre agosto 2020-julio 2021 respecto del promedio histórico 1968-2020 en estación Nacimiento y entre septiembre 2020-agosto 2021 respecto del promedio histórico 1982-2021 en estación La Paulina.

cantidad de agua media anual en la cabecera del Río Chubut del orden del 40% (Pessacg et al. 2020, 2021). En la cuenca del Río Senguer las proyecciones futuras para el caudal en el contexto de cambio climático no son tan claras. Algunos estudios indican tendencias negativas en el caudal del orden de 1 % anual en la sección entre los lagos Musters y Colhué Huapi y del 1.5 % anual en la sección Los Monos (antes del valle irrigado de Sarmiento) (San Martino et al. 2021), mientras que otros estudios en la región indican tendencias que no son significativas (Scordo 2018). Es importante resaltar que esta cuenca se ubica entre dos grandes regiones en las que los caudales de los principales ríos indican tendencias opuestas. Los ríos hacia el norte del Senguer muestran tendencias negativas mientras que hacia el sur, como por ejemplo el caudal del Río Santa Cruz, tienen tendencias positivas (Barros et al. 2005). Sumando a estos resultados, la cobertura de nieve en latitudes medias de los Andes

registra una tendencia negativa de 15% por década para el período 1986-2018 y se proyecta que estas tendencias negativas continúen en el futuro (Cordero et al. 2019).

Por otro lado, la variabilidad de la precipitación y de las sequías está modulada por diferentes patrones de circulación atmosférica de gran escala. En las cuencas analizadas los patrones de circulación que más afectan la precipitación y los caudales son el ENOS (Oscilación del Sur-El Niño) y el SAM (Modo Anular del Sur) (Masiokas et al. 2019; Pessacg et al. 2021). El estado actual del fenómeno ENOS es de La Niña; condiciones La Niña tienden a favorecer condiciones de sequías hidrológicas de mayor duración (Rivera et al. 2018). De acuerdo a los modelos dinámicos y estadísticos³, se espera que **las condiciones de La Niña continúen hasta finales del verano con una alta probabilidad del 97 % y que haya una transición a condiciones neutrales hacia el abril-junio con una probabilidad de 60 %**. Por otro lado, el

³Climate Prediction Center NOAA
https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/

SAM exhibe una tendencia hacia una fase positiva que se asocia con la tendencia positiva de las sequías hidrológicas en las cuencas analizadas (Rivera et al. 2018). En la nacientes de los ríos los pronósticos climáticos estacionales actuales⁴

muestran **condiciones inferiores a lo normales de precipitación y superiores a lo normal de temperatura para el trimestre diciembre-enero-febrero 2021-2022.**

En este contexto es necesario incorporar el eje de cambio climático y sus consecuencias en las políticas hídricas y en el ordenamiento territorial. Así como avanzar en estudios de variabilidad hidroclimática, tendencias y proyecciones de cambio climático en ambas cuencas, incluyendo la dinámica de los lagos en el Río Senguer.

Además, es esencial ampliar y mantener las estaciones hidrometeorológicas en las cuencas, incluyendo estaciones níveas, que permitan conformar un red de monitoreo en tiempo real y mejorar los diagnósticos.

⁴ Pronósticos estacionales emitidos por el Servicio Meteorológico Nacional (www.smn.gob.ar)

Contexto hidrológico

El Río Chubut tiene un módulo de 46,6 m³/s en la estación Los Altares y equivale a una descarga anual de 1483 hm³ /año (periodo 1943-2020). En esta estación, se concentran los caudales generados en la cuenca alta, respondiendo a un régimen de tipo pluvio-nival. Los caudales son máximos y sostenidos entre los meses agosto-noviembre, presentando un pronunciado periodo de estiaje entre enero-abril (Pascual et al. 2020).

El Río Senguer es emisario del sistema de los Lagos La Plata Chico, La Plata y Fontana y tiene un módulo regular libre de grandes crecidas. En la estación Los Molinos, ubicada antes de desembocar el río en el Lago Musters, el módulo es de 47,4 m³/s y equivale a un caudal medio anual de 1187 hm³/año (periodo 1987-2020). Los meses de mayor caudal son

de abril a agosto respondiendo a un régimen pluvio-nival regulado por la presencia de los lagos. Las precipitaciones pluviales y nivales en la cuenca alta (Lago Fontana) son determinantes en el caudal del río (62%), mientras que otros aportes no registrados que se originan en áreas más bajas de cordillera (Ao. Apeleg, Ao. Verde) o de la precordillera (Ao. Genoa) aportan aproximadamente unos 330 hm³ al derrame anual (HCA, 2014). El caudal del río es responsable de la variación de los lagos Colhué Huapi y Musters. **Ambos ríos en los últimos años han mostrado caudales deficitarios.** El Río Chubut registra desde el año 2010 caudales anuales inferiores al promedio mientras que en el Río Senguer los caudales anuales son inferiores al promedio desde el año 2015 (Figuras 3 y

“Los ríos Chubut y Senguer registran caudales anuales inferiores al promedio en la última década”

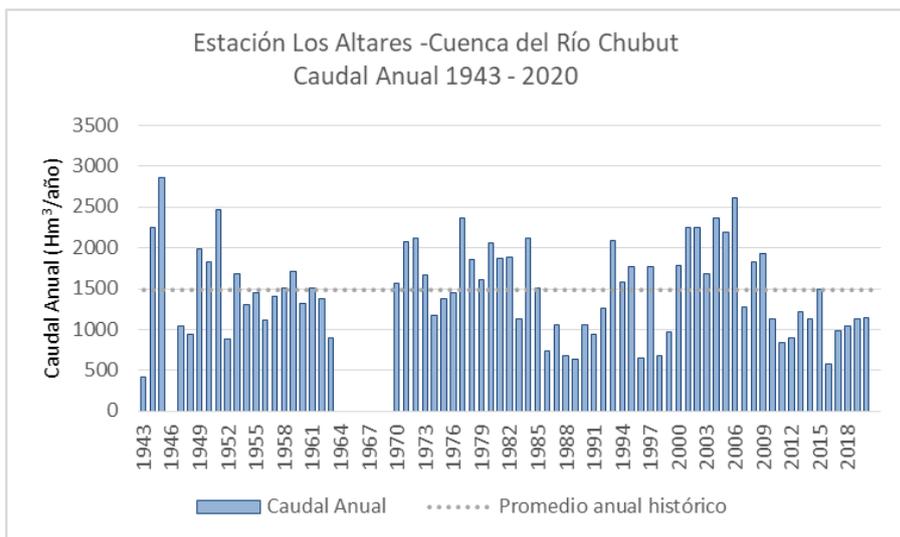


Figura 3: Análisis de caudales de la estación Los Altares, ubicada en la cuenca media del Río Chubut. Caudal anual (barras azules) y promedio anual histórico de caudales (línea punteada).

