

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

EFFECTOS DE FORZANTES HIDROCLIMÁTICAS SOBRE LA CALIDAD DE AGUA
SUPERFICIAL EN CUENCAS UBICADAS ENTRE LAS REGIONES DE COQUIMBO
Y LOS RÍOS. ANÁLISIS HISTÓRICO Y PROYECCIONES CLIMÁTICAS PARA EL
PERIODO (2030 - 2060)

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

CATALINA ESPERANZA CERDA CORROTEA

PROFESOR GUÍA:
MIGUEL ÁNGEL LAGOS ZÚÑIGA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
KATHERINE LIZAMA ALLENDE
RODRIGO FARÍAS FLORES

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Superintendencia de Servicios
Sanitarios

SANTIAGO DE CHILE
2020

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniera Civil
POR: Catalina Esperanza Cerda Corrotea
FECHA: año 2020
PROFESOR GUÍA: Miguel Lagos Zúñiga

EFFECTOS DE FORZANTES HIDROCLIMÁTICAS SOBRE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN CUENCAS UBICADAS ENTRE LAS REGIONES DE COQUIMBO Y LOS RÍOS. ANÁLISIS HISTÓRICO Y PROYECCIONES CLIMÁTICAS PARA EL PERIODO (2030 - 2060)

Si bien en la actualidad existen estudios que abordan la calidad del agua y la disponibilidad hídrica en Chile, el comportamiento climático histórico y las proyecciones de cambio climático para el país; aún no se han desarrollado estudios que exploren la influencia de la disponibilidad hídrica sobre la calidad del agua con el fin de realizar proyecciones a futuro para niveles de concentración y temperatura del agua, lo más cercano, son investigaciones realizadas para cuerpos de agua en Europa, que relacionan la cantidad de agua con la calidad de esta, desde el punto de vista de los efectos de la sequía.

El presente trabajo aborda la temática de la disponibilidad hídrica y su influencia en la calidad del agua mediante la modelación de los parámetros fisicoquímicos medidos en los cuerpos de agua superficiales de escorrentía. Estos parámetros fisicoquímicos corresponden a sales, iones principales, metales, nutrientes, sólidos disueltos y temperatura del agua. En otras palabras, se busca modelar a través de una regresión lineal múltiple la interacción entre los factores hidroclimáticos y los parámetros de calidad del agua. La zona de estudio trabajada abarca nueve cuencas de régimen natural desde la región de Coquimbo a la región de los Ríos, estas cuencas son heterogéneas en características como el área, régimen hidrológico, disponibilidad hídrica y comportamiento histórico de los parámetros de calidad.

El algoritmo utilizado se basa en el método de *forward selection* para realizar el ajuste de los modelos y la validación cruzada tipo LOOCV (*leave one out cross validation*) con el fin de evaluar la capacidad de generalización de los modelos predictivos y evitar el sobreajuste. El nivel de ajuste se mide a través del coeficiente de Pearson. El análisis se realiza discretizando el año según las estaciones meteorológicas (invierno, primavera, verano y otoño) y para el año completo.

Como resultados se tiene 55 modelos ajustados y validados, que son capaces de predecir los niveles de concentración de contaminantes y los grados de temperatura en el agua para el periodo del 2030 al 2060. De estos modelos 43 parámetros indican un aumento en las concentraciones para el futuro, lo que se traduce en un deterioro de la calidad. Los parámetros que logran un mejor ajuste son los sólidos disueltos totales, bicarbonato, cloruro, sodio total, magnesio, sulfato, potasio y temperatura del agua.

El estudio prueba que la calidad del agua se ve influenciada por la cantidad de esta, por lo tanto podemos modelar y proyectar ciertos parámetros de calidad del agua para cuencas en régimen natural a través de una metodología con robustos fundamentos estadísticos.

Agradecimientos

A mi familia, a mi madre y a mi padre por cada palabra, por cada aliento, por cada abrazo, por decirme que me quieren. A mi hermana porque me inspira (estoy orgullosa de ti y te admiro mucho), a mi sobrino por recordarme que la vida es buena. A mis abuelos por su cariño infinito y por todos los rosarios para que pasara los ramos. A mi tía Ana María y tía Yanet, por estar siempre presentes con gestos que me marcaron y me hicieron sentir su cariño. Al Roco, por prestarme su pelota para que juguemos, a la Martu por limpiarme los chacras, a ambos por buscarme por la casa y a los gatos chicos por ser indomables. A mi nana, por ser parte de mi.

A la natación y todo lo bueno que trajo, a la Rama de Ingeniería por reconstruirme, por ser un refugio, por hacerme feliz y sacar lo mejor de mí. Al mejor equipo de la sexta, por confiar en mis capacidades antes de que yo supiera que existían. Y a la U, por mi mejor temporada, hasta ahora.

A la gente que me topé día a día, a mis conserjes, las señoras del aseo del mi edificio, a los tíos del aseo de la u, a los porteros, a los guardias, a los tíos del quiosco de los perros, a los choferes de las micros, que siendo una niña de región su saludo a veces era el que iniciaba el día.

Quiero agradecer a todas las ingenieras que vinieron antes que yo, que han tenido que conquistar espacios, abrir puertas y derribar mitos. Sin ellas, ni yo, ni mis compañeras estaríamos aquí.

Quiero agradecer a quienes hicieron esta tesis posible, a mi profesor guía, por darme confianza y por responder cada una de mis dudas. A Rodrigo por su apoyo y tener puesta la camiseta con la tesis. A la profesora Katherine por todos sus cuestionamientos y llevarme analizar por segunda vez las cosas.

También quiero agradecer a la profesora Tania, de proyecto de riego, que me dio la oportunidad de ser su auxiliar.

Por último agradecer a mis amigos... por empoderarme, por quitarme los miedos, por estar cuando las cosas no andaban bien, por entender mis espacios, por no solo darme ánimo en cada desafío, si no por estar ahí conmigo. Por escucharme, por hacerme ver que me ahogaba en un vaso de agua. Por estar para celebrar por mi, por alegrarse por las cosas buenas y de ver triunfar a la gente a su alrededor. Y sobre todo gracias por querer conocerme, por ayudarme a crecer, por enseñarme como ser amiga. Gracias por hacerme una mejor persona. Gracias por quererme. Gracias Rafita por tu clotoide, que hasta hoy nos hace reír.

A todos, los llevo en mi alma.

Tabla de contenido

1.	Introducción	1
2.	Revisión Bibliográfica	4
3.	Metodología	18
3.1.	Información base	18
3.2.	Cuencas estudiadas	19
3.3.	Modelo estadístico	20
3.4.	Validación cruzada	27
3.5.	Proyección cambio climático	28
4.	Zona de estudio	29
4.1.	Región de Coquimbo	29
4.2.	Región de Valparaíso	30
4.3.	Región Metropolitana	32
4.4.	Región de Maule	33
4.5.	Región de Los Ríos	34
5.	Resultados	36
5.1.	Región de Coquimbo	36
5.2.	Región de Valparaíso	40
5.3.	Región Metropolitana	48
5.4.	Región del Maule	69
5.5.	Región de los Ríos	85
5.6.	Resumen	91
6.	Discusión de Resultados	93
7.	Conclusiones	101
8.	Bibliografía	102
	Anexos A: Correlación inicial	104
	Anexos B: Zona de estudio	180
I.	Región de Coquimbo	180
II.	Región de Valparaíso	189
III.	Región Metropolitana	203
IV.	Región del Maule	220
V.	Región de los Ríos	239

1. Introducción

El agua es un elemento presente en todos los procesos y ciclos del planeta, pero tiene un carácter limitado. Aunque el agua es el elemento más frecuente en la tierra, únicamente el 2,53% del total es agua dulce y el resto es agua salada (ONU,2003). Nuestro país, Chile, presenta sobre 50.000 m³ per cápita de agua dulce (WWAP, 2015.) Por su forma alargada y la relativa influencia del Pacífico Sur y la Cordillera de los Andes, Chile continental presenta varias zonas climáticas. Esta heterogeneidad se manifiesta principalmente con un fuerte gradiente de precipitaciones de Norte a Sur, formando ambientes de contraste como el desierto de Atacama extremadamente árido y regiones en el Sur que reciben en promedio más de 3000 mm/año. (Boiser, J.P. et. al, 2018).

La disponibilidad hídrica hace referencia al agua disponible en un cierto lugar que puede ser aprovechada por diversos actores y ecosistemas que demandan un cierto uso. Actualmente escuchamos en reiteradas ocasiones que estamos en un periodo de escasez hídrica, es decir que la oferta no es capaz de cubrir la demanda actual. Según la Política Nacional para los Recursos Hídricos (2015), la Brecha Hídrica promedio a nivel nacional es de 82,6 m³/s y aumentará a 149 m³/s al año 2030. (Citado en Radiografía del Agua: Brecha y riesgo hídrico en Chile, 2018)

Mirando la situación a futuro de la disponibilidad hídrica, las proyecciones de cambio climático en Chile prevén un aumento de temperaturas y una disminución de precipitaciones lo que producirá una reducción de las masas de hielo y nieve de los glaciares cordilleranos con una alteración en los recursos hídricos del país. (Carrasco, J. 2017). Más en detalle, los efectos del cambio climático ilustran diferencias dependiendo de la región de interés. Por ejemplo, para la cuenca del río Choapa, se refleja una disminución en la precipitación total, con una mayor fracción en forma líquida y un mayor derretimiento de nieve producto del aumento de temperatura. Tanto en la cuenca del río Maipo como la cuenca del río Imperial, las proyecciones indican una disminución en la precipitación y escorrentía media anual, sin cambios importantes en la estacionalidad de la última (DGA, 2017)

La calidad del agua se entiende como las características químicas, físicas y biológicas de esta con respecto a algún uso en particular. La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua (ONU, 2015).

Sobre la calidad de agua a lo largo de Chile, el país tiene una gran variabilidad hidroquímica que presentan sus aguas a lo largo y ancho de todo su territorio (García, T. 2012). Por ejemplo, en el extremo Norte se caracteriza por un alto contenido de sales, en el Centro se encuentra la presencia de metales pesados y la calidad del agua del sur de Chile se considera buena. (Valdés-Pineda, R. et al.,2014)

Desde la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), la cual tiene como misión velar por la calidad y continuidad del servicio de agua potable, se detectó un aumento de concentración de

contaminantes, entre ellos el arsénico, en los pozos de agua cruda de la Región Metropolitana. Estos pozos son partes de las captaciones subterráneas tratadas para el abastecimiento de agua potable de la capital. Para esta variación en la calidad se descarta una contaminación de origen antropogénico, ya que estos pozos son propiedad privada de una sanitaria, por lo que esta variación de calidad debería quedar ligada a su fuente, es decir de donde se extrae el recurso. De ahí nace la inquietud ¿la disminución del volumen de agua disponible será la desencadenante de esta alteración de calidad de agua?

Este estudio se busca cuantificar desde un punto de vista estadístico la calidad del agua según su disponibilidad (caudal) y forzantes meteorológicas (precipitación y temperatura). Para trabajar la disponibilidad del agua se trabaja con forzantes hidroclimáticas: caudal, temperatura y precipitación, las series de información utilizadas se mueven entre los 16 años (del 2000 al 2016) a los 82 años (del 1936 al 2018) . De este modo, y conociendo proyecciones hidroclimáticas para la zona de estudio, se generan distintos escenarios de calidad de agua a futuro con las proyecciones de cambio climático en el periodo (2030-2060), con el fin de que las empresas sanitarias puedan incluir en sus planes de inversiones la construcción de nueva infraestructura para enfrentarse a las futuras condiciones de calidad de agua cruda.

El objetivo de esta memoria es desarrollar un análisis de regresión lineal múltiple entre parámetros de calidad del agua, como contaminantes varios, pH y temperatura del agua y forzantes hidroclimáticas como caudal, temperatura del aire y precipitación. Se busca cuantificar de este modo la relación existente entre que la calidad del agua y factores que modulan su disponibilidad. La zona de estudio se localiza en cuencas de cabecera situadas entre la Región de Coquimbo y la Región de los Ríos.

Los objetivos específicos de este estudio son:

- Determinar estadísticamente las relaciones existentes entre forzantes hidroclimáticas y parámetros de calidad del agua con el fin de generar modelos de regresión lineal múltiple capaces de cuantificar las variaciones de nivel de concentraciones a través del caudal, temperatura y precipitación.
- Utilizando proyecciones hidroclimáticas en la zona de estudio para el periodo 2030 – 2060 y los modelos generados, obtener para los parámetros de calidad del agua adecuadamente calibrados, los niveles de concentración esperados para el periodo abarcado por las proyecciones.
- Comparar la proyección de los parámetros de calidad del agua con normas de calidad del agua según cada cuenca, con el fin de identificar aquellos parámetros que a futuro incumplan la normativa establecida.

La estructura del informe es la siguiente: en el capítulo 2 se recopilan los antecedentes actuales sobre el tema de calidad del agua, disponibilidad hídrica, proyecciones de cambio climático para Chile y efectos de los periodos de escasez sobre la calidad del agua. En el capítulo 3 se presenta la metodología desarrollar el modelo multivariado y los parámetros utilizados, detalles de las muestras de información trabajadas, procesos de validación y nivel de ajuste alcanzado. En el capítulo 4 se presenta la zona de estudio, caracterizada por antecedentes físicos y tendencia de forzantes hidroclimáticas y de calidad del agua para cada una de las 9 cuencas estudiadas. Los resultados, los detalles del modelo y las proyecciones para el periodo 2018-2060 se presentan en

el capítulo 6. El capítulo 7 corresponde al análisis de resultados, el cual se aborda desde el punto de vista de la calidad del método utilizado, sus limitaciones y alcances, el contraste de los resultados obtenidos con estudios previos y la verificación de las hipótesis de investigación. Por último se presentan las conclusiones del estudio en el capítulo 8.

2. Revisión Bibliográfica

En este capítulo se hace una revisión de antecedentes para el desarrollo del objetivo de esta memoria, se buscan investigaciones vigentes para orientar el estudio o sentar las bases de este y los posibles resultados esperados. Se aborda la situación actual del recurso hídrico en Chile y la calidad de este, con el fin de tener antecedentes sobre su comportamiento histórico. También se investiga sobre las proyecciones de cambio climático esperadas par el país y como éstas se llevan a cabo. Por último se recopilan antecedentes sobre estudios que plantean una relación entre la calidad de agua y eventos se sequía.

Disponibilidad del recurso hídrico en Chile

El origen de recurso hídrico en las cuencas hidrográficas deriva principalmente de la precipitación, entendiendo como precipitación la lluvia, la nieve y granizo. En promedio a nivel país es de 1.525 mm/año (Atlas de Agua, 2016). En la Figura 1 se presentan los valores de precipitación promedio al año por región de Chile.

Macrozona	Región	Precipitación	[mm/año]
Norte	XV		132
	I		77
	II		45
	III		82
	IV		222
Centro	V		434
	RM		650
	VI		898
	VII		1.377
Sur	VIII		1.766
	IX		2.058
	XIV		2.656
	X		3.068
Austral	XI		3.263
	XII		2.713
Promedio Chile ⁽¹⁾			1.525

(1): Corresponde al promedio ponderado con el área de cada Región

Figura 1: precipitación media anual a nivel nacional distribuida por regiones (Fuente: Atlas del Agua, 2016)

El Atlas del Agua del año 2016, elaboró una comparación entre la precipitación media anual de los años 1965 al 2014 y la precipitación media de los años 2013-2014 e incluyó el rango del valor de la precipitación media mensual. El resultado que arroja es que el total de las estaciones estudiadas en la zona Norte y Centro presenta un déficit en los años 2013-2014, mientras que en la zona Sur existe una tendencia a mantener el promedio y en la zona Austral se presenta un superávit

en los años 2013-2014. En el estudio de Boisier et. al del 2018 se centra la atención en dos estaciones, las cuales están ubicadas en el centro y sur del país. En la zona centro la tendencia de precipitación observada corresponde a una disminución de en promedio 9,5 mm lo que corresponde a un -2% por década durante la temporada de lluvias (junio, julio y agosto). Mientras que la zona sur, la tendencia de disminución de precipitaciones se presenta durante todo el año, en invierno se alcanza una baja del -4%, y esta baja es doblada en verano.

Dados los mecanismos de precipitación y escorrentía en Chile, se observa una significativa correlación positiva entre la precipitación y las series temporales de caudal (Boisier, J.P et. al. 2018). Otra variable dentro de la distribución espacial del recurso hídrico viene dada por la heterogeneidad latitudinal, donde la oferta hídrica del Norte es baja en comparación a la zona Sur, como se observa en Tabla 1. Mientras que en Norte la cenca del Río Loa tiene un caudal promedio anual de 0,7 m³/s, la cuenca del Río Calle Calle en el Sur de Chile, presenta un promedio anual de caudal de 468 m³/s algunas cuencas presentan una oferta de 0,01 m³/s. Para ejemplificar esto, a continuación se presenta la escorrentía media anual para el año 2015 según macrozonas. En el escenario total, Chile es un país con abundantes recursos hídricos. (DGA, 2016)

Tabla 1: Escorrentía superficial año 2015 según macrozonas. (Adaptada de Atlas del Agua, 2016)

Macrozona	Escorrentía	[m ³ /s]	[%]
Norte		36,9	0,1
Centro		1.116	3,8
Sur		7.834	26,8
Austral		20.258	69,3
Total		29.245	

El comportamiento histórico de los caudales de los principales ríos de Chile ha sido descrito por Santibáñez en el estudio Agricultura Chilena: Reflexiones y Desafíos 2030 de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), como altamente variables en las últimas décadas, insinuando ciclos de varios años de mayor caudal, alternados con ciclos de menor caudal. Estos ciclos están alineados con los ciclos más lluviosos y secos asociados a la oscilación decadal del Pacífico (PDO), los que tienen una longitud de 10 a 20 años. Aunque los caudales no muestran una tendencia clara, hay ciertas cuencas, que sugieren una cierta disminución de la escorrentía en las últimas décadas. (Santibáñez, 2017, DGA, 2017). En el mismo estudio se menciona que en general los ríos tienen un régimen dominante nival en la zona Norte y zona Centro, se presenta un régimen mixto.

En el libro Radiografía del agua, se presenta la tendencia de caudales, para esto se trabaja con el agua superficial, las cuales “son las que corren por la superficie del suelo y que, en general, se originan producto de precipitaciones de agua lluvia y nieve en las cuencas”, los resultados obtenidos de las series de datos analizados indican que en su mayoría las estaciones monitoreadas mantienen sus caudales entre los años 1960 al 2016. En la Actualización del Balance Hídrico Nacional el análisis de tendencia de caudales para 1985 a 2015 es consistente con la tendencia de precipitaciones el cual indica una disminución marcada (de más de 20%) de las precipitaciones en el periodo de estudio en la zona central con valores significativos en gran medida. Hacia la zona

del altiplano también ha ocurrido esta tendencia, que no se ven tan marcada en la macrozona sur. Pero a diferencia de la tendencia de precipitación, la tendencia de caudales no es estadísticamente significativa. (DGA, 2017)

Boisier, J.P. en su estudio del 2018 presenta las tendencias medias regionales y estacionales de caudales en la zona centro. Trabajó de forma diferenciada para regímenes dominados por la lluvia y el deshielo dividiendo las estaciones en las sobre y las bajo los 500 m.s.n.m. Para la tendencia de caudales de las estaciones bajo los 500 m.s.n.m, las que siguen el régimen de las precipitaciones con un máximo en julio, junio y agosto, son consistentes con los resultados obtenidos para las precipitaciones tanto como para la zona centro y la zona sur, se muestra una disminución del -8% por década para diciembre, enero y febrero y de -5,5 por década para septiembre, octubre y noviembre. Para estaciones sobre los 500 m.s.n.m se presenta una tendencia de sequía para verano y primavera lo que contrasta con invierno, donde se presentan cambio débiles o positivos.