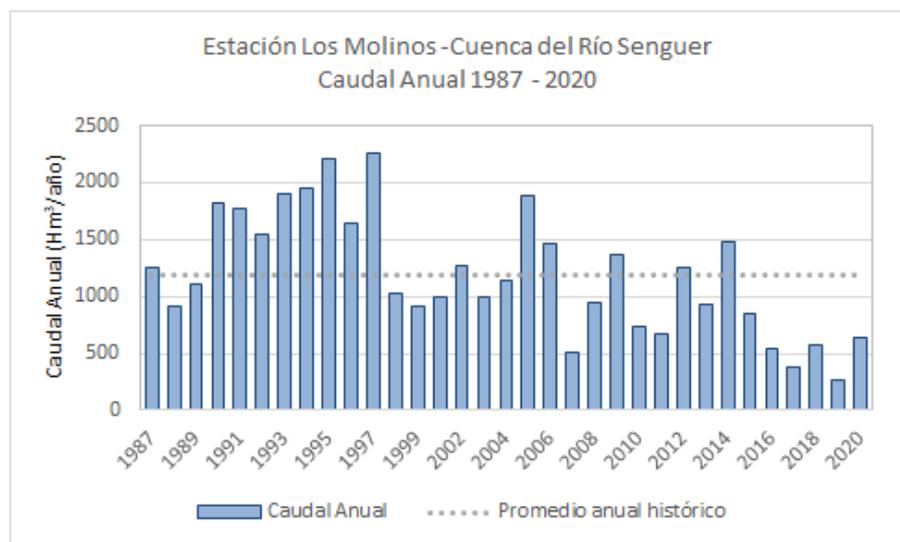


Figura 4: Análisis de caudales de la estación Los Molinos, ubicada en la cuenca del Río Senguer. Caudal anual (barras azules) y promedio anual histórico de caudales (línea punteada).

4). En el Río Senguer una de las causas de la merma actual podría estar dada por la falta del Ao.Genoa que no corre desde el 2000, con excepción de un ligero derrame en 2004.

Estos resultados son concordantes con el análisis de la curva de volúmenes acumulados abatidos o curva hiperanual⁵ (Figura 5). En la estación Los Altares sobre el Río Chubut, se observa que desde el año 2010 se ha iniciado un periodo seco, que fue precedido por un periodo húmedo que se inició en el año 2000 (Figura 5). Mientras que para la estación Los Molinos sobre el Río Senguer, se observa que a partir del año 2007 se inicia un leve período de sequía, el que aumenta su intensidad a partir del año 2015. Este periodo fue precedido por un ciclo de abundancia que se inició en el

“Los caudales actuales de ingreso al Dique Ameghino y el nivel del lago Musters están por debajo de los valores mensuales medios históricos”

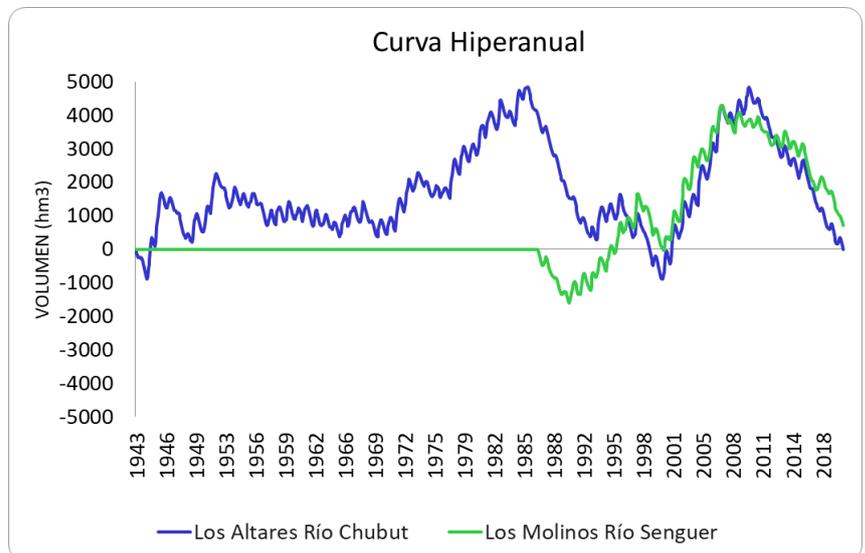
⁵ Curva hiperanual permite el análisis de la variación de los volúmenes registrados respecto de los volúmenes medios esperados en un curso permanente.

año 2000 (Figura 5). Esos resultados son coincidentes con lo observado tanto en las oscilaciones anuales de nivel del Lago Musters (Figura 6) como en el nivel registrado en la toma de la planta potabilizadora de SCPL (Sociedad Cooperativa Popular Limitada de Comodoro Rivadavia).

Una característica relevante que diferencia a ambos cursos superficiales es la regulación. Mientras que el Río Chubut cuenta con una obra de regulación (Dique Florentino Ameghino), el Río Senguer descarga el total de sus aguas en los lagos Musters-Colhué Huapi sin obras de regulación en su recorrido. Tanto en el Río Senguer como en el Lago Musters se han realizado obras de toma de agua para abastecimiento de la población y actividades productivas.

El Dique Ameghino, con una superficie de 54 km^2 y una capacidad de 2.000 hm^3 , modula parte de la variabilidad intra e interanual del Río Chubut y los eventos extremos de lluvia (Williams 1975). En la actualidad los caudales de ingreso al Dique Ameghino están por debajo de los valores mensuales mínimos medios históricos registrados. En octubre de 2021 ingresó un caudal promedio diario de $18.8 \text{ m}^3/\text{s}$, que representa el 22 % de lo que ingresa normalmente y que está por debajo de la media mínima (Figura 6). Durante noviembre de 2021 se registró un caudal medio diario de $14.2 \text{ m}^3/\text{s}$, que representa el 19% del ingreso medio diario de la serie y nuevamente por debajo de la media mínima diaria (Figura 6). Es importante resaltar que durante los meses de octubre y noviembre se

Figura 5. Curva de volúmenes acumulados abatidos o curva hiperanual (verde para Los Molinos sobre Río Senguer y azul para Los Altares sobre el Río Chubut). Los años con tendencia creciente corresponden a años con volúmenes de agua escurridos superiores al valor medio, marcando un periodo húmedo. Por el contrario, los años con tendencia decreciente corresponden a años con volúmenes de agua escurridos inferiores al valor medio, marcando un periodo seco.



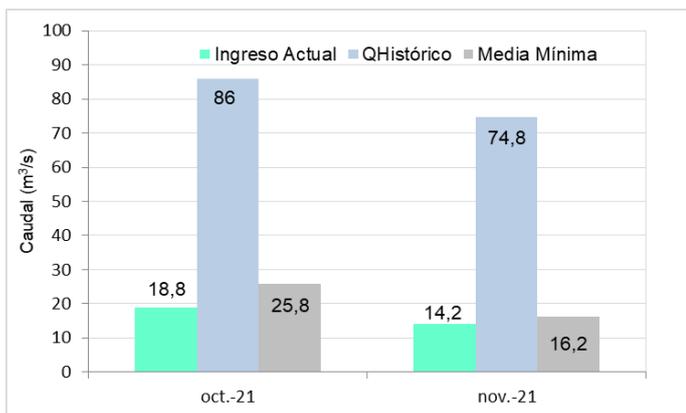


Figura 6: Caudales de ingreso al Dique Ameghino en Octubre y Noviembre de 2021. Datos de HASA.

registran normalmente los máximos caudales medios de ingreso. En los primeros días de diciembre el caudal de ingreso a la represa ya está en valores de un dígito, situación sólo esperable en los meses finales del estiaje (marzo-abril), en años normales. Dado que la erogación actual de HASA (Hidroeléctrica Ameghino S.A.) está en el orden de los 29.52 m³/s esto implica un progresivo desembalse (disminución del volumen embalsado) que no es común durante la primavera. Los requerimientos de riego desvían en Boca Toma la totalidad del caudal y esto se recompone con el

drenaje y los aportes de descargadores de excedente de los canales de riego, llegando a unos 12 m³/s en Gaiman. La cota de la represa disminuyó 1.6 m entre el primero de septiembre (144.55 m) y el primero de diciembre (142.95 m). Si se verifican los pronósticos de reducción de los aportes en la zona alta de la cuenca, los caudales de ingreso al dique seguirán reduciéndose y agravando esta situación, lo que plantea diferentes escenarios para los tres objetivos primordiales que tiene el Dique F. Ameghino: el abastecimiento poblacional, el riego y la generación de energía.