Calidad del agua en Chile

La calidad del agua se entiende como las características químicas, físicas y biológicas de esta con respecto a algún propósito en particular como riego, para actividades recreativas o uso industrial, se ve afectada por descargas de riles, aguas servidas y lluvias y escorrentía. La importancia de la calidad radica en los usos de agua y en como esta afecta a los sistemas acuáticos.

La calidad de agua se presenta como un criterio para determinar el Riesgo Hídrico en la iniciativa de Escenarios Hídricos 2030. Para esto utilizaron el índice de Calidad de Aguas Superficiales (ICAS), el cual engloba en un solo factor los parámetros que puedan incidir en la afectación de la calidad de agua.

Las clases del ICAS son:

- Buena: aguas adecuadas para riego y desarrollo de la acuicultura
- Regular: aguas aptas para uso recreativo, consumo animales y riego con restricciones
- Insuficiente: aguas no aptas para la conservación de ecosistemas acuáticos, ni para otros usos sin tratamiento.

El resultado de este estudio es la clasificación según el ICAS para cada estación en dos periodos, de 2006 a 2011 y de 2011 a 2016 los cuales se utilizan a modo de comparación. Los resultados se presentan según estación meteorológica, es decir se clasifica la calidad de agua para otoño, invierno, primavera y verano.

El ICAS para el periodo 2011 a 2016 se presenta la clasificación para verano en la Figura 2 y para invierno en la Figura 3. La zona Norte se caracteriza como la con mayores estaciones en el rango insuficiente producto de la concentración de arsénico. La Región de Antofagasta presenta la mayor cantidad de estaciones con calidad insuficiente; la Región de Atacama presenta una cuenca en la cual se marca la estacionalidad y su calidad de torna insuficiente producto del arsénico en el periodo de primavera y verano. La cuenca del río Elqui se presentan 9 estaciones en el rango de insuficiente independiente de la época del año, producto de los niveles de arsénico, cadmio y cobre.

Siguiendo con los resultados del estudio, en la zona Centro, la calidad mejora en comparación a la zona Norte, no obstante, en el caso de la Región de Valparaíso se pasa de 1 a 10 estaciones insuficientes del primer al segundo periodo estudiado, en la época de verano. En la Región Metropolitana a diferencia de la quinta región la cantidad de estaciones insuficientes pasa de 8 a 1 de un periodo a otro. Se observa que en esta zona la calidad mejora en el segundo periodo. La zona Sur en general presenta una buena calidad de agua en ambos periodos.

Observando el escenario del país el índice de calidad del agua mejora para las tres zonas, pero por otro lado el estudio también entrega los siguientes resultados “A nivel nacional, considerando el último quinquenio (2011 - 2016), la mayor cantidad de estaciones de monitoreo que presentan una calidad insuficiente se manifiestan durante el verano, principalmente porque los caudales disminuyen, aumentando así la concentración de los parámetros medidos.”, gráficamente estos resultados se presenta para verano en la Figura 2 y para invierno en la Figura 3.

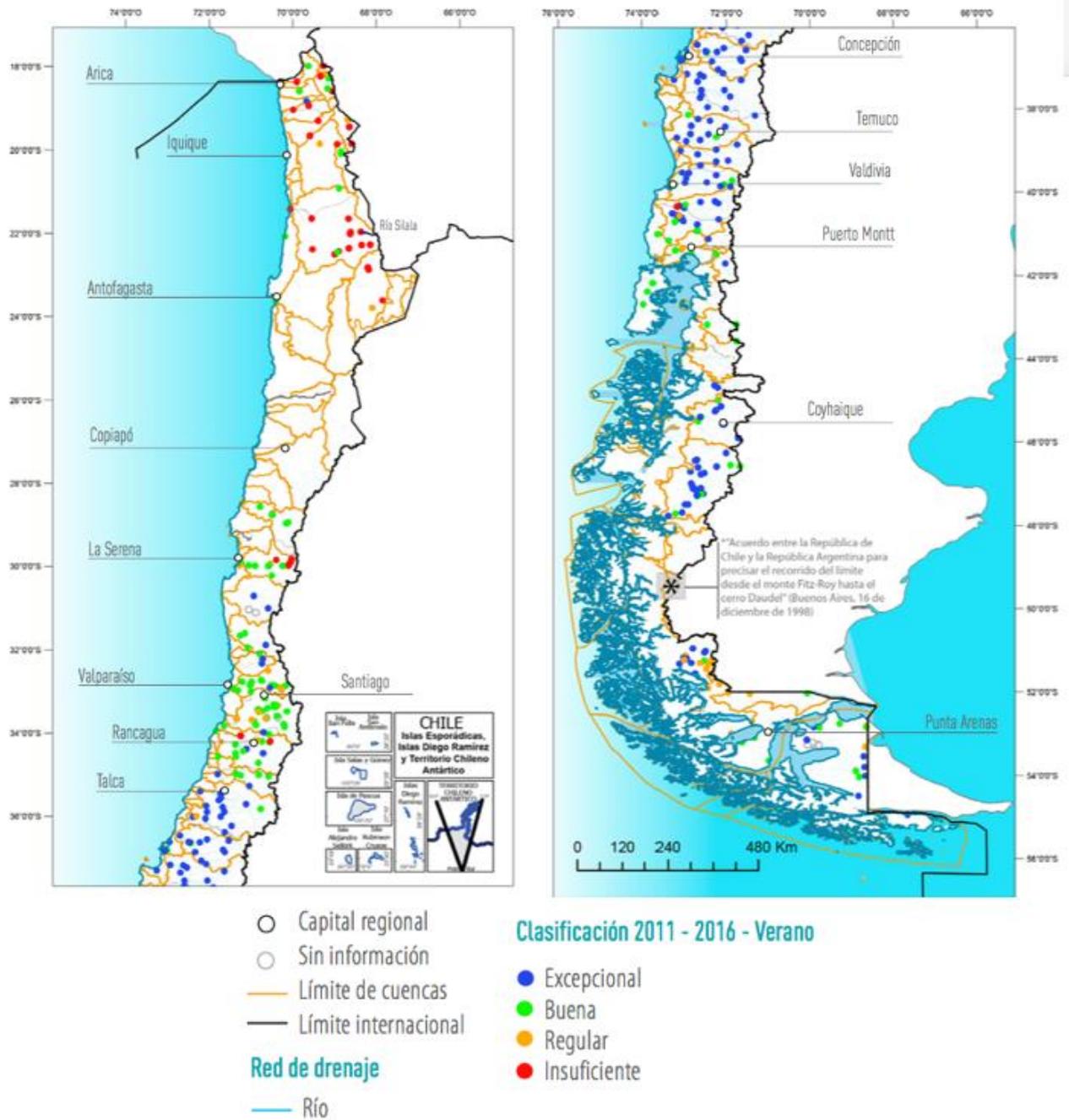


Figura 2: Índice de calidad de aguas superficiales periodo del 2011 - 2016 en verano (Adaptado de Escenarios Hídricos 2030: Radiografía del Agua)

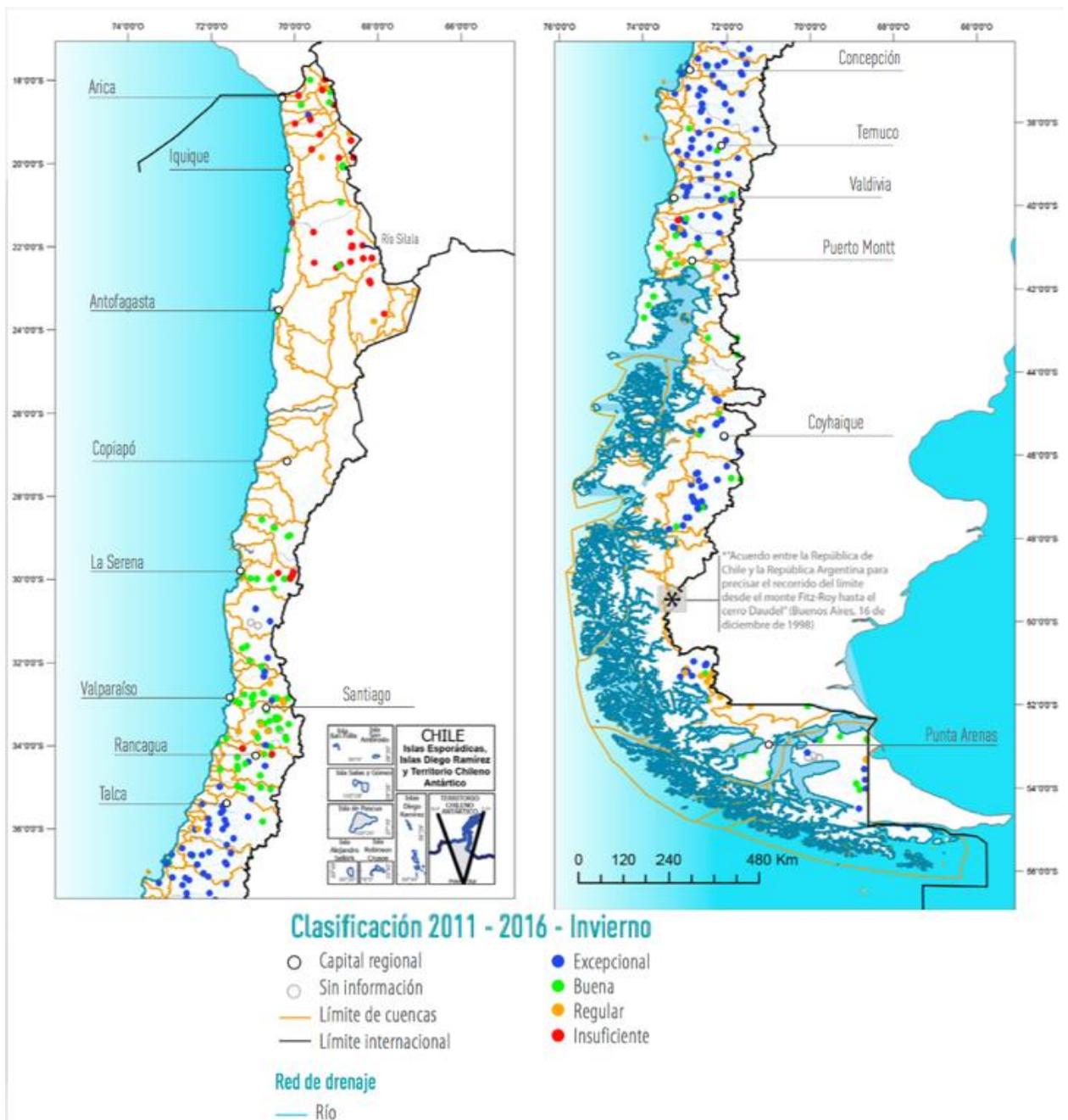


Figura 3: Índice de calidad de aguas superficiales periodo del 2011 - 2016 en Invierno (Adaptado de Escenarios Hídricos 2030: Radiografía del Agua)

Otro enfoque sobre la calidad del agua en el país lo entrega el estudio de Vega et al (2018), en el cual, a diferencia del estudio anterior que engloba en un solo factor los parámetros que puedan incidir en la afectación de la calidad de agua, el estudio de Vega et al, presenta los resultados de tendencias por parámetros, entre los cuales se destaca el pH, la conductividad eléctrica, el boro y el nitrógeno. Sus resultados fueron los siguientes:

- El pH en el país se mueve en el rango de 6,5 a 8,5. En la zona Norte se encuentran 2 cuencas con el pH ácido, las cuencas del Río Lluta y Elqui, ambos ríos han sido afectados por drenaje ácido.
- La conductividad eléctrica se ve afectada por el drenaje ácido, fuentes geotermales, intercambios con aguas subterráneas, alta evaporación y poca dilución, por lo que en el Norte de Chile se alcanzan valores extremos.
- El boro, alcanza altas concentraciones en las cuencas del río Lluta y río Loa. Sumando las distintas condiciones de calidad de agua de la zona Norte se presenta dificultad para la producción de agua potable y de riego, por lo que esta debe ser tratada para estos usos.
- Avanzando al Sur, en la zona Centro se presenta enriquecimiento local de metales, pero la salinidad del agua disminuye. En general la calidad del agua es mejor que en la zona Norte.
- Otro fenómeno que se presenta en el país es la presencia de nitrato, la cual se atribuye a la contaminación difusa producto de los fertilizantes utilizados en la agricultura. Las cuencas que presentan mayores niveles de nitrato son las de la zona Centro, Aconcagua, Maipo y Rapel. Las siguen las cuencas del Norte Copiapó, Huasco y Elqui. Y finalmente y con menor presencia de nitrato se encuentran las cuencas de Toltén, Valdivia y Aysén.

Cambio climático

Según la definición del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el cambio climático es un cambio en el estado del clima que puede ser identificado (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) por cambios en el valor medio de sus propiedades y/o por la variabilidad de estas, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra.

A nivel global se ha visto un aumento de la temperatura superficial del aire de alrededor de 0,85 °C a partir de la revolución industrial (Hartmann et al. Citado por Carrasco, J., 2017). Los cambios en el balance radiativo son los responsables de los cambios en el clima. La tierra absorbe el 70% de la radiación solar, esta energía es redistribuida por las corrientes atmosféricas y oceánicas alrededor del planeta y es regresada al espacio en forma de radiación terrestre.

Parte de la radiación terrestre es absorbida por la atmósfera por un mecanismo natural debido a los gases efecto invernadero (GEI). El desarrollo industrial trajo una mayor producción y nuevos GEI, esto produce una acentuación del efecto invernadero ya que afectan el balance radiativo. El aumento de la concentración de GEI hace que la radiación emitida por la tierra sea menor, lo que ocasiona que la radiación se conserve en la atmósfera provocando un aumento de energía que se traduce en las alzas de temperatura.

Para generar proyecciones climáticas dado estos cambios en el balance radiativo, se han desarrollado modelos climáticos global (GCM, por sus siglas en inglés), los cuales se usan para

estudiar el comportamiento de las variables atmosféricas del planeta dado que consideran procesos físicos, químicos y biológicos. Las instituciones internacionales de investigación en ciencias atmosféricas y clima son las encargadas de desarrollar los GCM. Estos modelos son utilizados para evaluar los cambios en el clima frente a posibles escenarios de emisión de gases efecto invernadero (RCP por representative concentration pathways).

El IPCC ha planteado 4 escenarios de emisión de GEI: RCP 2.6 (escenario de declinación de la tasa de emisión), RCP 4.5 (escenario de estabilización), RCP 6.0 (escenario de estabilización) y RCP 8.5 (emisiones continúan igual a las actuales).

En general, los modelos logran una buena representación de muchas características importantes del clima medio, como la distribución espacial y temporal de variables como la temperatura media, la precipitación, las radiaciones y los vientos. (Centro de Cambio Global UC, 2013)

Existe una gran cantidad de GCMs, los que presentan distintos aspectos como la forma en que son representados o parametrizados los procesos, los métodos numéricos utilizados y la forma en que interactúan los procesos relativos a la atmósfera y el océano. Cada GCM puede presentar un comportamiento diferente ante los cambios de concentración en gases de efecto invernadero, provocando diferencias en la climatología proyectada.

La climatología proyectada presenta distintos niveles y tipos de incertidumbre, por ejemplo la incertidumbre que está dada por el escenario de GEI y la capacidad de representar el sistema climático es limitada, ya sea por consideraciones computacionales o incapacidad para representar ciertos fenómenos climáticos.

En resumen el proceso para la elaboración de proyecciones de variables climáticas se puede ver en la Figura 4.



Figura 4: esquemización del proceso de obtención de proyecciones de variables climáticas

Para el estudio “La economía del cambio climático en Chile” (CEPAL, 2012), en cual utiliza el modelo HadCM3 con 2 escenarios de emisión de GEI, el severo A2 y el moderado B2, ambos son presentados por el IPCC. El estudio entrega como proyecciones de cambio climático para el país una disminución en la precipitación, presentando en la zona Centro un marcado descenso y en las zonas extremas se presenta una mayor incertidumbre. La cantidad de volumen de agua disponible decrece a través del tiempo y se presenta un cambio de estacionalidad en el máximo de los caudales, ya que estos se alcanzan más temprano producto del aumento de las temperaturas lo que ocasiona deshielos anticipados. La temperatura aumenta como máximo entre 2 a 4 °C, con mayores aumentos en la zona Central y estos son más marcados en la zona del valle Central y cordillerana. Sobre los eventos extremos, se presenta un aumento de sequías y estas se hacen permanentes a fines de siglo, las inundaciones o crecidas se dejan de provocar por eventos de precipitación de alta intensidad y pasan a provocarse por precipitaciones asociadas a temperaturas mayores, por lo que el volumen de precipitación líquida es mayor.

En esta misma línea la actualización del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017) utiliza el escenario RCP 8.5 como input para modelos de circulación general: CCSM4, CSIRO-Mk3 – 6 – 0, IPSL – CM5A – LR y MIROC – ESM; con el fin de entregar como output un resultado de proyección respecto a variables climáticas.

El escenario RCP8.5, es el escenario más desalentador de GEI, ya que considera una tasa de emisión de gases efecto invernadero similares a las actuales y sin medidas de mitigación de emisión. Los modelos elegidos son los que mejor representen las condiciones climáticas en Chile. Para esto se utilizan 3 criterios de selección:

- Respuesta regional a modelos globales de variabilidad climática: modelos con influencia del Niño (oscilación del Sur) y el modelo anular del hemisferio Sur en la variabilidad de precipitación en Chile.
- Sensibilidad climática: respuesta del sistema climático a una cierta forzante externa.
- Cambios regionales: variaciones de temperatura y precipitación en Chile en los años 2030 – 2060 según RCP 8.5 con respecto al histórico entre los años 1985 – 2015. Se trabaja con las diferencias del periodo histórico y del escenario futuro menos el actual.

Los resultados obtenidos por la DGA, se presentan en las Figura 5, Figura 6 y Figura 7, donde se muestran las magnitudes de precipitación para invierno y las temperaturas máximas y mínimas en verano, abarcando así un mayor contraste estacional.