En la cuenca del Río Senguer es fundamental la dinámica del Lago Muster para posibilitar el abastecimiento de agua potable. Este lago muestra una marcada variabilidad interanual y un aumento del nivel desde el año 2000 por las obras de elevación de la cota de su vertedero natural ("el boquete") (Figura 7). El Lago Muster presenta desde el 2006 en adelante el 70% de los años con niveles por debajo de los niveles históricos

correspondiente al período 2001-2021 (Figura 7). El nivel del lago durante octubre de 2021 (último mes con registros) se mantuvo 0.88 m por debajo de los valores históricos de nivel de octubre para el período de referencia 2001-2021.

El cauce Falso Senguer desvía los excesos del Lago Musters al Cohué Huapi (Figura 1), de menor profundidad y mayor exposición a la evaporación. Este fenómeno es responsable de las principales pérdidas de agua. En conjunto, la evaporación de ambos lagos podría superar la mitad del módulo del Río Senguer, entre 25 m³/s y 40 m³/s (Malinow, 2003; Borsellino y Rodriguez, 2010); siendo muy variable y con un comportamiento similar al de la temperatura y opuesto al de la precipitación (Scordo, 2015).

Las fluctuaciones de precipitación han generado variaciones en el nivel de los lagos desde que se tiene registros (Malinow, 2003). Esta marcada variabilidad natural sumada al crecimiento de la población y el uso del recurso

hídrico de toda la cuenca, ha ocasionado la disminución del caudal de agua que llega al Lago Colhué Huapi desde el año 2006 en adelante. Esta disminución expone al área que rodea al Lago Colhué Huapi a la desecación y erosión eólica (Llanos et al. 2016). **Actualmente no hay una gestión adecuada que regule la dinámica natural entre los lagos, reduzca las pérdidas por evaporación y que garantice el abastecimiento poblacional.**

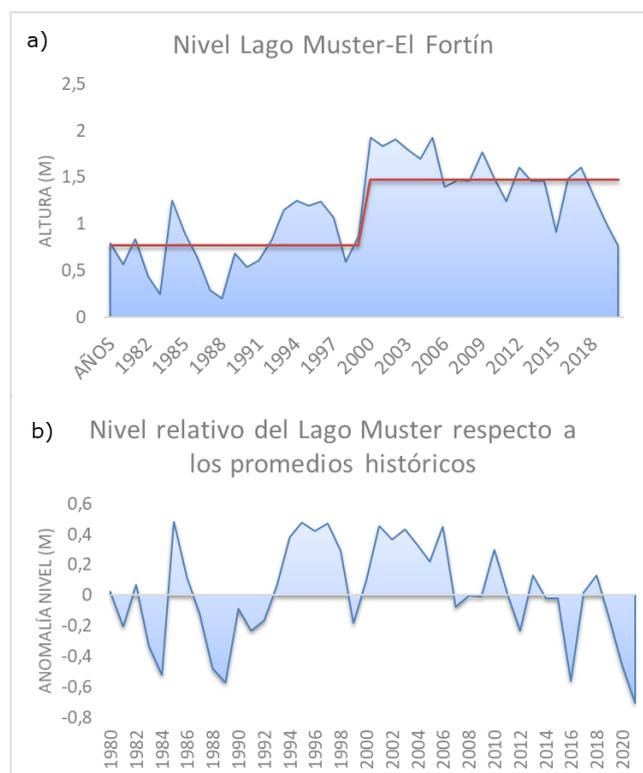


Figura 7: a) Nivel del Lago Musters (m) medido en la estación El Fortín (área sombreada) y medias para el período 1980-2000 y 2001-2021 (línea roja); b) Nivel relativo del Lago Musters (m) respecto de los promedios históricos marcados en la Figura a).

Los períodos de escasez de agua son recurrentes en ambas cuencas debido a la variabilidad natural del sistema. Sin embargo es probable que en el contexto de cambio climático, con mayores temperaturas y disminución de las precipitaciones, este tipo de situaciones se acentúen en el futuro. Ante este escenario, al cual se suman las crecientes presiones por el agua, es necesario establecer prioridades, coordinar y co-gestionar los distintos usos del agua. Paralelamente, es necesario avanzar en la planificación conjunta y coordinada de sistemas de monitoreo y aforos; mejorar la disponibilidad de datos actualizados y avanzar en análisis de simulación de los sistemas hídricos que permitan evaluar escenarios para apoyar la toma de decisiones.

Calidad de agua

Los problemas de calidad de agua en cuencas hídricas superficiales se ven intensificados cuando hay problemas de escasez de agua. Los ríos y lagos tienen capacidad natural para regular la calidad del agua y autodepurarse pero esta se ve modificada cuando los regímenes hidrológicos y los balances bioquímicos son alterados.

El deterioro de la calidad de los cuerpos de agua es consecuencia de procesos complejos en los que intervienen el clima, la geología, la topografía, la hidrología de la cuenca y los usos y coberturas del suelo, entre otros (Lintern et al. 2018). En zonas agrícolas, ganaderas, urbanas e industriales los principales problemas se asocian al incremento en las fuentes de sedimentos, nutrientes y sales debido a la erosión de las riberas, a la gestión de

desechos orgánicos de origen animal y sistemas de efluentes cloacales, a efluentes y vertidos industriales y al uso de fertilizantes y pesticidas, entre otros. Sumado a las problemáticas generales de calidad del agua los sistemas agrícolas sustentados por fuentes de agua superficial y riego gravitacional, como el caso del VIRCh y del valle de Sarmiento, tienen dinámicas particulares. Los canales de la red de riego necesitan para su normal funcionamiento un continuo y elevado nivel de agua, para posibilitar la derivación del recurso a las chacras y canales de menor orden. En la época de riego, se reduce el caudal de los ríos aguas abajo de las obras de derivación y esto junto con la intensificación de la actividad agropecuaria ocasiona que los principales problemas de calidad del agua se den en ésta época (Masseroni 2017).

“Las problemáticas de calidad del agua se acentúan en contextos de escasez de agua”

En el VIRCh entre los principales problemas de calidad del agua se han registrado o registran: floraciones de algas diatomeas (en el embalse Florentino Ameghino y en el Río Chubut), altos niveles de turbiedad (por arrastre de sedimentos al embalse o aguas abajo del mismo), elevación de los niveles de salinidad (al disminuir el caudal del río o por aportes de vertidos) y altas concentraciones de bacterias (en sitios puntuales en el Río Chubut). Y si bien no se han registrado como contaminantes en el agua, se ha detectado presencia de pesticidas, metales pesados y compuestos orgánicos persistentes en sedimentos del lecho del río (Anexo I). Por otro lado, las actividades antrópicas elevan la concentración de nutrientes (por contaminación difusa debido al uso de fertilizantes y a la erosión del suelo) y materia orgánica (contaminación difusa y por vertidos de agua residual urbana o agropecuaria). Los problemas de calidad de agua en el río también tienen influencia sobre las dinámicas estuariales y costeras (Vizzo et al. 2021) y se ven

intensificados cuando el caudal del río disminuye.

En la cuenca del Río Senguer, no se registran problemas en la calidad del agua. Scordo (2018) indica que la conductividad eléctrica (CE) y salinidad aumentan de magnitud entre la cuenca alta y la baja, durante los meses de otoño y verano, ya que hay una menor disponibilidad de agua y mayor evaporación (la CE y Salinidad aumentan dentro de los límites establecidos para el consumo humano). En el verano la concentración de oxígeno disuelto disminuye desde la cuenca alta a la baja producto del marcado gradiente de temperatura del agua, llegando a los valores límite recomendados para la vida de ciertas especies ictícolas (salmónidos).

Uno de los análisis prioritarios para ambos sistemas es el análisis y definición de caudales ambientales⁶ de manera de asegurar la disponibilidad de agua de buena calidad para el

“En la Provincia del Chubut no existen bases de datos de calidad de agua abiertas y compartidas que permitan hacer análisis cuantitativos.”

⁶ Caudal ambiental: cantidad, calidad y régimen de flujo necesario para sostener los ecosistemas dulceacuícolas, además de los componentes, procesos y funciones ecológicas de las que depende la sociedad humana (Poff et al. 1997)

ecosistema fluvial y la variedad de actividades que se sustentan del agua superficial. Debe señalarse que, sin embargo, **en ninguna de las dos cuencas existen registros públicos y abiertos de parámetros de calidad del agua que permitan realizar análisis cuantitativos, estimar tendencias y realizar proyecciones.** Las mediciones de calidad de agua están dispersas entre

entes públicos, privados y cooperativas de servicios públicos pero no existe ningún programa ni incentivo para sistematizar y compartir la información. En el Anexo I se describen alteraciones de la calidad del agua en el VIRCh, sus posibles causas y consecuencias.

En contextos de escasez hídrica se pone de manifiesto la importancia de conocer y cuantificar las principales fuentes de contaminantes, sus efectos sobre la salud del ecosistema y de las personas y de conocer los procesos forzantes que regulan su presencia y concentración en el agua. Es por ello que es necesario avanzar en la planificación conjunta y coordinada de sistemas de monitoreo de calidad del agua y en la construcción de bases de datos compartidas y abiertas que permitan realizar diagnósticos, análisis y proyecciones de calidad del agua y definición de caudales ambientales.

Contexto socio político

Dinámica demográfica, productiva y de gobernanza

Este contexto climático e hidrológico debe relacionarse con diversos factores sociales, económicos y políticos que configuran el escenario actual de las cuencas hidrográficas. En este sentido, el análisis de la dinámica poblacional de los departamentos que se abastecen de agua en las mismas y las evoluciones de los diferentes sectores productivos de la economía provincial permiten observar las presiones de los usos actuales y, junto con otros datos, anticipar futuros escenarios respecto de la disponibilidad de agua. Además de estos factores contextuales, en materia de gestión hídrica resulta importante analizar la estructura y funcionamiento del sistema de gobernanza, poniendo especial foco en los mecanismos de participación, coordinación, deliberación, rendición de cuentas y los soportes de información

que se utilizan para los procesos de toma de decisión.

En términos demográficos, en el último período censal (2001-2010) **la población de Chubut ha registrado el doble de crecimiento relativo que el país en general.** La población de los departamentos de Biedma, Gaiman, Escalante, Rawson y Sarmiento se incrementó tanto en su fracción rural como en su fracción urbana, aunque el crecimiento de la población rural se relaciona con la expansión urbana (Hermosilla Rivera 2013; Raguileo 2020). Según la proyección del INDEC en base a la variación intercensal del último período, la población de Chubut se ha incrementado un 20% hasta el 2020 (INDEC 2013). En estas proyecciones se estima que los departamentos con mayor

“La dinámica poblacional creciente y las evoluciones de las actividades productivas indican una mayor presión sobre el agua actual y futura”

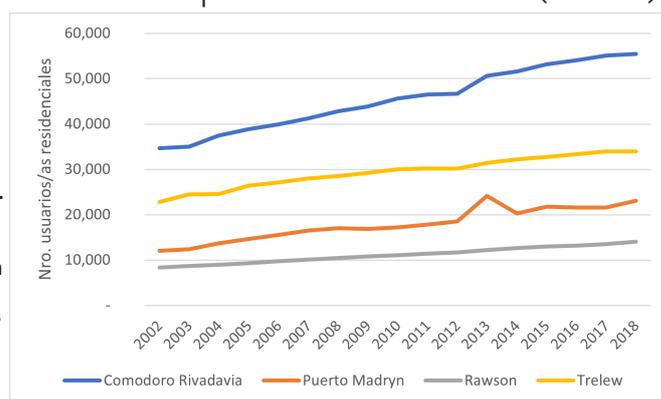
crecimiento son Escalante y Biedma⁷, acentuándose así la concentración de población e incrementándose la demanda de servicios en aglomerados dependientes de la provisión de agua desde las partes bajas de las cuencas. El incremento en la cantidad de usuarios de energía eléctrica en la categoría residencial registrado en las principales localidades de estos departamentos concuerdan con estas estimaciones y podrían tomarse como indicadores del incremento de usuarios de agua para uso domiciliario (Figura 8).

Las dinámicas poblacionales se vinculan a las evoluciones en los procesos productivos, tanto en el incremento de la población durante fases expansivas de la actividad económica como en su disminución en períodos de crisis (Cabral Marques 2019). Los índices de producción de bienes en la provincia han acompañado esta tendencia de crecimiento poblacional. **Los valores brutos de producción muestran una tendencia creciente leve en**

construcción, industria manufacturera y suministro de electricidad, gas y agua, y más pronunciada en las actividades de explotación de minas y canteras (incluyendo la actividad hidrocarburífera), agrícolas y pesqueras (Figura 9).

En Argentina, el sistema de gobernanza del agua se apoya sobre la organización federal del Estado, por la cual la Constitución Nacional instituye un nivel de gobierno nacional y dos niveles subnacionales: el provincial y el municipal. Este esquema multinivel debe considerarse para la gestión del agua en el territorio (Anexo 2). A partir de la reforma de 1994, la norma estipula que las provincias conservan todo el poder no delegado por la Constitución al gobierno federal (art. 121) y se reservan explícitamente el dominio originario de los recursos naturales (art. 124), a la vez que delegan al Estado nacional la competencia de sancionar presupuestos mínimos de protección ambiental (art. 41).