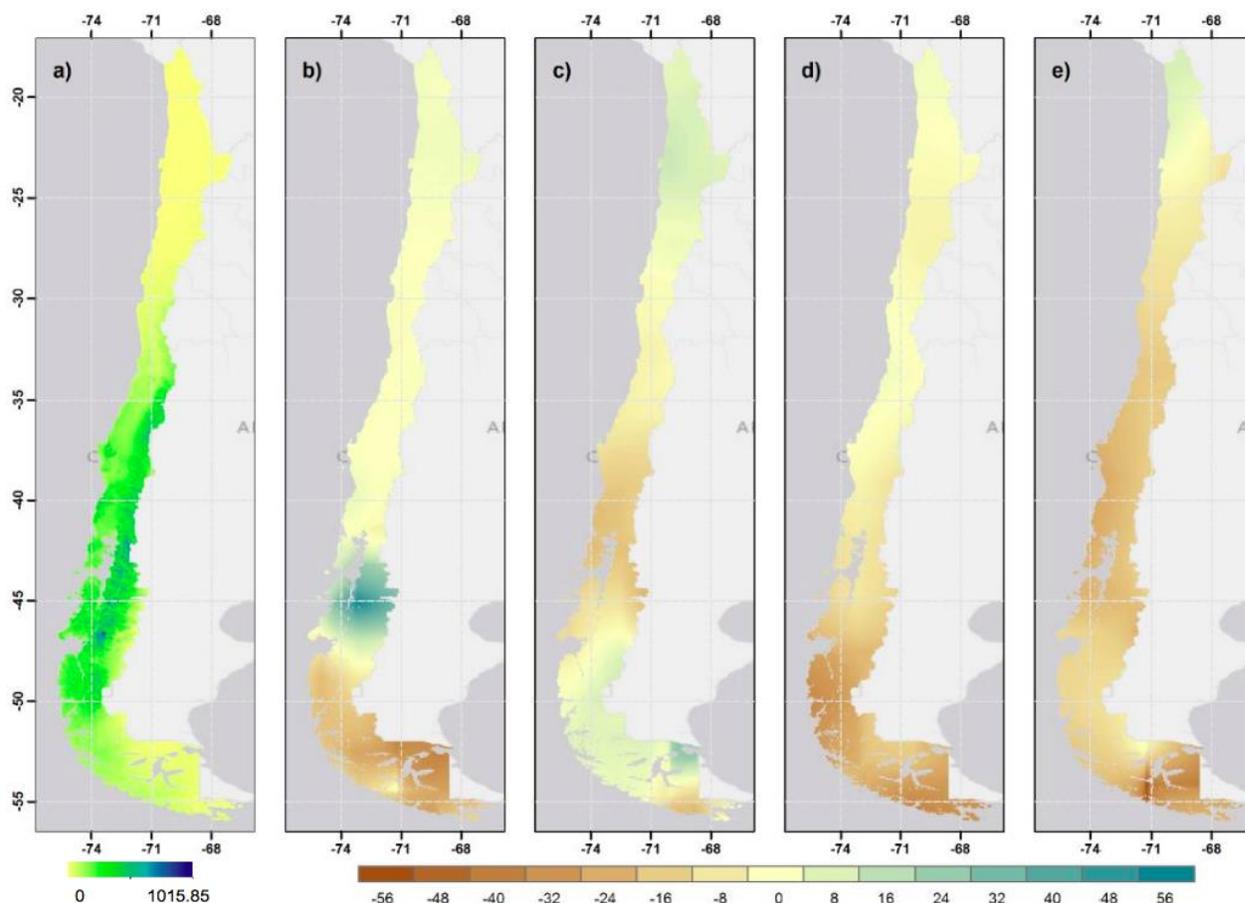


Figura 5: a) precipitación media del mes de julio para el periodo histórico (1985 – 2015), b) deltas de precipitación en Chile continental para el modelo CSIRO, c) CCSM4, d) MIROC y el e) IPSL, calculadas para el periodo futuro (2030 – 2060) en el escenario RCP 8.5 (Fuente: DGA, 2017)

La precipitación en la zona Norte aumenta para todos los modelos, tiende a aumentar cerca del 8% sobre todo en el Altiplano. En la zona Centro se espera un descenso de precipitación para todos los meses, con una mayor disminución en los meses de mayor precipitación. En esta zona se presenta una discrepancia temporal entre los modelos, para CCSM4 la disminución se concentra en invierno, para CSIRO se concentran a finales de primavera. Avanzando al Sur el decrecimiento va en aumento. En la zona Austral se presentan dos proyecciones dependiendo del modelo, se presentan patrones de decrecimiento y de aumento, por lo que esta zona está marcada por la incertidumbre. (DGA, 2017)

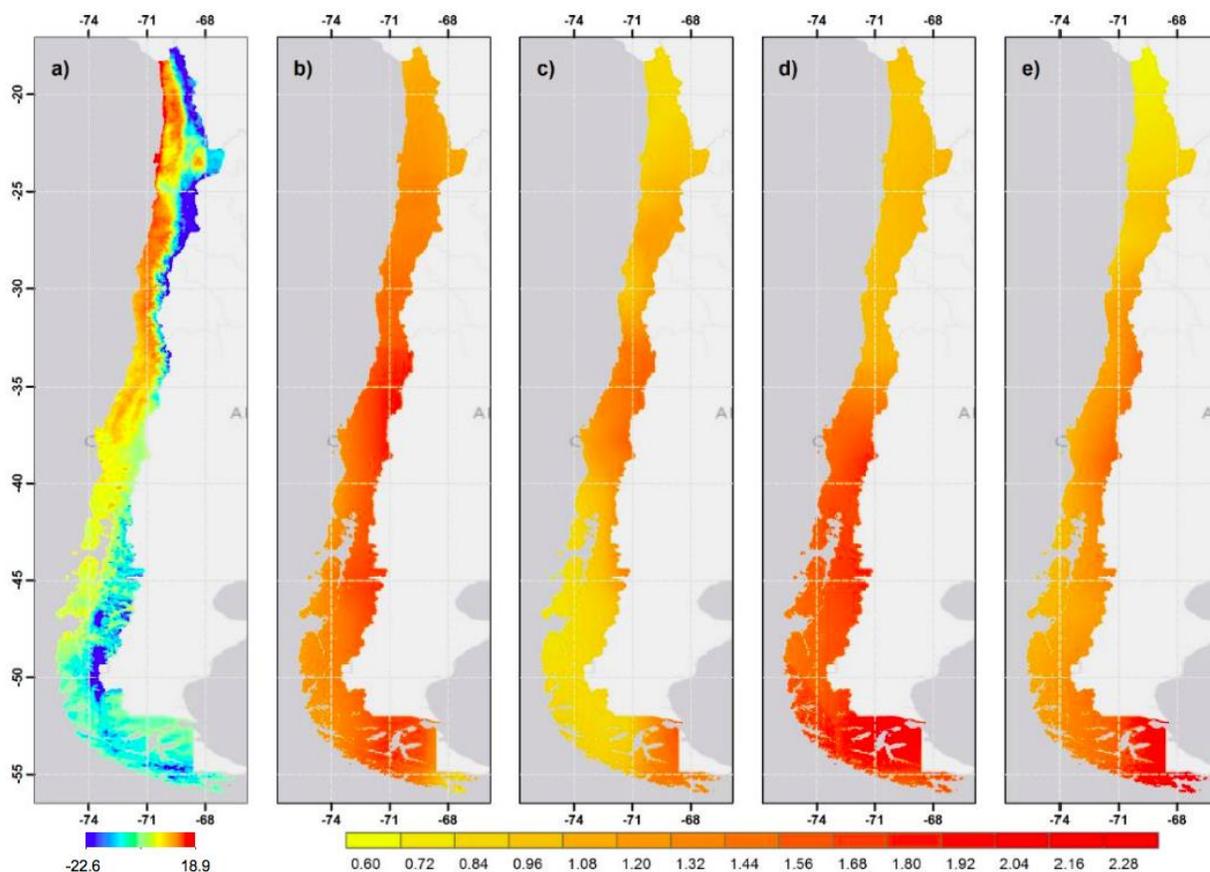


Figura 6: a) Temperatura mínima media del mes de febrero para el periodo histórico (1985 – 2015), b) deltas de precipitación en Chile continental para el modelo CSIRO, c) CCSM4, d) MIROC y el e) IPSL, calculadas para el periodo futuro (2030 – 2060) en el escenario RCP 8.5 (Fuente: DGA, 2017)

Para las temperaturas, en la todo el territorio se espera un aumento, tanto en las temperaturas mínimas y en las temperaturas máximas, las cuales presentan un aumento más considerable. Los modelos coinciden en todas las proyecciones. De forma local se destaca la zona del Altiplano con una disminución de temperatura para los modelos de sensibilidad más baja, CSIRO y CCM4. (DGA,2017).

En resumen, tanto el estudio presentado por CEPAL el 2012 y el recién mencionado estudio de la DGA del 2017, coinciden en la proyección de disminución de las precipitaciones en la zona centro - sur del país y un aumento de temperaturas para todo el territorio. Para las zonas extremas la CEPAL presenta un grado de incertidumbre, mientras que la DGA presenta un aumento de las precipitaciones en la zona del Altiplano.

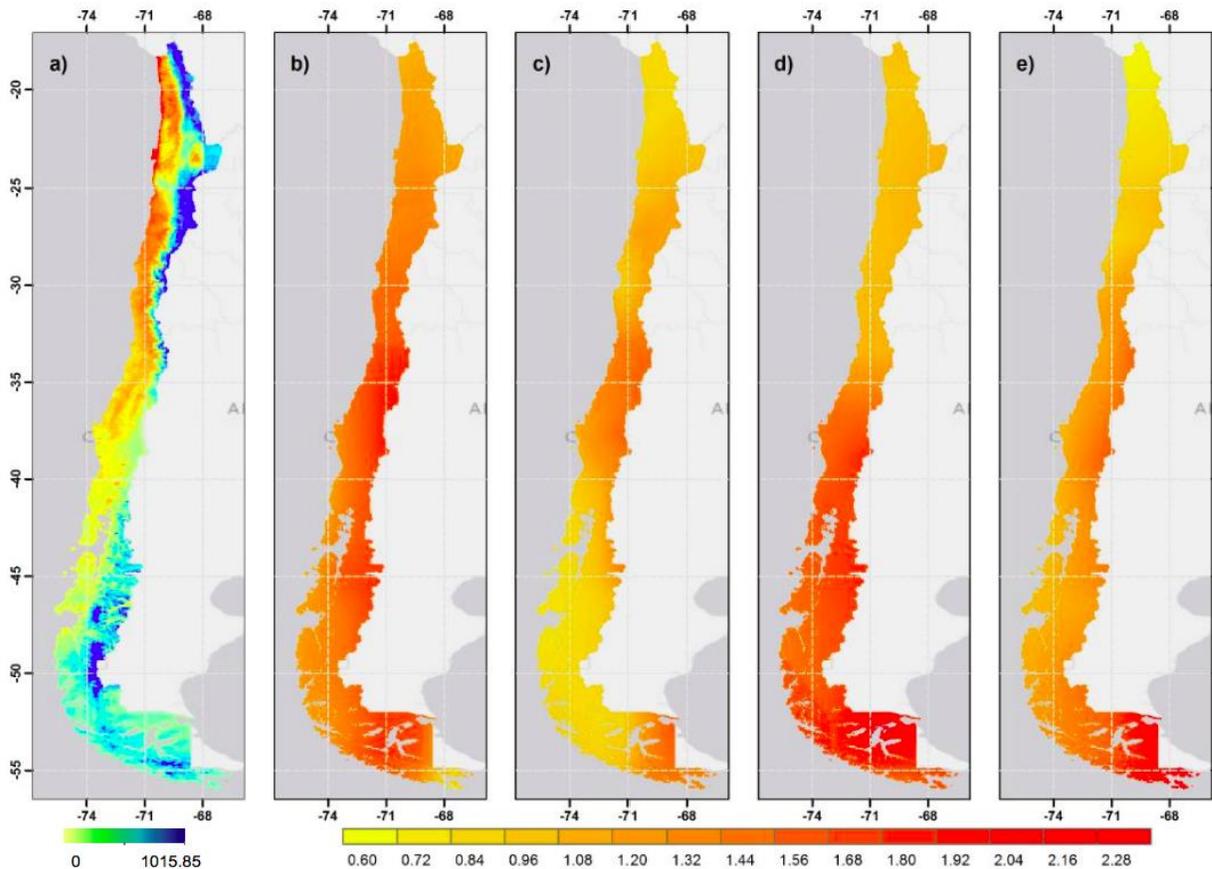


Figura 7: a) Temperatura máxima media del mes de febrero para el periodo histórico (1985 – 2015), b) deltas de precipitación en Chile continental para el modelo CSIRO, c) CCSM4, d) MIROC y el e) IPSL, calculadas para el periodo futuro (2030 – 2060) en el escenario RCP 8.5 (Fuente: DGA, 2017)

Calidad y cantidad de agua

Se han desarrollado estudio sobre la calidad y cantidad del agua, desde el punto de vista de los efectos de una sequía. En los últimos 10-20 años ha habido una cantidad cada vez mayor de estudios sobre los efectos de la sequía en la calidad del agua, principalmente en América del Norte, Europa y Australia (Mosley, L. 2015).

Si bien este estudio no se trata de las sequías, se puede realizar un símil con la variación en la cantidad de agua de las estaciones climáticas. La temporada de sequía se entiende como las estaciones en las cuales el caudal es menor, mientras las posteriores temporadas de recuperación de los niveles se corresponden a las estaciones en las cuales la escorrentía del río es mayor.

Las sequías son una perturbación en el régimen climático e hidrológico natural que puede afectar los determinantes de la calidad del agua de múltiples maneras. La disminución de los caudales y los niveles de agua observados durante las sequías hidrológicas aumentan el tiempo de residencia y reducen la velocidad de descarga de los cuerpos de agua. Los flujos de agua reducidos y las temperaturas elevadas durante algunas sequías pueden cambiar las tasas de los procesos, como la productividad, la respiración y la reacción. Las sequías también pueden cambiar el patrón de

entrega de los componentes de la calidad del agua, reteniéndolos en las cuencas hidrográficas durante las condiciones secas y liberándolos durante las condiciones húmedas (Worrall y Burt, 2008).

La revisión de Mosley (2015) proporciona una síntesis de investigaciones observacionales anteriores sobre los efectos de la sequía en la calidad del agua de los sistemas de agua dulce. La recopilación de resultados citados por Mosley se presenta a continuación:

- Temperatura. Típicamente se reportaron aumentos de temperatura en ríos y arroyos durante la sequía. En el caso del río Mosa, se registraron aumentos de temperatura promedio de 2 ° C, mientras que en la misma sequía, la temperatura en algunos ríos en República Checa aumentó 1.7 ° C (Hrdinka et al., 2012). Ha y col. (1999) observaron un aumento de 7 ° C en la temperatura del agua en el río Nakdong (Corea del Sur) durante una sequía. Por otro lado, Wilbers et al. (2009) no encontró un aumento significativo de la temperatura durante una sequía en el río Dommel (Países Bajos), lo que puede deberse a que una gran proporción del flujo se deriva de fuentes de aguas subterráneas más profundas. Mosley y col. (2012) tampoco observó ningún aumento significativo de la temperatura del agua en el bajo río Murray (Australia) durante los caudales extremadamente bajos, lo que se atribuyó a que la temperatura del aire no aumentó.
- Salinidad (bicarbonato, cloruro), iones principales (cloruro, fluoruro, sulfato y potasio). Se ha demostrado que la salinidad aumenta en la mayoría de los arroyos y ríos durante las sequías. Esto se ha atribuido a la evaporación concentrada y a la menor dilución de más entradas de agua subterránea salina (Foster y Walling, 1978, Muchmore y Dziegielewski, 1983, Caruso, 2001, Caruso, 2002, van Vliet y Zwolsman, 2008, Mayer et al., 2010, Hrdinka et al., 2012, Mosley et al., 2012, Burt et al., 2014a)
- Nutrientes (amonio, nitrito y ortofosto). Se han observado concentraciones más bajas de nutrientes disueltos y totales durante las sequías, esto se ha atribuido principalmente a una reducción o falta de descargas de aguas contaminadas, pero también aumentó en la retención de la corriente a través de la absorción de nutrientes disueltos por algas acuáticas y macrófitas (Boar et al., 1995, Andersen et al., 2004, Baurès et al., 2013), y el aumento de la desnitrificación debido a tiempos de residencia en el agua más largos (van Vliet y Zwolsman, 2008).
- Sólidos suspendidos. Se ha observado una disminución de la turbiedad durante las sequías. Esto se ha atribuido a la falta de escorrentía y al aumento de la sedimentación debido a las velocidades más bajas del agua.
- pH. No ha mostrado una tendencia clara durante la sequía. Se observaron disminuciones estadísticamente significativas en las corrientes polacas (Ziellnski et al., 2009) y el río Murray (Mosley et al., 2012) durante las sequías. Österholm y Åström (2008) observaron una disminución persistente en el pH de la corriente durante varios años después de una sequía que resultó en la disminución de las capas freáticas y la oxidación de sulfuro en una cuenca finlandesa. Se han observado aumentos en el pH y la alcalinidad en algunos sistemas fluviales s durante la sequía debido a la disminución de la dilución del agua subterránea dominada por bicarbonato (Sprague, 2005, Ziellnski et al., 2009).

- Metales y metaloides. Van Vliet y Zwolsman (2008) encontraron que el selenio total, el bario y el níquel aumentaron durante la sequía, pero el plomo, el cromo, el mercurio y el cadmio mostraron concentraciones significativamente más bajas. Esta diferencia se atribuyó a las capacidades de adsorción variables a los sólidos en suspensión que determinaron el destino de los metales. Las concentraciones de todos los metales permanecieron bajas durante una sequía en la República Checa, pero aumentaron notablemente (1760%) debido a la escorrentía de sedimentos en el período posterior a la sequía (Hrdinka et al., 2012). Hudson y col. (1978) también encontraron que la mayoría de las concentraciones de metales no aumentaron significativamente durante la sequía, aparte del manganeso que aproximadamente se duplicó. Muchmore y Dziegielewski (1983) también encontraron que el manganeso aumentó significativamente en el río Sangamon durante una sequía, probablemente debido a una mayor influencia de las entradas de aguas residuales de origen puntual.

3. Metodología

En esta sección se presentará la metodología para obtener la proyección de concentración de contaminante, temperatura del agua o pH, en las cuencas estudiadas. Se especifica el tratamiento de los datos, la disponibilidad de estos y los parámetros calibrados en el modelo.

En este estudio se trabaja con las estaciones climatológicas del año. Verano corresponde a los meses de enero, febrero y marzo; otoño los meses de abril, mayo y junio; invierno los meses de julio, agosto y septiembre; primavera los meses de octubre, noviembre y diciembre.

3.1. Información base

Fuentes de información

- CAMELS-CL (Álvarez-Garretón, C. et al. 2018, camels.cr2.cl)
- Dirección General de Aguas (DGA, dga.mop.gob.cl)
- Actualización del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017).

Registros recopilados

- Variables hidroclimáticas

A continuación, se presentan los parámetros de forzantes hidroclimáticas elegidos, se trabaja con caudal medio, temperatura media y precipitación, estos forzantes se toman desde un enfoque hidrológico con el fin de proyectarlos con modelos climatológicos. Estos parámetros de ajuste representan las variables independientes de la regresión.

- Caudal: corresponde al caudal medios diario de la plataforma CAMELS-CL, estas observaciones corresponden a registros de estaciones fluviométricas de la DGA. El periodo de mayor información abarca entre los años 1936 a 2018 y el de menor información abarca entre los años 2000 a 2018
 - Temperatura: la información utilizada corresponde a la temperatura media diaria de la plataforma CAMELS-CL, que corresponde a la serie datos basadas en el producto grillado del CR2MET . El periodo de mayor información abarca entre los años 1979 a 2016 y el de menor información abarca entre los años 1999 a 2016
 - Precipitación: la información utilizada corresponde a la precipitación diaria de la plataforma CAMELS-CL, que corresponde a la serie datos basadas en el producto grillado del CR2MET. El periodo de mayor información abarca entre los años 1979 a 2016 y el de menor información abarca entre los años 2000 a 2016
- Variables fisicoquímico de calidad del agua
 - Parámetro de calidad del agua: Corresponde a datos de estaciones fisicoquímicas de la DGA, son los valores de los distintos parámetros de calidad del agua. Se entrega concentración de distintos contaminantes especificando el método de obtención del

valor en laboratorio y la temperatura del agua. El periodo de mayor información abarca entre los años 1971 a 2018 y el de menor información abarca entre los años 2000 a 2018. Las campañas de monitoreo se realizan usualmente cuatro veces por año (García, T. 2012), los parámetros fisicoquímicos monitoreados por la DGA se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Parámetros fisicoquímicos monitoreados por la DGA (Adaptado de García, T. 2012)

Clasificación	Parámetros
Nivel de oxígeno	Oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno
Metales	Al, As, B, Cd, Ca, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Na, Ni, Ag, Pb, Se, Si y Zn
Nutrientes	Nitrógeno total, nitrito, nitrato, nitrógeno amoniacal, fósforo total y fosfatos.
Microbiológicos	Coliformes fecales, coliformes totales
Sustancias disueltas	Conductividad eléctrica, cloruro, sulfato, bicarbonatos y pH
Parámetros físicos	Temperatura del agua
Otros Parámetros	Razón de absorción de sodio y clorofila a

Se decide trabajar con sólidos disueltos totales (SDT), con el fin de entenderlos como la suma de los iones en el agua, para esto se utiliza la siguiente transformación a partir de conductividad.

$$SDT \left[\frac{mg}{L} \right] = 1,5 \cdot conductividad \left[\frac{\mu S}{cm} \right]$$

3.2. Cuencas estudiadas

Las cuencas seleccionadas para ser estudiadas cumplen dos condiciones:

- Cuencas en régimen natural, es decir cuencas con baja o nula intervención antropológica. Como referencia del grado de intervención de la cuenca se utiliza el *interv_degree* de CAMELS-CL (Álvarez-Garretón, C. et al. 2018). El grado de intervención está definido como el flujo anual de derechos de aguas el superficiales (consumo permanente continuo), normalizado por el flujo medio anual, y es calculado con información del Atlas del Agua (DGA, 2016a)
- Punto de salida de la cuenca definido por una estación de medición fluviométrica y de parámetros fisicoquímicos de la DGA, ya que posteriormente las proyecciones de cambio climático vienen dadas según estas estaciones.

De este grupo de cuencas se eligen las que tengan un mayor periodo de información.

Las cuencas estudiadas son definidas por las estaciones de la DGA que se encuentra en su punto de salida, por lo que en la Tabla 3 se presenta la información de estas estaciones.

Tabla 3: Cuencas estudiadas. ID.- DGA corresponde al identificador de la estación fluviométrica y fisicoquímica- La latitud y longitud corresponden a la ubicación de la estación de medición, al punto de salida de la cuenca. (Fuente: DGA y CAMELS-CL)

ID-DGA	Nombre estación	Región del país	Latitud [°]	Longitud [°]
4302001	Río Toro antes junta Río La Laguna	Región de Coquimbo	-29,97	-70,09
4311001	Estero Derecho en Alcohuaz	Región de Coquimbo	-30,22	-70,49
5410002	Río Aconcagua en Chacabuquito	Región de Valparaíso	-32,85	-70,51
5101001	Río Pedernal en Tejada	Región de Valparaíso	-32,07	-70,76
5710001	Maipo en el Manzano	Región Metropolitana	-33,59	-70,38
5721001	Yerba Loca antes junta San Francisco	Región Metropolitana	-33,34	-70,36
7103001	Río Claro en los Queñes	Región del Maule	-35,00	-70,81
7330001	Río Perquilauquén en San Manuel	Región del Maule	-36,38	-71,62
10134001	Río Cruces en Rucaco	Región de los Ríos	-39,55	-72,54

3.3. Modelo estadístico

Las variables utilizadas para realizar el modelo estadístico corresponden a los predictores (variable independiente) y a los parámetros (variable dependiente). En las Tabla 4 y Tabla 5, respectivamente, se entrega más información de estos y en la Figura 8 se esquematizan los parámetros. Todo el modelo se desarrolla en lenguaje de programación R a través de Rstudio.

Tabla 4: Predictores del modelo

Predictor	Descripción
Caudal	Es el caudal medio diario en m ³ /s en el punto de salida de la cuenca obtenido de la plataforma CAMELS-CL
Temperatura del ambiente	<ul style="list-style-type: none"> ○ Temperatura media diaria en °C en el punto de salida de la cuenca obtenido de la plataforma CAMELS-CL ○ Temperatura media diaria del día anterior en °C en el punto de salida de la cuenca obtenido de la plataforma CAMELS-CL
Precipitación	<ul style="list-style-type: none"> ○ Precipitación diaria en mm en el punto de salida de la cuenca obtenido de la plataforma CAMELS-CL ○ Precipitación diaria del día anterior en mm en el punto de salida de la cuenca obtenido de la plataforma CAMELS-CL ○ Precipitación acumulada de la estación meteorológica (verano, invierno primavera, otoño) en mm en el punto de

	salida de la cuenca obtenido de la plataforma CAMELS-CL ○ Precipitación acumulada de la estación meteorológica anterior mm en el punto de salida de la cuenca obtenido de la plataforma CAMELS-CL
--	--

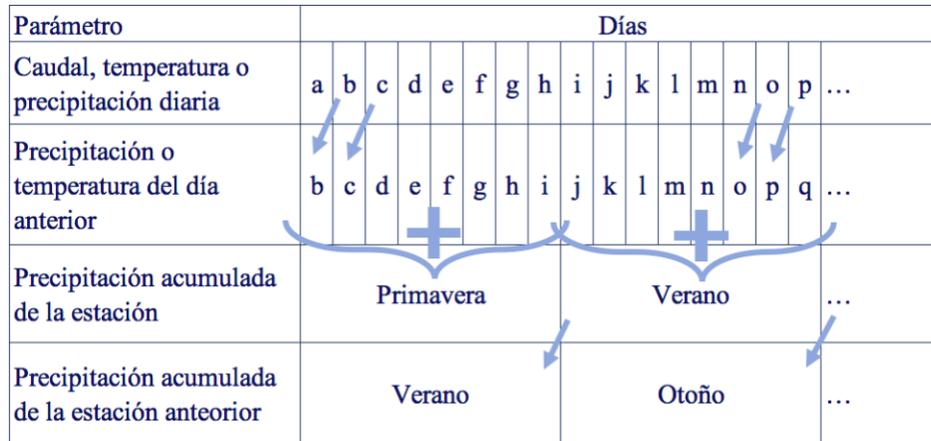


Figura 8: esquematización de predictores, cada letra corresponde a una medición.

Tabla 5: Parámetros del modelo

Parámetros	Descripción
Parámetros fisico-químicos de calidad del agua	Medidas de concentración de oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, Al, As, B, Cd, Ca, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Na, Ni, Ag, Pb, Se, Si, Zn, nitrógeno total, nitrito, nitrato, nitrógeno amoniacal, fósforo total, fosfatos, coliformes fecales, coliformes totales, onductividad eléctrica, cloruro, sulfato, bicarbonatos. El pH y medida de temperatura del agua y razón de absorción de sodio y clorofila a.

Correlación

Con el fin de realizar una exploración inicial del nivel de correlación entre alguna de las forzantes hidroclimáticas se trabaja con el coeficiente de correlación de Pearson (R_2) la cual se utiliza para evaluar la relación lineal entre dos variables continuas, para esto se utiliza la función *cor(method = "pearson")* del paquete *stats* (R Core Team, 2013), se obtiene el R, entre cada parámetro de calidad de agua con cada predictor de forzante hidroclimática. Este análisis se lleva a cabo para el año completo y para el año dividido en estaciones climáticas, los resultados de presentan en el Anexo A.

Para que sea un dato válido para estudiar, debe coincidir la fecha (día/mes/año) del parámetro de calidad del agua con el parámetro fisicoquímico a estudiar.

Se seleccionan los coeficientes de correlación individuales mayor a 0,45, ya que al utilizar un modelo de regresión lineal múltiple el R^2 puede mejorar, además se busca una cantidad de datos mayor a 7, para evitar el sobre ajuste, dado que el coeficiente de determinación lineal y el número de datos suelen variar de forma inversa, de tal manera que bastaría con considerar un número pequeño de observaciones para que el R^2 alcance un valor cercano a 1 (Martines, E. 2005). Además se revisa de que el valor medido fuera el de concentración y no el límite mínimo de detección del instrumento.

Calibración modelo

El fin es realizar un modelo de regresión lineal multivariable con variable dependiente el parámetro de calidad de agua y con predictores los parámetros de forzantes hidroclimáticas el modelo de regresión lineal múltiple a diferencia de la regresión lineal se incluye más de un predictor a la vez. Trabaja con todos los predictores a la vez para estimar los coeficientes de regresión, así evalúa el efecto de cada predictor en presencia del resto. (Garet, J. et al. 2017). La esquematización del proceso del modelo se presenta en la Figura 9.

A cada predictor (x_1, x_2, \dots, x_p) se le asocia un coeficiente β_p que cuantificará la asociación ente el predictor y la variable respuesta Y . ε se define como el error del modelo, que representa la diferencia entre lo observado y lo estimado. (Garet, J. et al. 2017)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \dots + \beta_p \cdot x_p + \varepsilon$$

La estimación de los coeficientes del modelo trabaja con el método de los mínimos cuadrados, el cual es uno de los métodos más comunes. Este método busca la minimizar la suma de los residuos al cuadrado (RSS, por residual sum of squares). Los residuos son la diferencia entre el valor estimado y el valor observado. La RSS para un modelo de regresión lineal con un predictor se presenta en la ecuación a continuación.

$$RSS = (y_1 - \widehat{\beta}_0 - \widehat{\beta}_1 \cdot x_1)^2 + (y_2 - \widehat{\beta}_0 - \widehat{\beta}_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (y_n - \widehat{\beta}_0 - \widehat{\beta}_n \cdot x_n)^2$$

Para aplicar la metodología de los mínimos cuadrados se eligen $\widehat{\beta}_0$ y $\widehat{\beta}_1$ tal que minimicen el RSS. (Garet, J. et al. 2017)

Para calibrar el modelo se utiliza la metodología *forward selection*, en la cual se van agregando los predictores de uno en uno con el fin de mejorar el ajuste del modelo. La *forward selection* comienza con un modelo que no contiene predictores, y luego agrega predictores al modelo, uno a la vez, hasta que todos los predictores estén en el modelo. En cada paso, la variable que brinda la mayor mejora adicional al ajuste se agrega al modelo. El algoritmo utilizado se presenta a continuación:

1. \mathcal{M}_0 denota el modelo nulo, es decir, no contiene predictores
2. Para $k = 0, \dots, p - 1$:

- (a) Considere todos los modelos $p - k$ que aumentan los predictores en \mathcal{M}_k con un predictor adicional.
 - (b) Elija el mejor entre esos modelos $p - k$, y llámalo \mathcal{M}_{k+1} . El mejor modelo está definido como el que tiene menor RSS o mayor R_2
 3. Elije el mejor modelo entre $\mathcal{M}_0, \mathcal{M}_1, \dots, \mathcal{M}_k$, usando validación cruzada, AIC, BIC, o R_2 ajustado.
- (Garet, J. et al. 2017)

Para la elección del modelo, se utiliza el índice de Akaike (Akaike, 1974), el R_2 ajustado, como se indica en el punto 3 del algoritmo y además se trabaja con el error cuadrático medio (ECM). Se decide trabajar con el índice de Akaike (AIC) por sobre el criterio BIC ya que tiene objetivos distintos, el criterio BIC trata de seleccionar el modelo correcto, el criterio AIC no pretende seleccionar el modelo correcto, ya que admite que el modelo verdadero puede no estar entre los estimados, y trata de obtener el modelo que proporcione mejores predicciones entre los existentes. (Caballero, F. 2011). La validación cruzada se utiliza como paso final del modelo para cuantificar los errores del modelo bajo condiciones predictivas.

La calibración del modelo se hace a través de la función $lm()$ del paquete *STATS* (R Core Team, 2013), mediante los pasos especificados en el algoritmo. El cálculo del AIC se realiza con la función *AIC* del paquete *STATS* (R Core Team, 2013)

Siguiendo con la elección del modelo, se busca el minimizar el $AIC = 2 \cdot k - 2 \cdot \ln(L)$, siendo L la verosimilitud del modelo estadístico y k en número de parámetros. El segundo término se puede interpretar como la medida de bondad del ajuste, mientras primer término es una penalización por complejidad (Caballero, F. 2011). Y por el contrario, se busca maximizar el R_2 ajustado.

El R_2 ajustado, nos indica el grado de ajuste alcanzando del modelo y los valores van entre 0 y 1. Se calcula como:

$$R_{ajustado}^2 = 1 - \frac{\frac{SCR}{n-k}}{\frac{SCT}{n-1}},$$

donde *SCT* corresponde a la suma del cuadrado total que es la sumatoria de la diferencia entre los valores observados y la media de la muestra, *SCR* corresponde a la suma del cuadrado de los residuos que es la sumatoria de la diferencia entre los valores proyectados y la media de la muestra, n es el número de observaciones, k el número de variables independientes, $(n - k)$ son los grados de libertad de los residuos y $(n - 1)$ los grados de libertad del modelo. (Montero, R. 2016). En la Tabla 6, se presenta el nivel de ajuste alcanzado por cada modelo desarrollado.

Tabla 6: nivel de ajuste de cada modelo desarrollado

Estación DGA	Parámetros	Estación meteorológica	Nº datos	R_2 ajustado
Río Aconcagua en Chacabuco	Sólidos disueltos totales	Invierno	24	0,65
	Cloruro	Primavera	27	0,58
	Sodio total	Año completo	18	0,75

Estación DGA	Parámetros	Estación meteorológica	Nº datos	R ₂ ajustado
Estero Derecho en Alcohuz	Bicarbonato	Verano	18	0,73
Maipo en el Manzano	Cloruro	Año completo	10	0,70
	Cloruro	Otoño	23	0,79
	Cloruro	Primavera	29	0,76
	Cloruro	Invierno	27	0,62
	Cloruro	Verano	29	0,69
	Sodio disuelto	Año completo	85	0,74
	Sodio disuelto	Primavera	23	0,73
	Sodio disuelto	Otoño	17	0,84
	Sulfato	Otoño	22	0,74
	Sulfato	Invierno	25	0,73
	Temperatura del agua	Año completo	11	0,59
	Temperatura del agua	Invierno	28	0,58
	Aluminio total	Invierno	13	0,89
	Calcio disuelto	Invierno	21	0,58
	Sólidos disueltos totales	Año completo	137	0,59
	Sólidos disueltos totales	Otoño	30	0,69
	Sólidos disueltos totales	Primavera	37	0,67
	Sólidos disueltos totales	Invierno	34	0,54
Río Perquilauquén en San Manuel	Sólidos disueltos totales	Otoño	14	0,73
	Fierro Total	Año completo	46	0,67
	Fierro Total	Otoño	14	0,84
	Fosforo de ortofosfato	Otoño	9	1,00
	Temperatura del agua	Año completo	15	0,75
	Temperatura del agua	Primavera	8	0,81
	Bicarbonato	Año completo	8	0,81
	Nitrógeno de nitrato	Otoño	8	1,00
Río Claro en Los Queñes	Sólidos disueltos totales	Otoño	14	0,61
	Sodio disuelto	Verano	13	0,63
	Calcio disuelto	Verano	13	0,74
	Temperatura del agua	Año completo	74	0,58
	Temperatura del agua	Otoño	8	0,52

Estación DGA	Parámetros	Estación meteorológica	Nº datos	R ₂ ajustado
Río Claro en Los Queñes	Aluminio Total	Verano	14	0,97
	Manganeso	Verano	16	0,96
	Fierro Total	Verano	18	0,50
Río Pedernal en Tejada	Potasio total	Año completo	17	0,94
	Potasio total	Invierno	17	0,98
	Temperatura del agua	Año completo	67	0,72
	Bicarbonato	Verano	9	0,84
	Sólidos disueltos totales	Verano	20	0,78
	Sodio total	Invierno	7	0,57
	Sulfato	Verano	16	0,71
Río Toro	Sodio total	Primavera	10	0,67
	Potasio disuelto	Verano	10	0,66
Río Cruces	Magnesio disuelto	Otoño	15	0,67
	Magnesio disuelto	Verano	10	0,65
	Bicarbonato	Invierno	10	0,78
	Bicarbonato	Año completo	37	0,67
	Bicarbonato	Verano	8	0,77
Estero Yerba Loca	Temperatura del agua	Año completo	10	0,66
	Potasio total	Primavera	6	0,86
	Potasio total	Invierno	6	0,70
	Magnesio total	Invierno	6	0,89

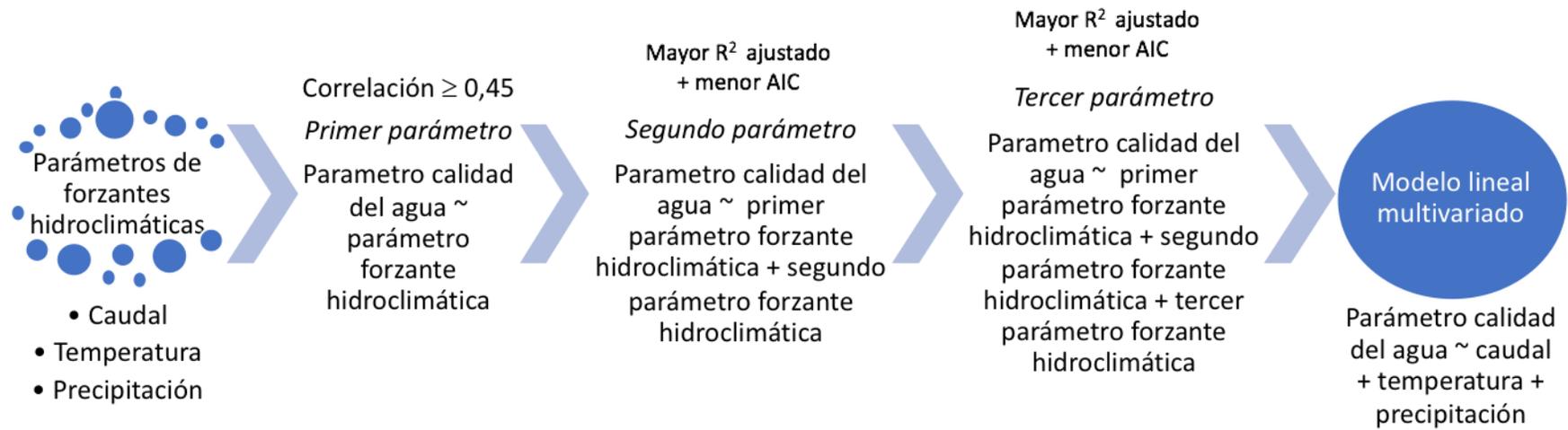


Figura 9: Proceso de ajuste del modelo

3.4. Validación cruzada

La validación cruzada es un método de muestreo de datos para evaluar la capacidad de generalización de los modelos predictivos y evitar el sobreajuste (Berrar, D. 2018). Tenemos dos tipos de errores, el error de entrenamiento, que viene dado por la adaptación a los conjuntos de entrenamiento y el error de prueba, que es el verdadero error de la predicción (Garet, J. et al. 2017), en otras palabras, el error de prueba de la validación cruzada permite cuantificar los errores del modelo bajo condiciones predictivas.