Figura 8. Evolución de la cantidad de usuarios/as residenciales de electricidad por localidad. Elaboración propia en base a datos de la Dirección General de Estadística y Censos de Chubut.



⁷ Dirección General de Estadística y Censos de Chubut. http://estadistica.chubut.gov.ar/index.php?option=com_content&view=frontpage

Este marco normativo implica tensiones entre los distintos niveles que han conducido a la doctrina u opinión jurídica a señalar la falta de “consenso federal” (Rezk 2005), que puede observarse particularmente en la falta de recursos y capacidades de las provincias para asumir el reconocimiento y ejercicio de esa potestad.

El contexto de crisis hace que la acción coordinada de los distintos niveles de gobierno y particularmente el de la provincia, constituya una responsabilidad ineludible. La provincia de Chubut ha adoptado un marco jurídico que identifica una autoridad hídrica, el Instituto Provincial del Agua (IPA), y una autoridad de contralor ambiental, el Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable (Anexo 2). De manera concurrente, los municipios son responsables de la regulación y prestación de servicios públicos por cuenta propia o a través de las cooperativas concesionarias (Mac Donnell

et al. 2020). En la cuenca inferior del Río Chubut y en la del Senguer, las cooperativas de servicios públicos, en su mayoría nucleadas en la Federación Chubutense de Cooperativas, ocupan un papel clave en la prestación de servicios de agua potable y saneamiento. Además, la compañía hidroeléctrica y la compañía de riego cumplen una función fundamental en la regulación, distribución y uso de agua en el VIRCh.

La multiplicidad de usos, usuarios/as y jurisdicciones, hacen que la gobernanza del agua esté

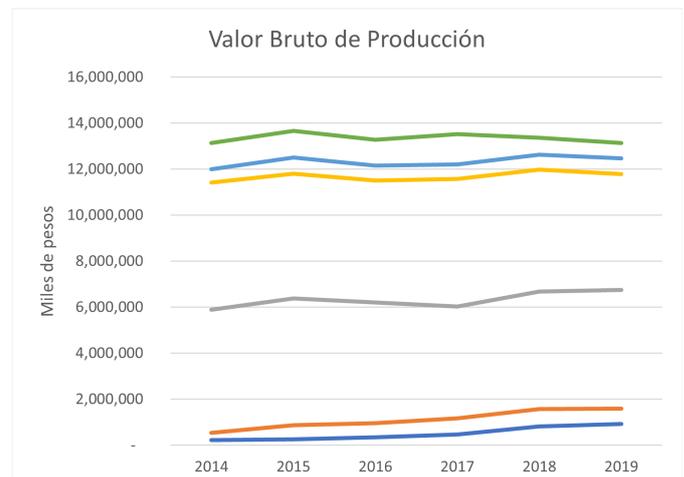


Figura 9: Evolución del valor bruto de producción de bienes en la provincia de Chubut, en base a precios constantes de miles de pesos de 2004. Datos de la Dirección General de Estadística y Censos de Chubut. A la par de estas evoluciones, resulta necesario considerar la gobernanza del agua que está relacionada con el papel de las instituciones y las relaciones entre las organizaciones y los grupos sociales implicados en la toma de decisiones, tanto de forma transversal entre sectores y entre zonas urbanas y rurales, como de forma vertical desde el nivel local al nivel internacional. En términos de gobernanza las respuestas políticas a los retos del agua solo podrán ser viables si son coherentes e integradas y si cuentan con una participación adecuada de las partes interesadas (OECD 2018).

- Construcción
- Suministro de electricidad, gas y agua
- Industria manufacturera
- Explotación de minas y canteras
- Pesca y recolección de productos marinos
- Agricultura, ganadería, caza y silvicultura

intrínsecamente fragmentada (Trimble et al. 2021), por lo que se requiere favorecer espacios de coordinación, colaboración y comunicación.

Para favorecer la coordinación, en 2013 la Ley provincial XVII N° 74 (antes Ley 5.178) dispuso la creación de unidades de gestión en las cuencas hidrográficas denominadas comités de cuenca. Los comités de cuenca constituyen un espacio para coordinar las decisiones de gestión del agua entre las diferentes jurisdicciones y las partes interesadas. Sin embargo, los mismos, así como los comités de emergencia previstos en la Ley XVII N°88, han sido un mecanismo de coordinación limitada. En la práctica, su funcionamiento no se ha mantenido en el tiempo y la participación ha sido escasa. Si tenemos en cuenta las recientes iniciativas de convocatoria de los comités de cuencas de los ríos Senguer (24/08/2021) y Chubut (21/12/2021) y la declaratoria de emergencia hídrica provincial (26/08/2021) habría una incipiente

implementación de estos instrumentos de política hídrica provincial. **Sin embargo, no se ha observado un funcionamiento periódico que permita gestionar con cierta anticipación si no una respuesta reactiva a la crisis en curso. Esto representa una limitación para la consolidación de una gobernanza colaborativa y anticipatoria, y en consecuencia para que la gestión del agua en la provincia integre los diferentes usos, miradas y conocimientos que tienen los diferentes grupos de interés.** En este sentido una gobernanza amplia y participativa debe garantizar la participación de los pueblos originarios⁸ en los espacios deliberativos sobre la gestión en común.

En el caso de Chubut nos encontramos con un sistema multinivel y policéntrico (Anexo 2) (OCDE 2020; Ostrom 2010), en el sentido de que hay competencias concurrentes entre niveles de gobierno nacional, provincial y municipal y

“Los espacios institucionales de coordinación y planificación no han tenido un funcionamiento periódico que contribuya a una gestión adaptativa de los recursos hídricos”

⁸ A su vez la reforma en su artículo 75, inciso 17, "reconoce la preexistencia étnica y cultural de los pueblos indígenas argentinos" así como "la personería jurídica de sus comunidades, y la posesión y propiedad comunitarias de las tierras que tradicionalmente ocupan". Este mandato se ve reforzado por distintos instrumentos jurídicos como el Convenio 169 de la O.I.T. ratificado por Argentina en el año 2000, la Declaración de las Naciones Unidas sobre Derechos de los Pueblos Indígenas (en 2007), y más recientemente la Declaración Americana sobre Derechos de los Pueblos Indígenas (en 2016) que establecen el derecho a la consulta previa, libre e informada de los pueblos originarios y consolidan la obligación de los Estados a contar con su consentimiento cada vez que las autoridades adopten decisiones que los afecten.

empresas prestadoras de servicios (Cooperativas, Hidroeléctrica) en el manejo del agua. En este tipo de esquema lograr una efectiva coordinación de acciones y fomentar la colaboración entre sectores, es un desafío que pone de relevancia qué tipo de espacios institucionales existen para nuclear a personas que toman decisiones con usuarios/as y otros actores interesados en la gestión del recurso. A la vez que otorga mucho valor a los mecanismos para el intercambio de información, conocimientos y aprendizajes que permitan sustentar la toma de decisión en materia de gestión hídrica (basada en sistemas de información integrados y compartidos, así como en la disponibilidad pública de determinados datos, entre otros).