Dentro de los algoritmos de validación cruzada, se elige el algoritmo de *leave one out cross validation (LOOCV)*, ya que tiene un menor sesgo. El LOOCV ajusta repetidamente el método de aprendizaje estadístico utilizando conjuntos de entrenamiento que contienen n-1 observaciones, con n el número total de observaciones (Garet, J. et al. 2017), es decir se genera el modelo con n-1 observaciones y con la observación restante se corre el modelo, obteniendo el error de prueba, esto se repite n veces. Gráficamente este proceso lo podemos ver en la Figura 10.



Figura 10: LOOCV esquemáticamente. Un conjunto de n puntos de datos se divide repetidamente en un conjunto de entrenamiento, el cual se representa con el color azul y contiene todas menos una observación, esta observación se representa con color naranja y es el único elemento del conjunto de validación. La prueba de error se estima promediando los n errores resultantes. El primer set de entrenamiento contiene todo menos la observación 1, el segundo conjunto de entrenamiento contiene todo menos la observación 2, y así sucesivamente. (Fuente: Libro de R)

El error del modelo viene dado por el promedio del error cuadrático medio (MSE, por mean squared error) de cada observación.

$$MSE_{cv} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n MSE_i = \frac{1}{n} ((y_1 - \hat{y}_1)^2 + (y_2 - \hat{y}_2)^2 + \dots + (y_n - \hat{y}_n)^2)$$

Donde y_i corresponde a la observación e \hat{y}_n corresponde a la predicción.

Se trabaja una validación cruzada de tres modelos: con un predictor, dos predictores y tres predictores ajustados. Para aplicar el algoritmo se utiliza el paquete CARET: clasificación y enteramiento. Versión 6.0-84 en Rstudio.

Para elegir el mejor modelo se compara, en la siguiente jerarquía de decisión:

1. R₂ ajustado
2. ECM validación cruzada
3. AIC

Se verifica que el *p-value* del modelo y los predictores sea menor 0,05 para validarlo. Si *p*-valor cumple con la condición de ser menor que un nivel de significancia impuesto, se considera un resultado estadísticamente significativo para el modelo y se rechaza la hipótesis nula, por lo que hay al menos un coeficiente de la regresión distinto de cero. (Garet, J. et al. 2017)

3.5. Proyección cambio climático

Con el modelo ajustado y validado el último paso es proyectar a través de los parámetros de forzantes hidroclimáticas proyectadas para los años 2020 a 2060 los niveles de concentración de los parámetros de calidad del agua que ajustan en cada cuenca. Las proyecciones de las forzantes hidroclimáticas son producto de la Actualización del Balance Hídrico de Chile de la DGA.

El balance hídrico utiliza el escenario RCP8.5 y 4 GCMs, como se menciona en la revisión bibliográfica. Las proyecciones de cambio climático se basan en simulaciones numéricas con GCMs. Las simulaciones abarcan todo el globo en mallas mayores a 100 km, por lo que para conocer las proyecciones a escala regional se utilizan métodos de regionalización para llevar a cabo un escalamiento, existen dos tipos: dinámicos y estadísticos.

En el estudio de la DGA se busca evaluar que los cambios en las variables sean coherentes con el comportamiento histórico, por lo que los métodos de regionalización estadísticos son una buena alternativa. El método aplicado es el QDM (Quantile Delta Mapping) que preserva los cambios absolutos (utilizados para las temperaturas) o relativos (precipitaciones) en los cuantiles, corrigiendo al mismo tiempo los sesgos en la distribución de frecuencia de la variable simulada.

En esta memoria se trabaja con las proyecciones de las forzantes hidroclimáticas las cuales son producto de la Actualización del Balance Hídrico de Chile. Las proyecciones utilizadas corresponden a los siguientes modelos:

- Sensibilidad climatológica baja extrema: CSIRO-Mk3-6-0 (En adelante CSIRO)
- Sensibilidad climatológica alta moderada: MIROC-ESM (En adelante MIROC)
- Sensibilidad climatológica alta extrema: IPSL-CM5A (En adelante IPSL)

Los datos utilizados corresponden a caudal medio diario, temperatura mediana diaria y precipitación diaria para los años 2030 a 2060. Estos datos sirven de inputs en los modelos ya calibrados, por lo que a partir de estos se proyectan las concentraciones y temperatura del agua para los parámetros fisicoquímicos. Se establece que no existen concentraciones negativas, por lo que si las proyecciones tienen como resultados valores menores a 0, estos se establecen como 0.

4. Zona de estudio

En esta sección se entrega información sobre la zona de estudio, se hace énfasis en la dimensión de la cuenca, la ubicación de estas (Figura 11: Ubicación de las salidas de las cuencas) y las tendencias históricas de la muestra de nivel de concentraciones, temperatura del agua, caudal medio diario, precipitación diaria y temperatura media diaria de cada cuenca estudiada. Los análisis nacieron de las figuras y tablas presentadas en el Anexo B.

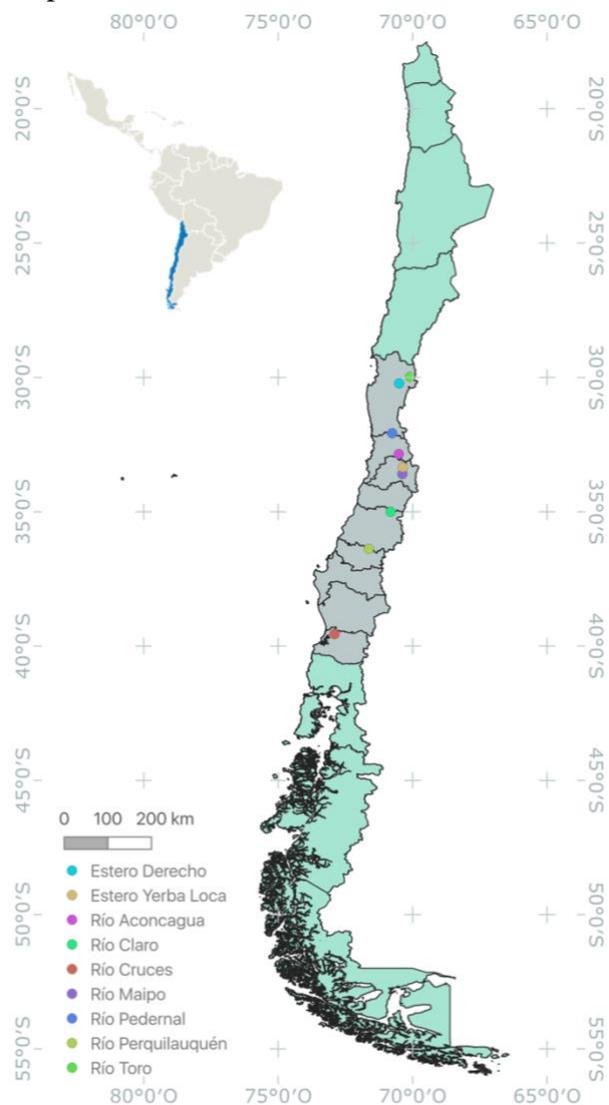


Figura 11: Ubicación de las salidas de las cuencas

4.1.Región de Coquimbo

El Río Toro y el estero Derecho o Río Claro, son parte de la cuenca hidrográfica del río Elqui la que se ubica en la Región de Coquimbo y tiene una extensión total de 9.826 km².

Ambos ríos son parte de red de drenaje de esta cuenca, el estero derecho nace en la alta cordillera y da origen al río Elqui cuando confluye con el río Turbio. Y el río Toro de el origen al río Turbio cuando confluye con el río La Laguna.



Figura 12: puntos de salida cuencas Región de Coquimbo

Río Toro antes de la Junta Río Laguna

La cuenca es de régimen mixto y tiene un área de 467,39 km². El mayor caudal y temperatura es alcanzado en verano y es del orden de 1 m³/s y 10 °C respectivamente, por otro lado, las precipitaciones alcanzan el máximo en invierno y llegan a los 30 mm.

La tendencia histórica de factores hidroclimáticos presenta una tendencia a la baja para caudales y precipitaciones, y al alza para la temperatura.

El comportamiento histórico de concentraciones de potasio disuelto no presenta una tendencia marcada, aunque para los periodos de invierno, primavera y verano se puede observar una tendencia levemente a la baja. En el caso de sodio total, se tiene una marcada tendencia al alza en el periodo de invierno, mientras que para las otras estaciones del año es a la baja.

Estero Derecho en Alcohuz

La cuenca es de régimen nival y tiene un área de 3904,57 km² y una cota promedio 3544 m.s.n.m. El mayor caudal y temperatura es alcanzado en verano y es del orden de 2,5 m³/s y 12,5 °C respectivamente, por otro lado, las precipitaciones alcanzan el máximo en invierno y llegan a los 40 mm.

La tendencia histórica de factores hidroclimáticos presenta una tendencia a la baja para caudales y precipitaciones, y al alza para la temperatura.

El comportamiento histórico de la concentración de bicarbonato presenta una leve tendencia a la baja tanto para el año completo como para cada una de las estaciones meteorológica. Para el periodo de invierno y verano esta tendencia es más marcada, además en esta época no se presentan pics de concentración, lo que puede deberse a la mayor dilución producto de un mayor caudal o al no tener precipitaciones, la escorrentía superficial no transporta este compuesto.

4.2.Región de Valparaíso

El Río Toro y el estero Derecho o Río Claro, son parte de la cuenca hidrográfica del río Elqui la que se ubica en la Región de Coquimbo y tiene una extensión total de 9.826 km².

Ambos ríos son parte de red de drenaje de esta cuenca, el estero derecho nace en la alta cordillera y da origen al río Elqui cuando confluye con el río Turbio. Y el río Toro de el origen al río Turbio cuando confluye con el río La Laguna.

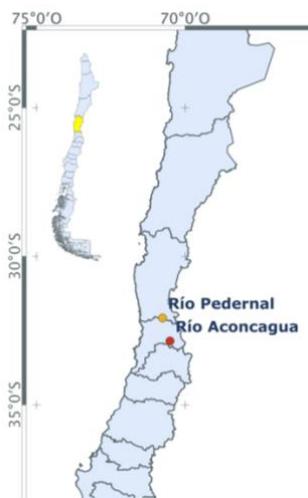


Figura 13: puntos de salida cuenca Región de Valparaíso

Río Pedernal en Tejada

La cuenca es de régimen nivopluvial y tiene un área de 56,11 km² y una cota promedio 1624,57 m.s.n.m. El mayor caudal medio es alcanzado en el mes de octubre y es del orden de 0,68 m³/s, la temperatura media más alta alcanzada es de 17 °C durante el mes de enero, las precipitaciones alcanzan el máximo en el mes de junio y llegan a los 75 mm.

La tendencia histórica de factores hidroclimáticos presenta una tendencia a la baja para precipitaciones y levemente a la baja para caudales, y al alza para la temperatura.

El comportamiento a través de los años para el bicarbonato presenta una tendencia a la baja, la cual es más marcada en verano. Los sólidos disueltos totales no presentan tendencia en otoño e invierno, pero en verano y primavera presentan una tendencia a alza. El sodio total para la estadística del año completo e invierno presenta una marcada tendencia a la baja. El potasio presenta para primavera una tendencia a la baja y para verano al alza. Para sulfato la tendencia muestra un alza para verano y primavera. Las máximas concentraciones se presentan en invierno, época en que el agua presente en la cuenca es producto de precipitaciones, por lo que se pueden entender estos máximos como producto de la escorrentía superficial, también se puede entender como una mayor dilución en verano producto de los deshielos.

Otro indicador de la calidad del agua corresponde a la temperatura de esta, la cual tiene un comportamiento acorde a la temperatura del aire, por lo que el máximo ocurre en verano. No se presenta una tendencia histórica para todo el año, en cambio para la división estacional es distinta según el periodo, al alza para invierno y verano y a la baja para otoño y primavera. Los máximos y mínimos de temperatura se comportan según el esperado dado el clima de la zona.

Río Aconcagua en Chacabuquito

La cuenca es de régimen nival y tiene un área de 56,11 km² y una cota promedio 3177 m.s.n.m. El mayor caudal medio es alcanzado en los meses de diciembre y enero y es del orden de 75 m³/s, la temperatura media más alta alcanzada es de 16 °C durante el mes de enero, las precipitaciones alcanzan el máximo en el mes de mayo y llegan a los 155 mm.

La tendencia histórica de factores hidroclimáticos presenta una tendencia a la baja para precipitaciones y a la baja para caudales, y al alza para la temperatura.

Las tendencias de concentraciones históricas no son concluyentes para potasio disuelto. Para el cloruro, el comportamiento tanto para el análisis del año completo y para separado en estaciones es una tendencia al alza, siendo esta tendencia más marcada en verano y otoño. Los sólidos suspendidos totales, muestra una clara tendencia al alza durante todo el año. Las máximas concentraciones para el cloruro son alcanzadas en la época de otoño e invierno y en el caso del sodio disuelto los pics solo se presentan en invierno. Este comportamiento se puede asociar a escorrentía producto de precipitación. En el caso de los sólidos disueltos, los máximos de

concentración se presentan en invierno y verano, por lo que no hay claridad sobre que proceso asociar a los pics.

4.3.Región Metropolitana

La cuenca del río Maipo en el Manzano y del estero Yerba Loca antes de la junta con el Río San Francisco son parte de la cuenca hidrográfica del Río Maipo. Esta cuenca abarca prácticamente la totalidad de la Región Metropolitana y parte de al quinta y sexta región.

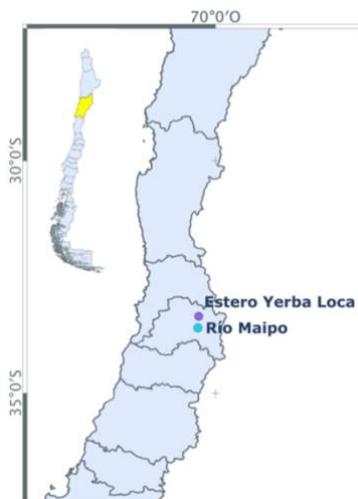


Figura 14: puntos de salida cuencas de la Región Metropolitana

Yerba Loca antes junta San Francisco

La cuenca es de régimen nival y tiene un área de 109,95 km² y una cota promedio 3424 m.s.n.m. El mayor caudal medio es alcanzado en diciembre 2,5 m³/s, la temperatura media más alta alcanzada es de 15 °C durante el mes de enero, las precipitaciones alcanzan el máximo en el mes de junio y llegan a los 125 mm.

La tendencia histórica de factores hidroclimáticos presenta una tendencia a la baja para precipitaciones y levemente a la baja para caudales, y al alza para la temperatura.

El resultado del análisis de tendencias histórica para los parámetros de calidad de agua se tiene que el manganeso total presenta una tendencia al alza para todas las estaciones climáticas y se mueve en el rango de 0,5 a 0,15 mg/l. El potasio total, presenta distintas tendencias según estación, el otoño y verano es una tendencia al alza, donde además se logran sus máximos valores de concentración, mientras que en invierno y primavera la tendencia histórica es a la baja.

Maipo en el Manzano

La cuenca es de régimen nival y tiene un área de 4839 km² y una cota promedio 3181 m.s.n.m. El mayor caudal medio es alcanzado en diciembre y enero, alrededor de 200 m³/s, la temperatura media más alta alcanzada es de 15 °C durante el mes de enero, las precipitaciones alcanzan el máximo en el mes de julio y llegan a los 150 mm.

La tendencia histórica de factores hidroclimáticos presenta una tendencia a la baja para precipitaciones y levemente a la baja para caudales, y al alza para la temperatura.

La tendencia histórica de concentraciones de aluminio total es a la baja para invierno y primavera y al alza para el año completo y verano, en verano además se presentan los valores máximos. Para calcio disuelto, no se presenta una tendencia clara, y los máximos valores se encuentran en otoño. El comportamiento de la concentración del manganeso disuelto a través de los años presenta una tendencia a la baja y sin concentran los valores altos en una estacionalidad. Para el sulfato, la tendencia de concentración es al alza para todas las estaciones excepto en verano, donde además se concentran las concentraciones mas altas. Por último, el comportamiento de los

sólidos disueltos, indica una leve tendencia al alza para todas las estaciones y el año completo y presenta los máximos en invierno.

Otro indicador de la calidad del agua corresponde a la temperatura de esta. No se presenta una tendencia histórica para todo el año y primavera, en cambio para la división estacional es distinta según el periodo, tendencia al alza para invierno y a la baja para otoño y verano. Los máximos y mínimos de temperatura del agua se comportan según el esperado dado el clima de la zona.

4.4.Región de Maule

El río Claro y el río Perquilauquén son parte de la cuenca hidrográfica del río Maule, la que se ubica en la séptima región y su extensión es de 20.295 km². El río Claro drena el sector norte de la cuenca del Maule, su red de captación en la zona cordillerana tiene múltiples ramificaciones producto del volcán Descabezado Grande. El cauce de río Perquilauquén alcanza los 190 km y sirve de red de drenaje para parte de la precordillera andina, de la depresión intermedia y una porción de la cordillera de la costa.

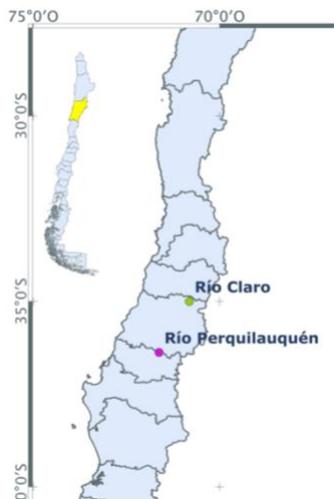


Figura 15: puntos de salida cuenca Región del Maule

Río Claro en los Queñes

La cuenca es de régimen mixto y tiene un área de 354 km² y una cota promedio 1856 m.s.n.m. El mayor caudal medio es alcanzado en noviembre y es del orden de 30 m³/s, la temperatura media más alta alcanzada es de 15 °C durante el mes de enero, las precipitaciones alcanzan el máximo en el mes de junio y llegan a los 345 mm.

La tendencia histórica de factores hidroclimáticos presenta una tendencia a la baja para precipitaciones y levemente a la baja para caudales, y al alza para la temperatura.

El comportamiento histórico de las concentraciones de fierro total, indica una tendencia al alza para todas las estaciones, por ende esta tendencia se mantiene para el año completo, los máximos se concentran en la época de verano. El manganeso, no presenta una tendencia clara, sus valores son pequeños, van desde 0 a 0,2 mg/l, sus máximos tienen una marcada estacionalidad en verano. El último metal estudiado en esta cuenca es el aluminio total, con valores del orden de 0 a 5 mg/l, presenta una tendencia a la baja para todas las estaciones, y al igual que el fierro total y el manganeso, sus máximos se concentran en verano. El sodio disuelto, presenta una tendencia al alza para otoño, verano y el año completo, mientras que en invierno y primavera se presenta una tendencia a la baja, sus máximos se concentran en verano. Por último, los sólidos disueltos totales presentan una tendencia al alza para todas las estaciones, siendo para el año completo y otoño más leve, los máximos se concentran en invierno.

Otro indicador de la calidad del agua corresponde a la temperatura de esta. No se presenta una tendencia histórica para todo el año, en cambio para la división estacional es distinta según el

periodo, al alza para otoño, primavera y verano y a la baja para invierno. Los máximos y mínimos de temperatura se comportan según el esperado dado el clima de la zona.