Del análisis del comportamiento de este sistema durante un evento crítico (crisis del 2017 en la cuenca inferior del Río Chubut, Proyecto GovernAgua) surge que si bien han existido colaboraciones y estrategias

de acción, en muchos casos coordinadas, entre los actores mencionados, las mismas no han trascendido la coyuntura. Es decir, que no se han materializado en acuerdos formales u otros instrumentos que fortalezcan la gestión. Sin embargo es dable destacar que de las colaboraciones existentes han quedado instaladas capacidades como por ejemplo la Red de Alerta de Turbiedad conformada con recursos de la Empresa Hidroeléctrica Ameghino, las cooperativas y los organismos de ciencia y técnica. La misma permite compartir información en tiempo real para anticipar picos de turbiedad con antelación y motorizar estrategias que permitan garantizar el abastecimiento de agua potable en las ciudades. También la crisis movilizó la gestión de obras de infraestructura para aumentar la capacidad de captación, almacenamiento y distribución de agua en las cooperativas, proyectos que han sido financiados con fondos nacionales.

La dinámica poblacional creciente y las evoluciones de las actividades productivas indican una mayor presión sobre el agua actual y futura que requiere consensos amplios en torno a la gestión y planificación de sus usos actuales y potenciales. El sistema multinivel de gobernanza del agua en Chubut necesita la consolidación de espacios de participación y colaboración que promuevan la coordinación intersectorial y pluriactoral.

Anexo 1

Tabla 1. **Problemáticas** **asociadas a la** **calidad del agua** **en el VIRCh**

Problemática	Causas potenciales*	Consecuencias	Períodos registrados	Fuente
Floraciones algales en el río (<i>Aulacoseira granulata</i>)	Condiciones limnológicas del embalse y operación de descargador de fondo. Baja turbiedad, caudal bajo y altas temperaturas y altas concentraciones de nutrientes en el río aguas abajo del embalse	Obtención de filtros de plantas potabilizadoras.	Verano 86/87 y 87/88 Diciembre 1991 – Enero 1992	Sastre et al (1994) a,b
Alta turbiedad	Precipitaciones en sección Ameghino-Boca Toma. Crecida del Río Chico	Dificultad para la potabilización, cambios en la dinámica ecosistémica del estuario y la costa	2017	Proyecto Ingeniería Verde y Sedimentos UNPSJB-CONIC ET Vizzo et al. 2021
Alta concentración de bacterias	Vertido de efluentes cloacales urbanos y descargas de efluentes establecimientos frigoríficos	Agua no apta para actividades recreativas		Estévez et al. 1997
Salinidad alta	Aporte de aguas subterráneas, aporte de sales del suelo (escurrimiento)	Distribución de agua de baja calidad para algunos fines (industrial, consumo, etc)	Primavera 2016 – Verano 2017	Comunicación Personal, Cooperativas de servicios públicos

Anexo 1

Tabla 1. **Problemáticas asociadas a la calidad del agua en el VIRCh**

Problemática	Causas potenciales*	Consecuencias	Períodos registrados	Fuente
Presencia de compuestos orgánicos persistentes y pesticidas en sedimento fluvial	Contaminación puntual de actividad industrial, contaminación difusa de actividad agrícola	Compuestos tóxicos para la salud humana y del ecosistema	2014	Isla <i>et al.</i> 2015
Presencia de metales pesados (Zn, Cu, Cd) en sedimentos fluviales	Actividad industrial, origen geológico.	Compuestos tóxicos para la salud humana y del ecosistema	2014	Isla <i>et al.</i> 2015
Concentraciones de nutrientes de fósforo y materia orgánica	Actividad agropecuaria, contaminación difusa, eventos de turbiedad	Condiciones propicias para la eutroficación, cambios en los ciclos bioquímicos, aporte de nutrientes al estuario	Verano 2017 (con poco caudal en el río) Abril 2017	Liberoff y Hélie 2018; Liberoff <i>et al.</i> 2019; Kaless <i>et al.</i> 2019

*Causas potenciales según lo que se reporta en los trabajos citados o lo que puede aportar el Grupo Técnico del Comité de Cuencas del Río Chubut

Anexo 2

GOBERNANZA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN CHUBUT

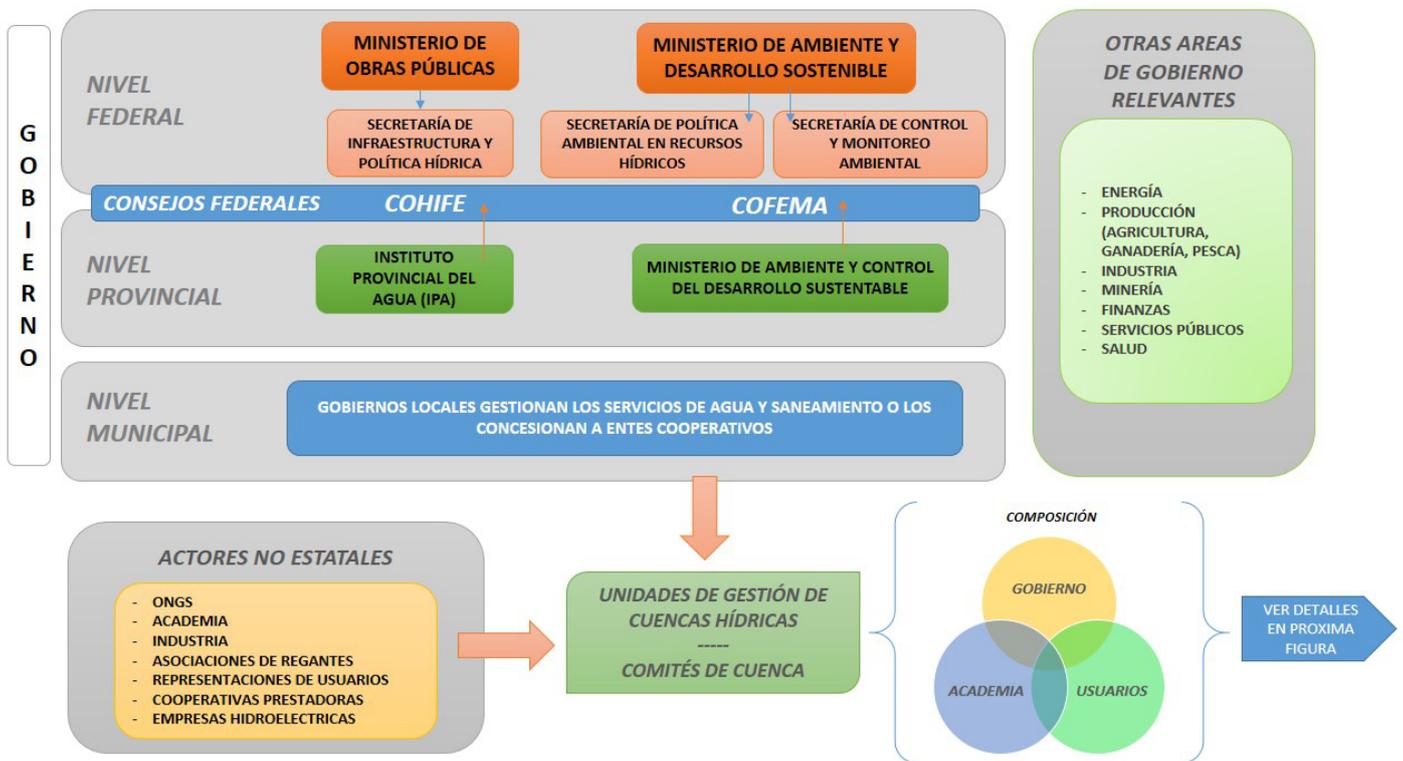


Gráfico 1: Estructura multinivel de la Gestión de los Recursos Hídricos Este esquema representa de manera simplificada la estructura de gestión de los RRHH, incluyendo niveles de gobierno, otras áreas relevantes y actores no estatales. La Gestión del Agua implica también la prestación de servicios de Agua y Saneamiento que haría necesario colocar otras instituciones y ampliar este esquema. A los fines de ilustrar este informe, nos hemos focalizado en una parte de este sistema. Elaboración: Mac Donnell, 2021. Fuente: OCDE 2020, Leyes Provinciales N°88 y N°74, actualización en base a información de páginas oficiales de organismos nacionales y provinciales.

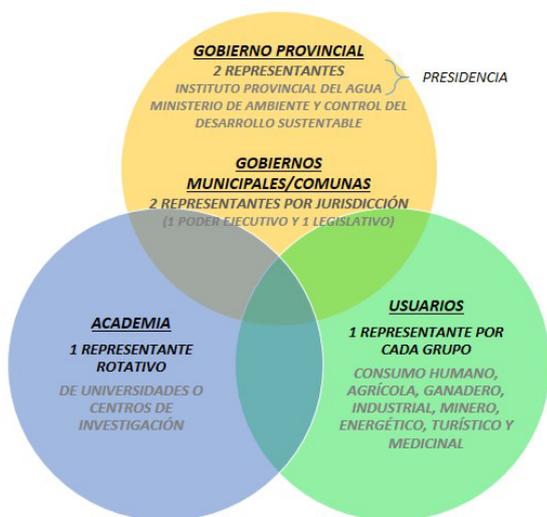
Anexo 2

GOBERNANZA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN CHUBUT

COMITES DE CUENCA PROVINCIALES
 ORGANOS DE GOBIERNO

LAGO PUELO, RIO CHUBUT, RIO CORCOVADO, RIO FUTALEUFU, RIO PICO Y RIO SENGUER

COMPOSICIÓN DEL CONCEJO DE GOBIERNO



COMPOSICIÓN DEL COMITÉ EJECUTIVO



Gráfico 2: Estructura de las Unidades de Gestión de Cuencas Hídricas en Chubut
 Elaboración: Mac Donnell, 2021.

Fuente: Leyes Provinciales N°88 y N°74, actualización en base a información de página oficial del Instituto Provincial del Agua <http://institutodelagua.chubut.gov.ar/>

Referencias

- Barros et al., 2005. Comunicación Nacional de Cambio Climático: Vulnerabilidad de la Patagonia y sur de las provincias de Buenos Aires y La Pampa. Fundación e Instituto Torcuato di Tella.
- Borsellino, M. y Rodríguez, A. SSRH., 2010. Aprovechamiento Integral de la Cuenca del Río Senguer. VI° Congreso Arg de Presas y Aprovechamientos Hidrológicos, NQN, nov, 2010.
- Cabral Marques, Daniel (2019) Comodoro Rivadavia: Una ciudad de reciente integración urbana, de constitución compleja y con dificultades para pensarse/diseñarse a sí misma en Comodoro Rivadavia y la catástrofe de 2017. Visiones múltiples para una ciudad en riesgo. compilado por José Matildo Paredes; Comodoro Rivadavia : Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, pp 103-118, 2019. 305 p.
- Castañeda M, González M, 2008. Statistical analysis of the precipitation trends in the Patagonia region in southern South America. *Atmósfera* 21(3):303–317 6
- Cordero R, Asencio V, Feron S, Damiani A, Llanillo P, Sepulveda E, Jorquera J, Carrasco J, Casassa G, 2019. Dry-Season Snow Cover Losses in the Andes (18°–40°S) driven by Changes in Large-Scale Climate Modes. *Scientific Reports* 9:16945
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-53486-7>
- Esteves, J. L., M. Solís, M. Gil, N. Santinelli, A. V. Sastre, C. González Raies, M. Hoffmeyer y

M. Commendatore, 1997. Evaluación de la contaminación urbana de la Bahía Engaño (Provincia del Chubut). Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica, Fundación Patagonia Natural y Wildlife Conservation International: 29.

Hydroeléctrica Ameghino S.A (HASA). Informes de caudales de operación diarios en. <http://institutodelagua.chubut.gov.ar/>

Hermosilla Rivera, C, 2013. Población rural en Chubut: la meseta desde principio de siglo XX a la actualidad. Revista Párrafos Geográficos. Universidad Nacional de la Patagonia, 12(1), 40-64.

Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2013. Proyecciones provinciales de población por sexo y grupo de edad 2010-2014. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Instituto Nacional de Estadística y Censos - INDEC. E-Book.

Isla, F., M. Espinosa, B. Rubio, A. Escandell, M. Gerpe, K. Miglioranza, D. Rey y F. Vilas, 2015. "Avulsion at a drift-dominated mesotidal estuary: The Chubut River outlet, Patagonia, Argentina." *Journal of Hydrology* 529: 632-639.

Kaless, G., M. Pascual, S. Flaherty, A. L. Liberoff, M. I. García Asorey, L. Brandizi y N. Pessacg, 2019. Ecos de la tormenta de Comodoro Rivadavia en el Valle Inferior del Río Chubut. Aporte de sedimentos al Río Chubut desde la cuenca del Río Chico Comodoro Rivadavia y la catástrofe de 2017 : visiones múltiples para una ciudad en riesgo. M. L. Gallelli y M. Gómez. Comodoro Rivadavia, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco: 290-303.

Liberoff, A. y J. F. Hélie, 2018. Aporte de carbono orgánico e inorgánico derivado de

actividades humanas en el Valle Inferior del Río Chubut. VIII Congreso Argentino de Limnología. Luján, Buenos Aires, INEDES. 10.13140/RG.2.2.21539.71206.

Liberoff, A. L., S. Flaherty, P. Hualde, M. I. García Asorey, M. L. Fogel y M. A. Pascual, 2019. "Assessing land use and land cover influence on surface water quality using a parametric weighted distance function." *Limnologica* 74: 28-37.

Lintern, A., Webb, J.A., Ryu, D., Liu, S., Bende-Michl, U., Waters, D., Leahy, P., Wilson, P., Western, A.W., 2018. Key factors influencing differences in stream water quality across space. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 5, e1260.