Río Pequilauquén en San Manuel

La cuenca es de régimen pluvial y tiene un área de 502 km² y una cota promedio 1100 m.s.n.m. El los cuadales más altos se corresponden con las precipitaciones de la cuenca, los caudales medios mensuales son del alrededor de 85 m³/s y las precipitaciones mensuales acumuladas de 400 mm, ambos máximos se registran en junio. La temperatura media más alta alcanzada es de 16 °C durante el mes de enero.

La tendencia histórica de factores hidroclimáticos presenta una tendencia a la baja para precipitaciones y levemente a la baja para caudales, y al alza para la temperatura.

El fierro total, se mueve en un rango de 0 a 0,8 mg/l y no presenta una tendencia histórica de concentración para el año completo, invierno, primavera y otoño, para verano, se presenta una tendencia al alza; la estacionalidad de los máximos se presenta en invierno. El fósforo de ortofosfato y el nitrógeno de nitrato tienen una gran cantidad de valores de concentración ceros, excepto para el nitrógeno de nitrato en primavera dónde se presenta una marcada tendencia al alza. La tendencia histórica de concentraciones de bicarbonato es a la baja para el año completo. Los sólidos disueltos totales, presentan una leve tendencia al alza y los valores máximos se presentan en otoño y verano.

Otro indicador de la calidad del agua corresponde a la temperatura de esta. Para esta cuenca se presenta una tendencia a la baja tanto para el año completo y la discretización por estaciones, en verano esta tendencia a la baja es más marcada. Los máximos y mínimos de temperatura se comportan según el esperado dado el clima de la zona.

4.5.Región de Los Ríos

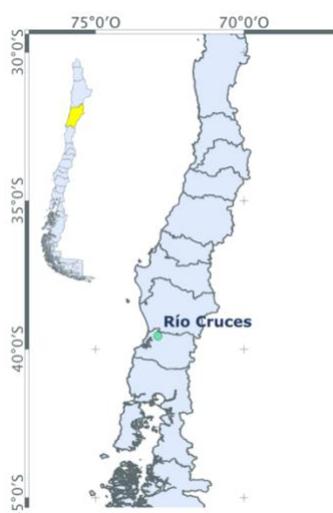


Figura 16: puntos de salida cuenca Región de los Ríos

Río Cruces en Rucaco

El río Cruces al encontrarse con el río Calle Calle forman el río Valdivia, por lo que el río Cruces forma parte de la cuenca hidrográfica del río Valdivia.

La cuenca es de régimen pluvial y tiene un área de 1804 km² y una cota promedio 281 m.s.n.m. Los caudales más altos se corresponden con las precipitaciones de la cuenca las que ocurren en invierno, los caudales medios mensuales son del alrededor de 200 m³/s y las precipitaciones mensuales acumuladas de 350 mm, ambos máximos se registran en el mes de junio. La temperatura media más alta alcanzada es de 15 °C durante el mes de enero.

La tendencia histórica de factores hidroclimáticos presenta una tendencia a la baja para precipitaciones y levemente a la baja para caudales, y al alza para la temperatura.

La tendencia histórica de concentraciones para bicarbonato es al alza para año completo, otoño, primavera y verano, y para invierno es a la baja, la estacionalidad de los máximos se presenta en otoño. El magnesio disuelto, presenta una tendencia al alza marcada para la época de otoño y verano, y menos marcado para año completo e invierno, primavera presenta una tendencia a la baja, no hay estacionalidad en los máximos.

5. Resultados

En esta sección se presentan los resultados de la aplicación de la metodología explicitada anteriormente. Los resultados se entregan separados por cuenca y por cada parámetro de calidad con correlaciones estadísticamente significativas. Se presentan los coeficientes del ajuste del modelo, el modelo ajustado y su resultado para la proyección de cada GCM.

Los resultados se presentan mediante un gráfico de boxplot, los que se utilizan como una forma rápida de comparar conjunto de datos a través de valores característicos. En la Figura 17, se esquematiza su interpretación. Los boxplots presentan el máximo y el mínimo, el cuartil superior y el inferior y la mediana de la muestra (Potter, K. 2006). Los resultados entregados se estructuran para realizar una comparación entre los periodos histórico (de la muestra de los datos de la DGA y la muestra generada con el modelo) y las proyecciones a futuro. Además se muestra gráficamente la influencia del ECM en los resultados del modelo.

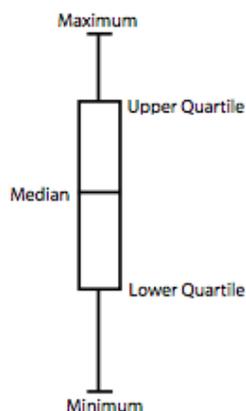


Figura 17: esquema interpretación Boxplot (Adaptado de Potter, K. 2006)

5.1.Región de Coquimbo

Río Toro antes junta Río La Laguna

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de potasio disuelto se presentan en la Tabla 7, el mayor R_2 y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal, temperatura y precipitación diaria acumulada de la estación meteorológica anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 7: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para potasio disuelto en estación meteorológica verano

Verano			
Nº Datos: 10	K ~ caudal	K ~ caudal + temperatura	K ~ caudal + temperatura + Pestacion_
Modelo			
R ₂ ajustado	0,585	0,617	0,663
p-value	8,E-06	2,E-05	1,E-05
AIC	111,411	110,364	108,154

Verano			
Nº Datos: 10	K ~ caudal	K ~ caudal + temperatura	K ~ caudal + temperatura + Pestacion_
Validación Cruzada			
ECM	3,327	3,131	2,893

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$K_{disuelto}_{verano} = 14,48 + -9,75 \cdot caudal + 0,47 \cdot temperatura + -0,13 \cdot Pestacion_$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del potasio disuelto en el periodo de primavera. En la Figura 18 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático. Para potasio disuelto no se señala el límite en el Anteproyecto de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Elquí (Ministerios de Medio Ambiente, 2016)

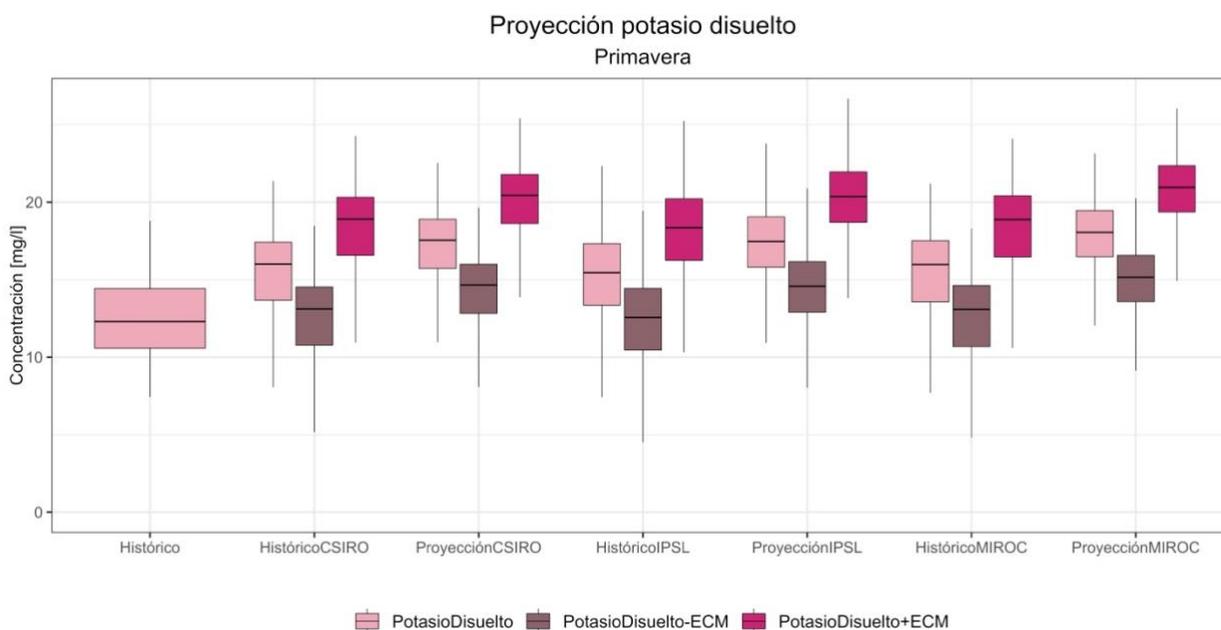


Figura 18: Proyección de niveles de concentración de potasio disuelto. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2010, en total 158 datos (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060

El siguiente parámetro de calidad del agua que presenta una correlación significativa es el sodio total, los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de concentración futura se presentan en la Tabla 11, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y precipitación acumulada de la estación, por lo que esos parámetros defienden el modelo.

Tabla 8: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para sodio total en estación meteorológica verano

Primavera			
Nº Datos: 10	NaT ~ caudal	NaT ~ caudal + Pacumulada	NaT ~ caudal + Pacumulada + temperatura
Modelo			
R ² ajustado	0,406	0,675	0,625
p-value	3,E-02	8,E-03	3,E-02
AIC	98,034	92,684	94,545
Validación Cruzada			
ECM	28,671	21,759	22,376

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$NaTotal_{primavera} = 184,28 + -99,59 \cdot caudal + 2,92 \cdot Pacumulada$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del cloruro en el periodo de primavera. En la Figura 19 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático. Para sodio total no se señala el límite en el Anteproyecto de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Elquí (Ministerios de Medio Ambiente, 2016)

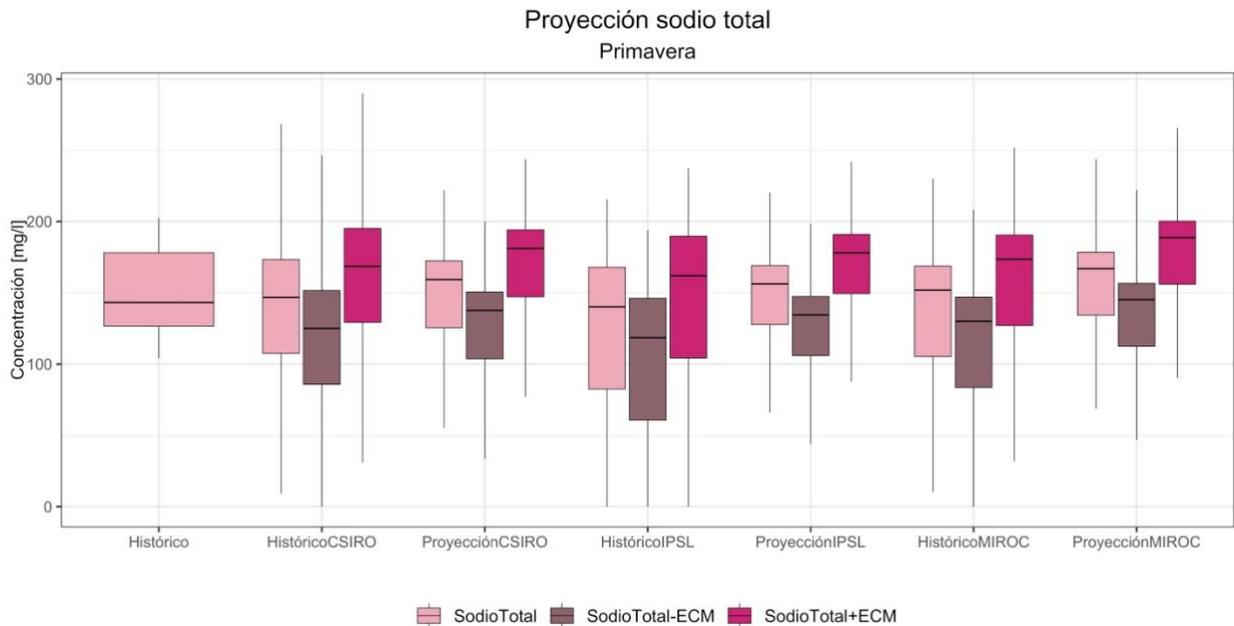


Figura 19: Proyección de niveles de concentración de sodio total. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 2010 a 2018, en total 51 datos (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Estrecho Derecho en Alcohuaz

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de bicarbonato se presentan en la Tabla 9, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal, temperatura y precipitación acumulada de la estación, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 9: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para bicarbonato en estación meteorológica verano

Verano			
Nº Datos: 18	BiC ~ caudal	BiC ~ caudal + temperatura_	BiC ~ caudal + temperatura + Pacumulada
Modelo			
R ² ajustado	0,688	0,727	0,725
p-value	1,E-05	2,E-05	9,E-05
AIC	118,835	117,314	118,186
Validación Cruzada			
ECM	6,299	5,992	6,463

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Bicarbonato}_{\text{verano}} = 78,29 + -7,53 \cdot \text{caudal} + -1,26 \cdot \text{temperatura}_$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del potasio disuelto en el periodo de primavera. En la Figura 20 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático. Para potasio disuelto no se señala el límite en el Anteproyecto de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Elquí (Ministerios de Medio Ambiente, 2016)

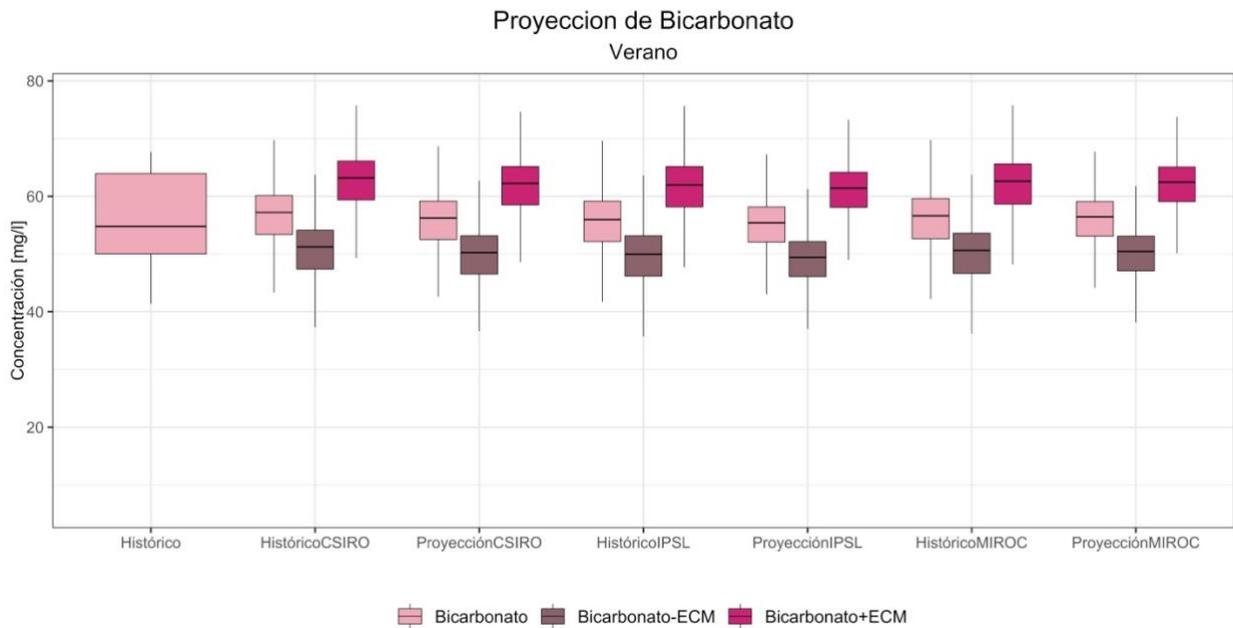


Figura 20: Proyección de niveles de concentración de bicarbonato. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1984 a 2006, en total 83 datos (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

5.2.Región de Valparaíso

Río Aconcagua en Chacabuquito

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Cloruro se presentan en la Tabla 10, el mayor R^2 y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y temperatura del día anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 10: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para cloruro en estación meteorológica primavera

Primavera			
N° Datos: 27	Cl ~ Q	Cl ~ Q + T ₋	Cl ~ Q + T ₋ + Pest
Modelo			
R ₂ ajustado	0,44	0,58	0,56
p-value	0,00	0,00	0,00
AIC	161,08	154,33	156,01
Validación Cruzada			
ECM	4,73	4,18	4,29

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$Cloruro_{primavera} = 24,12 - 0,06 \cdot caudal - 0,62 \cdot temperatura_{-}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del cloruro en el periodo de primavera. En la Figura 21 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido en el Anteproyecto de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Aconcagua (Ministerios de Medio Ambiente, 2017)

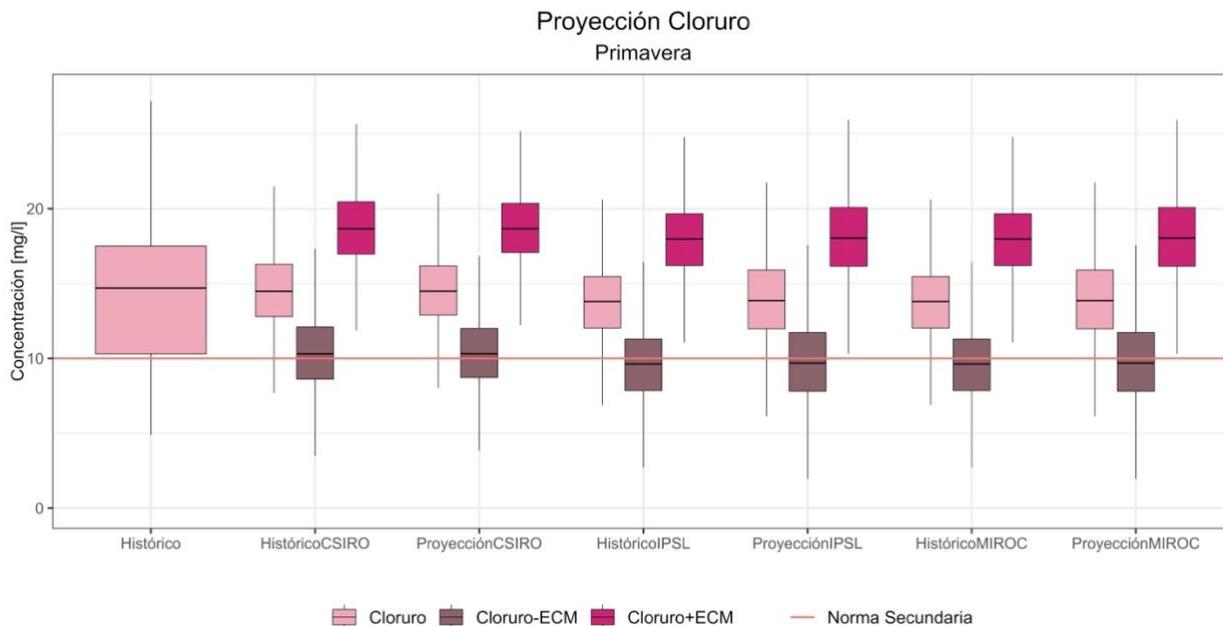


Figura 21: Proyección de niveles de concentración de cloruro. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1984 a 2018, número de datos 106 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

El siguiente parámetro de calidad del agua que presenta una correlación significativa es el Sodio Total, los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de concentración futura se presentan en la Tabla 11, el mayor R^2 y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y precipitación acumulada de la estación, por lo que esos parámetros defienden el modelo.

El valor del Sodio Total se obtiene a través de “Espectrofotometría de absorción atómica” y en este caso el ajuste significativo se aplica a el año completo.

Tabla 11: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para Sodio Total para todas las estaciones meteorológicas del año.

Completo			
Nº Datos: 18	Na ~ Q	Na ~ Q+ Pest	Na ~ Q+ Pest + T_a
Modelo			
R2 ajustado	0,63	0,75	0,73
p-value	0,00	0,00	0,00
AIC	111,45	105,41	107,21
Validación Cruzada			
ECM	5,12	4,66	5,00
R2	0,56	0,64	0,59

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$NaTot_{completo} = 26,81 - 0,48 \cdot caudal + 0,02 \cdot Pacumulda$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del Sodio Total para el año completo. En Figura 22 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y en este caso no existe un límite establecido en la norma de calidad del agua secundaria para la cuenca del río Aconcagua para el Sodio Total

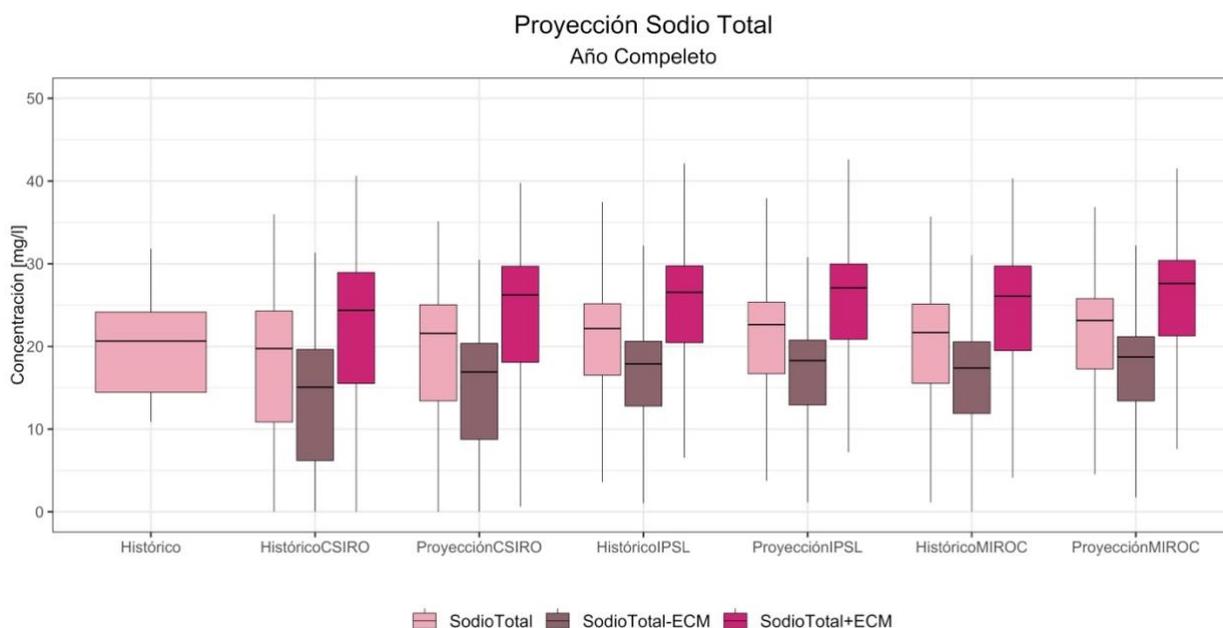


Figura 22: Proyección de niveles de concentración de sodio total. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1984 a 2018, el número de datos es 25 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de sólidos disueltos totales se presentan en la Tabla 12, el mayor R2 y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal, precipitación acumulada de la estación anterior y temperatura media diaria, por lo que esos parámetros definen el modelo.

Tabla 12: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para SDT en estación meteorológica invierno

Invierno			
Nº Datos: 24	SDT ~ caudal	SDT ~ caudal + Pestacion_	SDT ~ caudal + Pestacion_ + temperatura
Modelo			
R2 ajustado	0,57	0,65	0,72
p-value	0,000011	0,000005	0,000002
AIC	296,82	292,69	288,46
Validación Cruzada			
ECM	128,99	110,35	113,03
R2	0,46	0,58	0,57

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$SDT_{invierno} = 928 - 11,44 \cdot Q - 1,32 \cdot P_{est,a} + 12,7 \cdot T$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del sólidos disueltos totales para el periodo de invierno. En la Figura 23 presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y en este caso no existe un límite establecido en la norma de calidad del agua secundaria para la cuenca del río Aconcagua para sólidos disueltos totales.

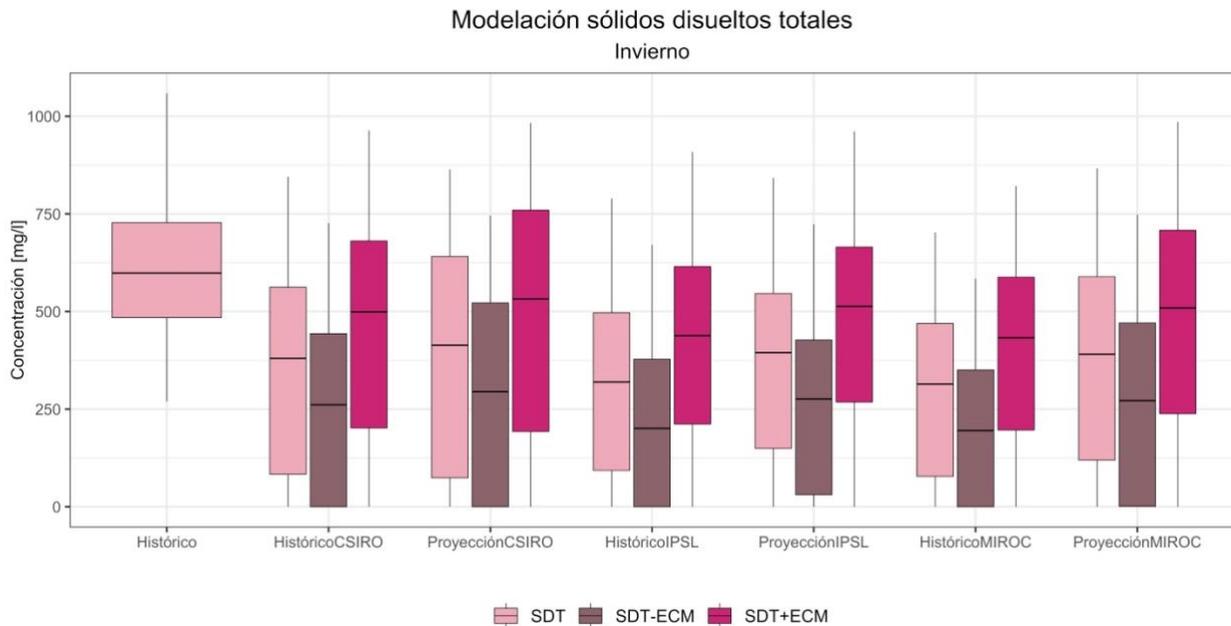


Figura 23: Proyección de niveles de concentración de sodio total. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1984 a 2018, el número de datos es 124 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Río Pedernal en Tejada

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de potasio se presentan en la Tabla 13, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y temperatura del día anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 13: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para potasio total para todas las estaciones meteorológicas

Todas las estaciones			
Nº Datos: 17	K ~ caudal	K ~ caudal + temperatura_	K ~ caudal + temperatura_ + Pacumulada
Modelo			
R ² ajustado	0,926	0,936	0,934
p-value	4,E-10	2,E-09	2,E-08
AIC	-20,094	-21,758	-20,705
Validación Cruzada			
ECM	0,352	0,184	0,470

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$K_{Total_{completo}} = 0,38 + 1,01 \cdot caudal + 0,012 \cdot temperatura$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del potasio para todo el año. En la Figura 24 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

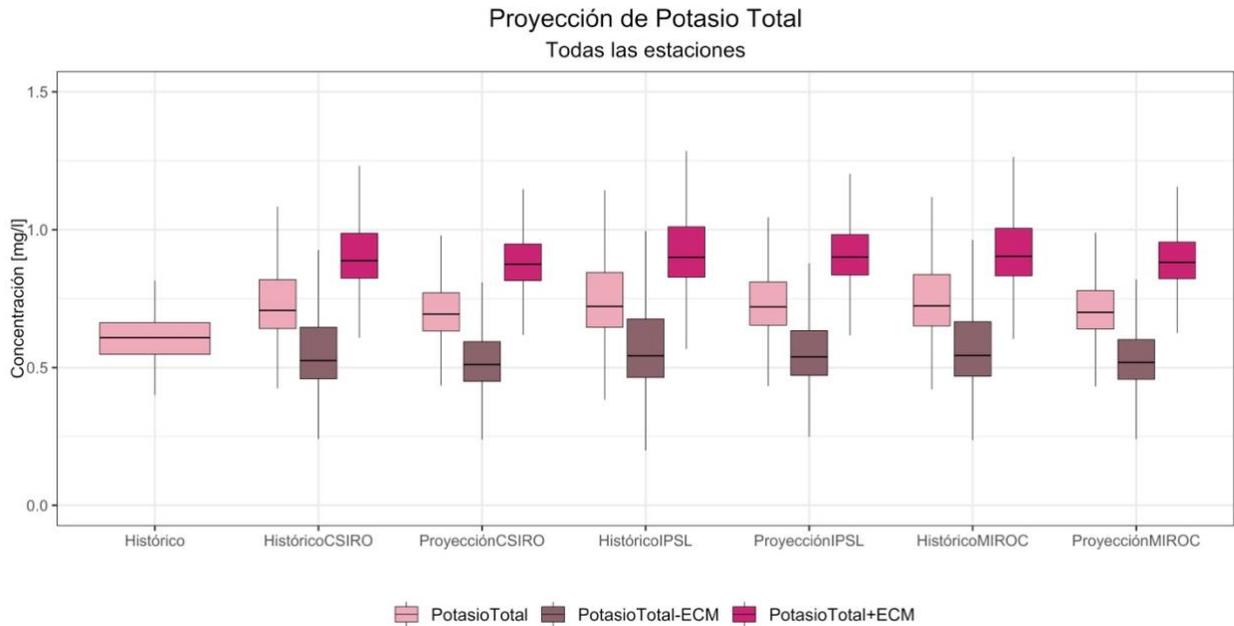


Figura 24: Proyección de niveles de concentración de cloruro. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 2010 a 2019, número de datos 22 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

El siguiente parámetro de calidad del agua que presenta una correlación significativa es el sulfato, los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de concentración futura se presentan en la Tabla 14, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por un parámetro: temperatura.

Tabla 14: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para sulfato para verano

Verano			
Nº Datos: 16	SO ₄ ~ temperatura	SO ₄ ~ temperatura + caudal	SO ₄ ~ temperatura + caudal + Pacumulada
Modelo			
R ₂ ajustado	0,713	0,756	0,736
p-value	2,E-05	4,E-05	2,E-04
AIC	116,691	114,916	116,897
Validación Cruzada			
ECM	8,734	10,566	11,107

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$SO_{4\text{Verano}} = 179,16 + -6,88 \cdot \text{temperatura}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de los sulfatos para verano. En la Figura 25 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido los requisitos de calidad del agua para diferentes usos, límite de riego.(Instituto nacional de normalización, 1987)

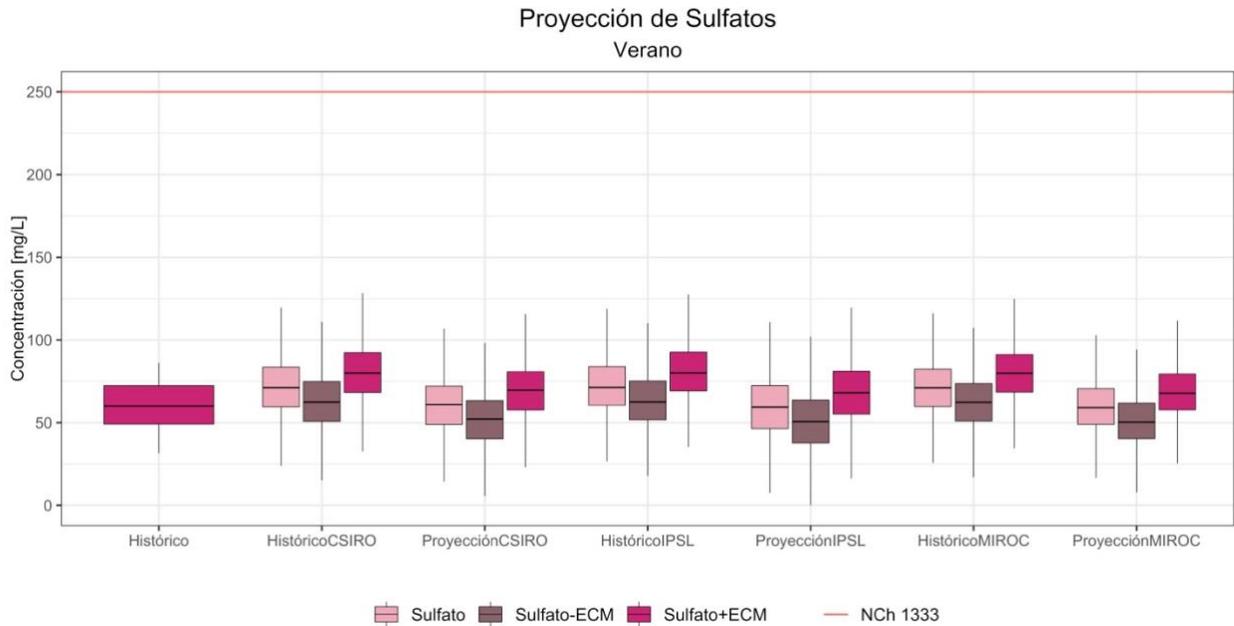


Figura 25: Proyección de niveles de concentración de sulfato. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1984 a 2018, el número de datos es 58 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1996 a 2019 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de sólidos disueltos totales se presentan en la Tabla 15: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para SDT en estación meteorológica verano Tabla 10, el mayor R^2 y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y temperatura del día anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 15: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para SDT en estación meteorológica verano

Verano			
Nº Datos: 20	SDT ~ caudal	SDT ~ caudal + temperatura_	SDT ~ caudal + temperatura_ + Pacumulada
Modelo			
R2 ajustado	0,678	0,775	0,770
p-value	5,E-06	1,E-06	6,E-06
AIC	209,602	203,245	204,513
Validación Cruzada			
ECM	60,330	48,781	49,691

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$SDT_{\text{verano}} = 685 + -719 \cdot \text{caudal} + -13 \cdot \text{temperatura}_$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de sólidos disueltos totales en el periodo de verano. En la Figura 26 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido los requisitos de calidad

del agua para diferentes usos, límite de riego sin efectos perjudiciales.(Instituto nacional de normalización, 1987)

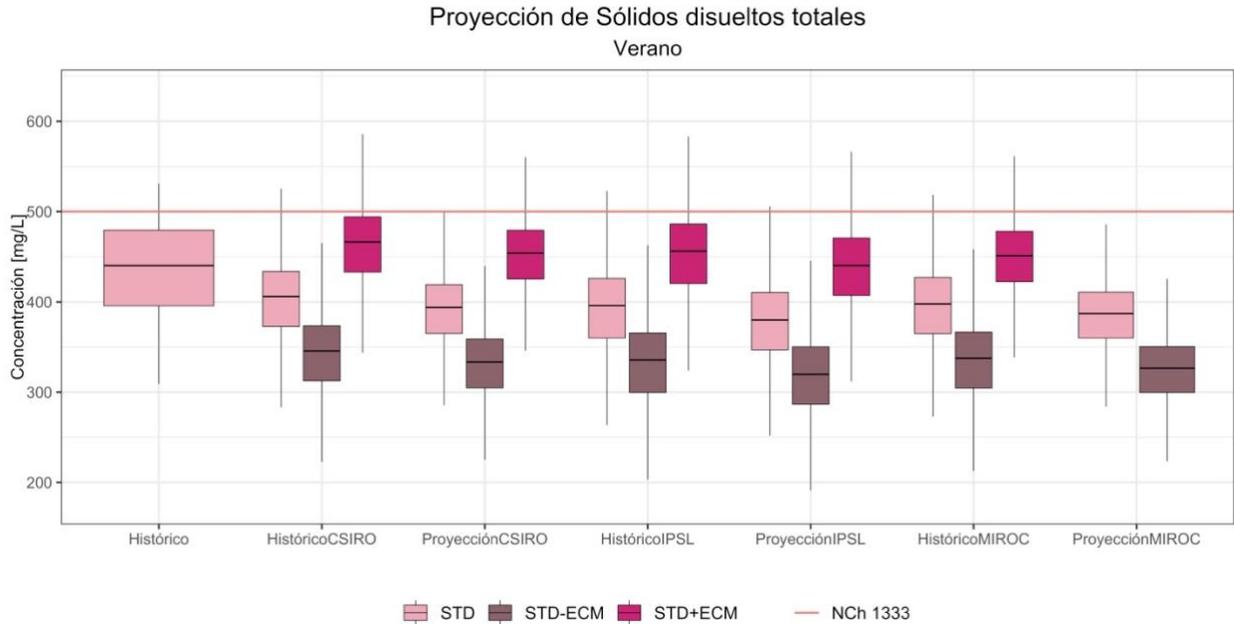


Figura 26: Proyección de niveles de concentración de cloruro. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1994 a 2019, número de datos 78(fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

El siguiente parámetro de calidad del agua que presenta una correlación significativa es el de temperatura del agua, los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de temperatura futura se presentan en la Tabla 16: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para temperatura del agua para todas las estaciones meteorológicas del año., el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y precipitación acumulada de la estación, por lo que esos parámetros defienden el modelo.

Tabla 16: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para temperatura del agua para todas las estaciones meteorológicas del año.

Todas las estaciones			
Nº Datos: 67	TH ₂ O ~ temperatura_	TH ₂ O ~ temperatura_ + caudal	T H ₂ O ~ temperatura_ + caudal + Pestacion_
Modelo			
R ₂ ajustado	0,677	0,717	0,715
p-value	2,E-16	2,E-16	2,E-16
AIC	318,244	310,205	311,843
Validación Cruzada			
ECM	2,551	2,415	2,506

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$TH_2O = 2,49 + 0,68 \cdot temperatura_ + -1,46 \cdot caudal$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del Sodio Total para el año completo. En la Figura 27 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y en este caso no existe un límite establecido en la norma de calidad del agua secundaria para la cuenca del río Aconcagua.