Llanos E, Behr SJ, Gonzalez J, Colombani E, Buono G, Escobar J, 2016. Informe de las Variaciones del Lago Colhue Huapi mediante sensores remotos y su relación con las precipitaciones. E.E.A. Chubut, Sarmiento, C.R. Patagonia Sur.
<https://inta.gob.ar/documentos/informe-de-las-variaciones-del-lago-colhue-huapi-mediante-sensores-remotos-y-su-relacion-con-las-precipitaciones>

Mac Donnell, L., T. Olivier, F. Salvadores, and M. A. Pascual, 2020. Resumen de Informe: Análisis de la Gobernanza y Aprendizajes de la Crisis en la Cuenca del Valle Inferior del Río Chubut—VIRCH. Instituto SARAS. [online] URL: http://saras-institute.org/wp-content/uploads/2020/11/Resumen_Chubut_web.pdf

Malinow y asoc, 2003. Obras de Protección contra Inundaciones de la localidad de SARMIENTO. Ministerio de la Producción de la prov. del Chubut. Subsecretaría de Recursos Hídricos. " Aspectos Ambientales de la Cuenca del Senguer"

Masseroni, D., Ricart, S., De Cartagena, F.R., Monserrat, J., Gonçalves, J.M., De Lima, I.,

Facchi, A., Sali, G., Gandolfi, C., 2017. Prospects for Improving Gravity-Fed Surface Irrigation Systems in Mediterranean European Contexts. *Water* 9.

Masiokas M et al, 2008. 20th century glacier recession and regional hydroclimatic changes in the northwestern Patagonia. *Glob Planet Chang* 60:85–100 7

Masiokas M, Cara Ramirez JL, Villalba R, Pitte PM, Luckman B, Toum JE, Christie DA, Le Quesne MS, 2019. Streamflow variations across the Andes (18°-55°S) during the instrumental era. *Scientific Reports* 9:17879 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53981-x>

OECD, 2018. Implementing the OECD Principles on Water Governance: Indicator Framework and Evolving Practices, Oficina de publicaciones de la OCDE, París [disponible en inglés]. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264292659-en>

OECD, 2020. Gobernanza del Agua en Argentina. Book Spanish 2020 OECD Pages: 235. <https://doi.org/10.1787/53ee8b2e-es>

Ostrom, Elinor, 2010. "Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems." *American Economic Review*, 100 (3): 641-72.
DOI: 10.1257/aer.100.3.641

Pascual, M., Olivier, T., Brandizi, L., Rimoldi, P., Malnero H., Kaless, G., 2020. Cuenca del Río Chubut. Análisis de Factibilidad para Fondo Agua. Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua. 197pp.

Pasquini A, Depetris P, 2007. Discharge trends and flow dynamics of South American rivers draining the southern Atlantic seaboard: an overview. *J Hydrol* 333:385–399 9

Pessacg N, Flaherty S, Brandizi L, Solman S, M Pascual, 2015. Getting water right: a case study in water yield modelling based on precipitation data. *Science of the Total environmental* 537:225-234

Pessacg N, Flaherty S, Solman S, Pascual M, 2020. Climate change in Patagonia: Critical decrease in water resources. *Journal of Theoretical and Applied Climatology*. 140,807822

Pessacg N, Blázquez J, Lancelotti J, Solman S, 2021. Climate Changes in Coastal Areas of Patagonia. Capítulo 1 en Helbling W, Narvarte M, González R, Villafañe V (ed), *Global change in Atlantic coastal Patagonian ecosystems: A journey through time*. Springer Nature, Serie: Natural and Social Sciences of Patagonia. En prensa.

Poff, N.L., J.D. Allan, M. B. Bain, J.R. Karr, K.L. Prestegard, B. Richter, R. Sparks, and J. Stromberg. (1997). The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration. *BioScience* 47:769-784

Raguileo, DA y Salvadores, FJ, 2021. La gestion de l'eau et la question alimentaire dans les vallées irriguées de la Patagonie argentine. *Journées rurales 2021 – Les relations villes campagnes face à la question alimentaire*. 4th Rural Conference – Thinking Urban-Rural interactions through Food and Land Uses issues. 24-26 de Marzo 2021.

Raguileo D, 2020. Trayectorias socio-ecológicas en valles bajo riego: el caso de Sarmiento en la provincia de Chubut. Tesis de posgrado. UNComa-UNR-INTA.
<http://rdi.uncoma.edu.ar//handle/123456789/15879> .203 p

Rezk, Ernesto, 2005. "Fallas de coordinación: desafíos de política para el federalismo fiscal-ambiental argentino". Serie Medio Ambiente y Desarrollo. CEPAL, Santiago de Chile.

Rivera JA, Araneo DC, Penalba OC, Villalba R, 2018. Regional aspects of streamflow droughts in the Andean rivers of Patagonia, Argentina. Links with large-scale climatic oscillations. *Hydrology Research* 49 (1): 134–149. <https://doi.org/10.2166/nh.2017.207>

San Martino L; Díaz B; Massera C; Stoessel G; García, G; Salomón MC; Manavella F; Magaldi JJ; Luna P; Szlapelis S; Almonacid L; Colombani E; Quipildor S; Quinteros N; Llampá E; Arhancet S; Guerendiain F; Kaschewski F; Contreras R; Kreisler J; Díaz L; Buono G y Gargaglione V, 2021. El agua como activo ambiental en la cuenca del Golfo San Jorge. Principales Problemáticas. Documento de trabajo en el marco de la Plataforma de Innovación Territorial "Cuenca del Golfo San Jorge" Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Patagonia Sur.

Sastre, A. V., N. H. Santinelli, S. H. Otaño, M. E. Ivanissevich y M. G. Ayestarán, 1994a. "Diatom blooms and their relation to water supply." *SIL Proceedings, 1922-2010* 25(3): 1974-1978.

Sastre, V., S. Otaño, N. Santinelli, M. Pangaro, G. Ayestarán y M. E. Ivanissevich, 1994b. "Phytoplankton, nutrients, operation of Florentino Ameghino reservoir and their influence in the Chubut River (Chubut, Argentina) " *Naturalia Patagónica Serie Ciencias Biológicas* vol 2: 56-69.

Scordo F, 2018. Dinámica Integral de los recursos hídricos de la cuenca del Río Senguer. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Sur. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/87834>

Trimble M. et al., 2021. Towards Adaptive Water Governance in South America: Lessons from Water Crises in Argentina, Brazil, and Uruguay. In: Leal Filho W., Azeiteiro U.M., Setti A.F.F. (eds) Sustainability in Natural Resources Management and Land Planning. World Sustainability Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76624-5_3

Vich AIJ, Norte FA, Lauro C, 2014. Análisis regional de frecuencias de caudales de ríos pertenecientes a cuencas con nacientes en la Cordillera de los Andes. *Meteorológica*, 39(1):3–26

Vizzo, J.I., Cabrerizo, M.J., Helbling, E.W., Villafañe, V.E., 2021. Extreme and gradual rainfall effects on winter and summer estuarine phytoplankton communities from Patagonia (Argentina). *Mar. Environ. Res.* 163, 105235.

Vizzo, J. I., M. J. Cabrerizo, V. E. Villafañe y E. W. Helbling, 2021. Input of Terrestrial Material into Coastal Patagonian Waters and Its Effects on Phytoplankton Communities from the Chubut River Estuary (Argentina). *Anthropogenic Pollution of Aquatic Ecosystems*. D.-P. Häder, E. W. Helbling y V. E. Villafañe. Cham, Springer International Publishing: 131-155.

Williams G, 1975. *The desert and the dream: a study of Welsh colonization in Chubut 1865-1915* (University of Wales Press)