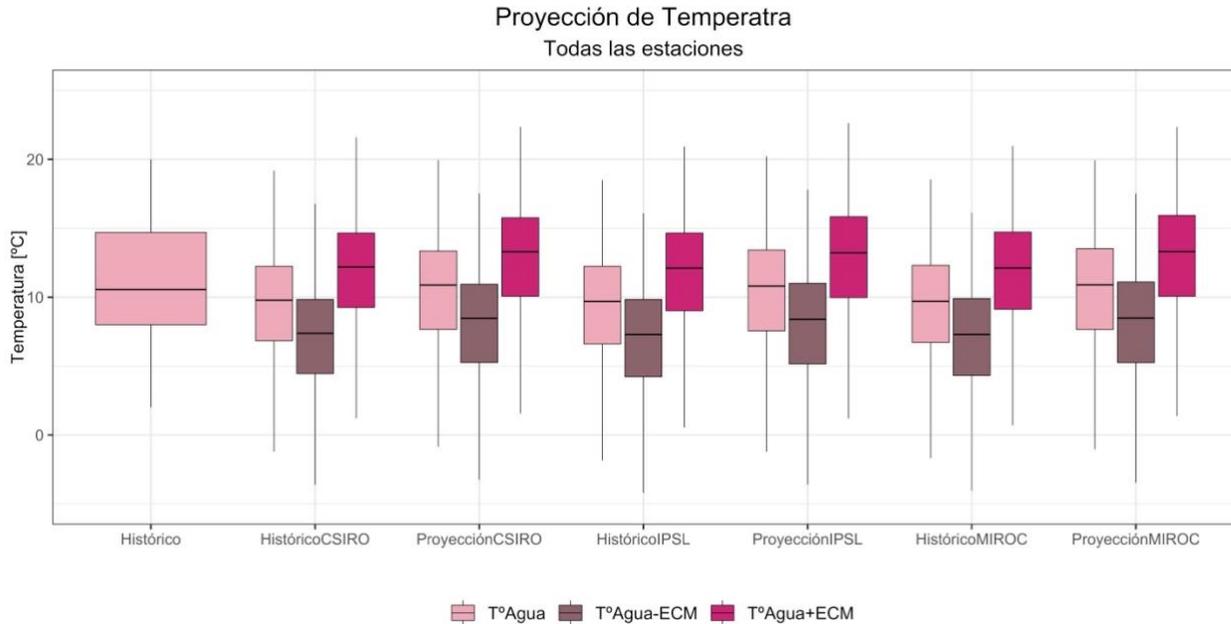


Figura 27: Proyección de temperatura del agua. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1994 a 2019, el número de datos es 77 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

5.3.Región Metropolitana

Maipo en el Manzano

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Cloruro se presentan en la Tabla 17, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal y temperatura del día anterior y precipitación del día anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 17: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para cloruro para todas las estaciones meteorológicas

Todas las estaciones			
Nº Datos: 108	Cl ~ caudal	Cl ~ caudal + temperatura_	Cl ~ caudal + temperatura_ + P_
Modelo			
R ² ajustado	0,661	0,688	0,700
p-value	2,E-16	2,E-16	2,E-16
AIC	1096,860	1088,796	1085,336

Todas las estaciones			
N° Datos: 108	Cl ~ caudal	Cl ~ caudal + temperatura_	Cl ~ caudal + temperatura_ + P_
Validación Cruzada			
ECM	38,912	37,350	36,704

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Cloruro} = 239,54 + -0,57 \cdot \text{caudal} + -2,67 \cdot \text{temperatura}_ + -1,75 \cdot P_$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de cloruro para todas las estaciones. En la Figura 28 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido en la norma de calidad del agua secundaria para la cuenca del río Maipo, publicada el año 2014.

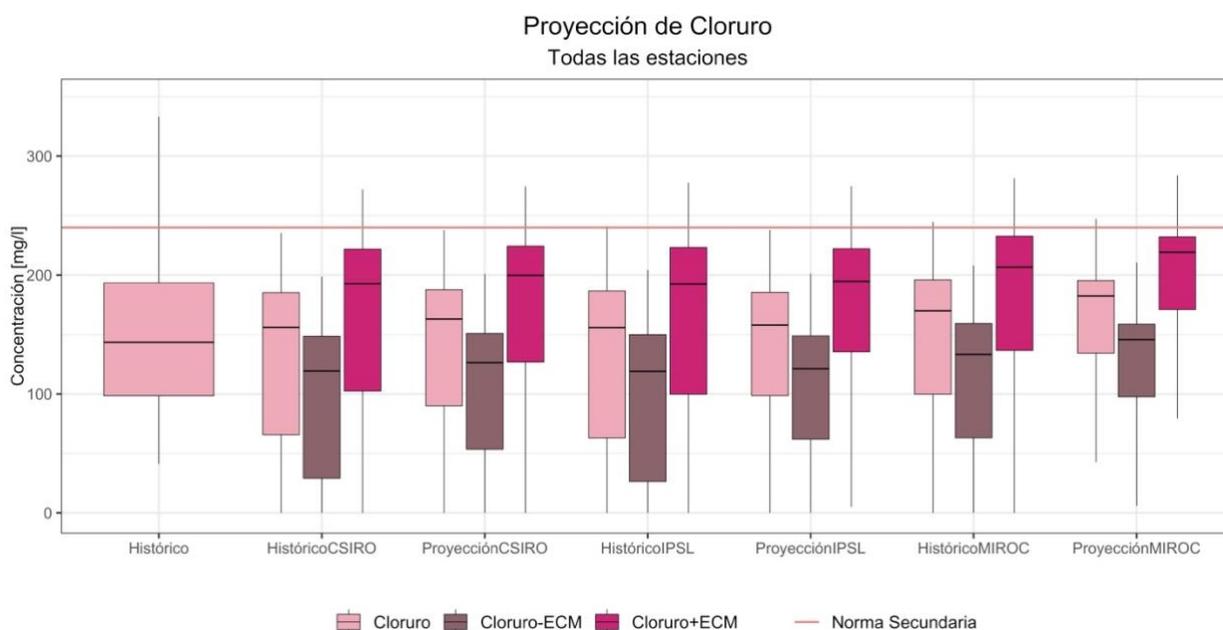


Figura 28: Proyección de niveles de concentración de sodio total. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2018, el número de datos es 125 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Cloruro se presentan en la Tabla 18, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y precipitación diaria, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 18: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para cloruro en otoño

Otoño			
Nº Datos: 23	Cl ~ caudal	Cl ~ caudal + Pdiaria	Cl ~ caudal + Pdiaria + temperatura_
Modelo			
R2 ajustado	0,772	0,792	0,793
p-value	2,E-08	6,E-08	3,E-07
AIC	208,635	207,351	208,017
Validación Cruzada			
ECM	21,575	20,555	22,405

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Cloruro} = 294,74 + -1,65 \cdot \text{caudal} + -0,74 \cdot P_{diaria}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de cloruro para la estación de otoño. En la Figura 29 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido en la norma de calidad del agua secundaria para la cuenca del río Maipo, publicada el año 2014.

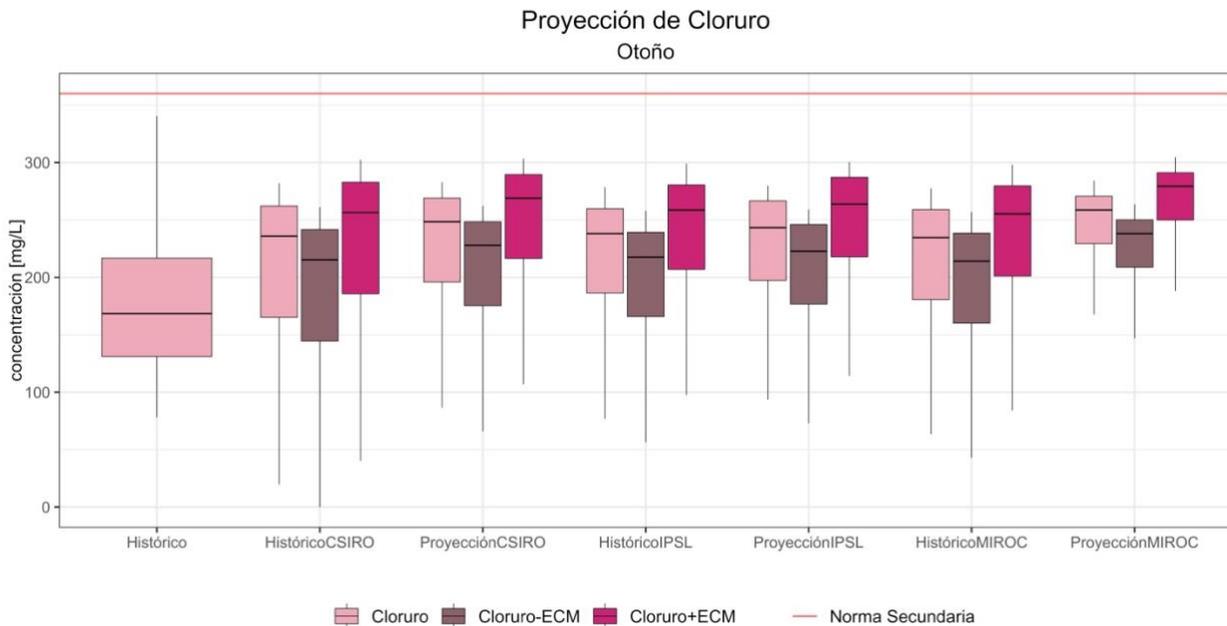


Figura 29: Proyección de niveles de concentración de cloruro. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2018, el número de datos es 29 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Cloruro se presentan en la Tabla 18, el mayor R2 y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal, temperatura del día anterior y precipitación acumulada de la estación, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 19: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para cloruro total para primavera

Primavera			
Nº Datos: 29	Cl ~ caudal	Cl ~ caudal + temperatura_	Cl ~ caudal + temperatura_ + Pacumulada
Modelo			
R ² ajustado	0,664	0,737	0,758
p-value	4,E-08	1,E-08	2,E-08
AIC	267,090	260,918	259,355
Validación Cruzada			
ECM	24,439	22,065	21,208

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Cloruro} = 238,13 + -0,78 \cdot \text{caudal} + -1,78 \cdot \text{temperatura}_- + 0,14 \cdot P_{\text{acumulada}}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de cloruro para primavera. En la Figura 30 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido en la norma de calidad del agua secundaria para la cuenca del río Maipo, publicada el año 2014.

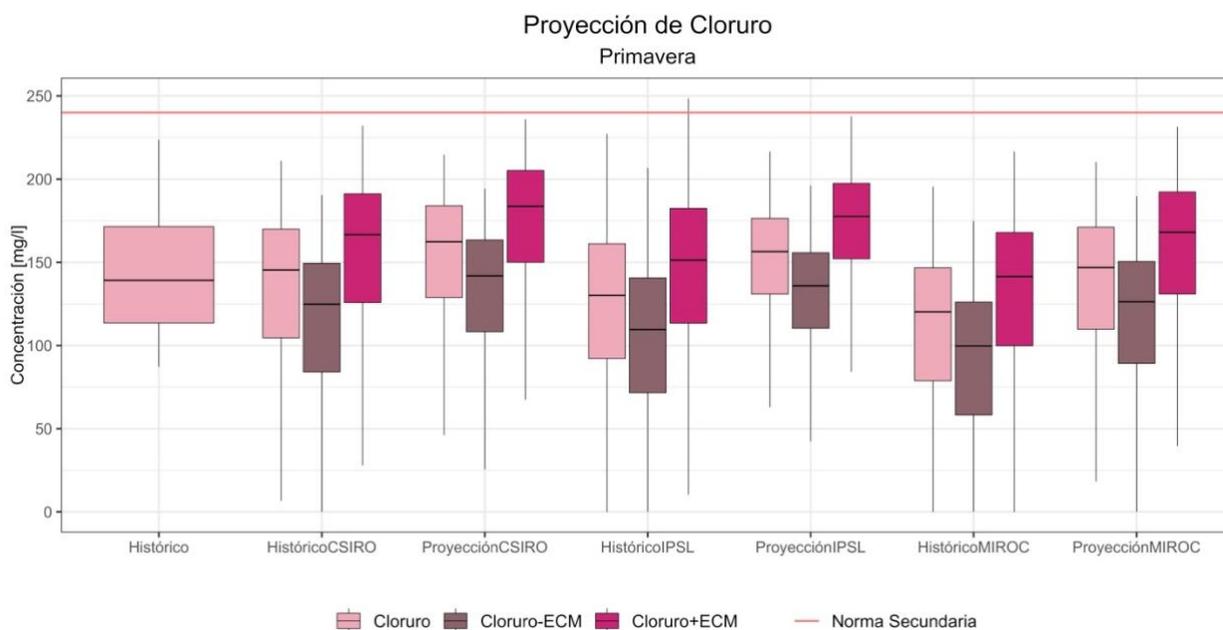


Figura 30: Proyección de niveles de concentración de cloruro. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2018, el número de datos es 30 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Cloruro se presentan en la Tabla 20, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y precipitación del día anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 20: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para cloruro para invierno

Invierno			
Nº Datos: 27	Cl ~ caudal	Cl ~ caudal + P ₋	Cl ~ caudal + P ₋ + temperatura
Modelo			
R ₂ ajustado	0,609	0,626	0,624
p-value	1,E-06	3,E-06	1,E-05
AIC	275,609	275,291	276,284
Validación Cruzada			
ECM	39,104	37,804	38,906

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Cloruro} = 350,72 + -2,17 \cdot \text{caudal} + -1,81 \cdot P_{-}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de cloruro para todas las estaciones. En la Figura 31 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido en la norma de calidad del agua secundaria para la cuenca del río Maipo, publicada el año 2014.

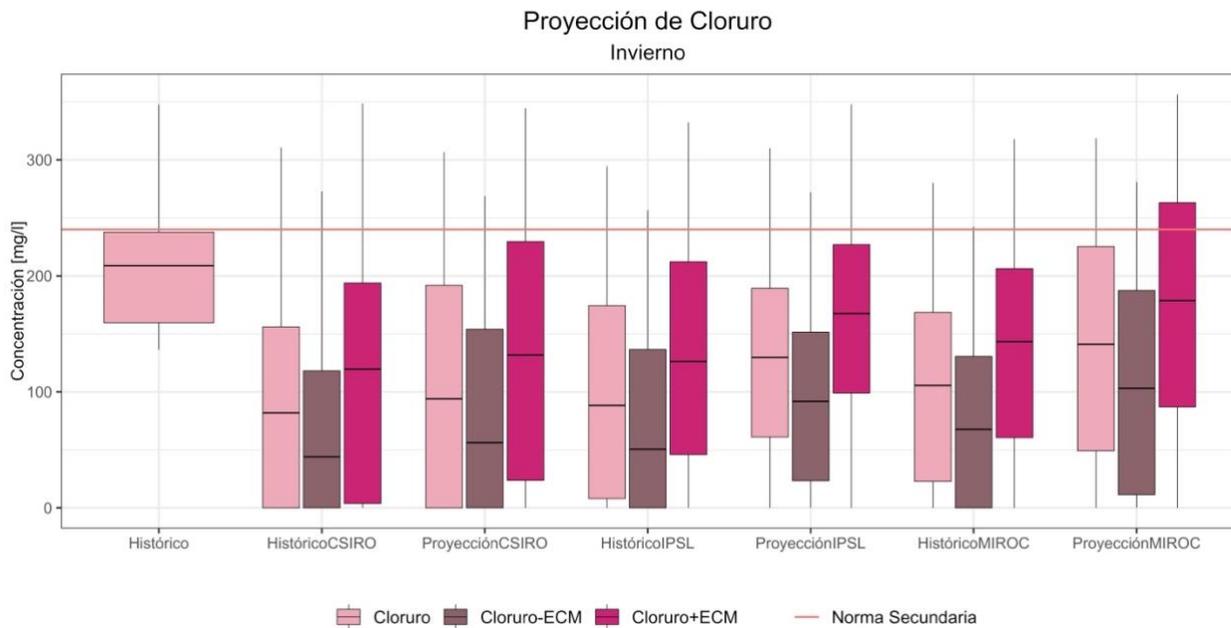


Figura 31: Proyección de niveles de concentración cloruro. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2018, el número de datos es 29 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Cloruro se presentan en la Tabla 21, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal y temperatura del día anterior y precipitación acumulada de la estación, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 21: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para total para cloruro todas las estaciones meteorológicas

Verano			
Nº Datos: 29	Cl ~ caudal	Cl ~ caudal + temperatura_	Cl ~ caudal + temperatura_ + Pacumulada
Modelo			
R2 ajustado	0,643	0,685	0,693
p-valor	1,E-07	1,E-07	3,E-07
AIC	254,749	252,069	252,166
Validación Cruzada			
ECM	19,708	19,022	18,935

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Cloruro} = 159,34 + -0,3 \cdot \text{caudal} + -0,87 \cdot \text{temperatura}_ + -0,15 \cdot P_{\text{acumulada}}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de cloruro para la estación de verano. En la Figura 32 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido en la norma de calidad del agua secundaria para la cuenca del río Maipo, publicada el año 2014.

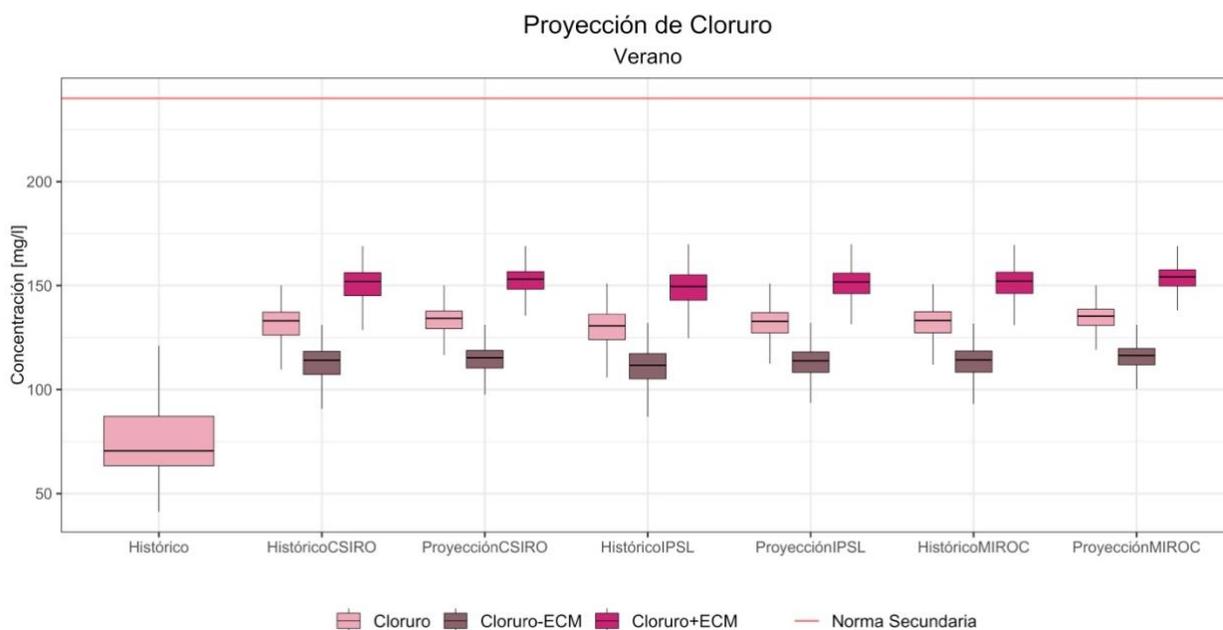


Figura 32: Proyección de niveles de concentración de cloruro. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2018, el número de datos es 33 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de sodio disuelto se presentan en la Tabla 22, el mayor R2 y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal y temperatura del día anterior y precipitación del día anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 22: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para cloruro total para todas las estaciones meteorológicas

Completo			
Nº Datos: 85	NaD ~ caudal	NaD ~ caudal + temperatura_	NaD ~ caudal + temperatura_ + P_
Modelo			
R ₂	0,718	0,743	0,752
R ₂ ajustado	0,714	0,737	0,743
p-valor	2,E-16	2,E-16	2,E-16
AIC	740,799	737,672	733,612
Validación Cruzada			
ECM	18,901	18,210	18,159

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Sodio disuelto} = 136,06 + -0,3 \cdot \text{caudal} + -1,27 \cdot \text{temperatura}_ + -0,65 \cdot P_$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de sodio disuelto para el año completo. En la Figura 32 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido en la norma de calidad del agua secundaria para la cuenca del río Maipo, publicada el año 2014.

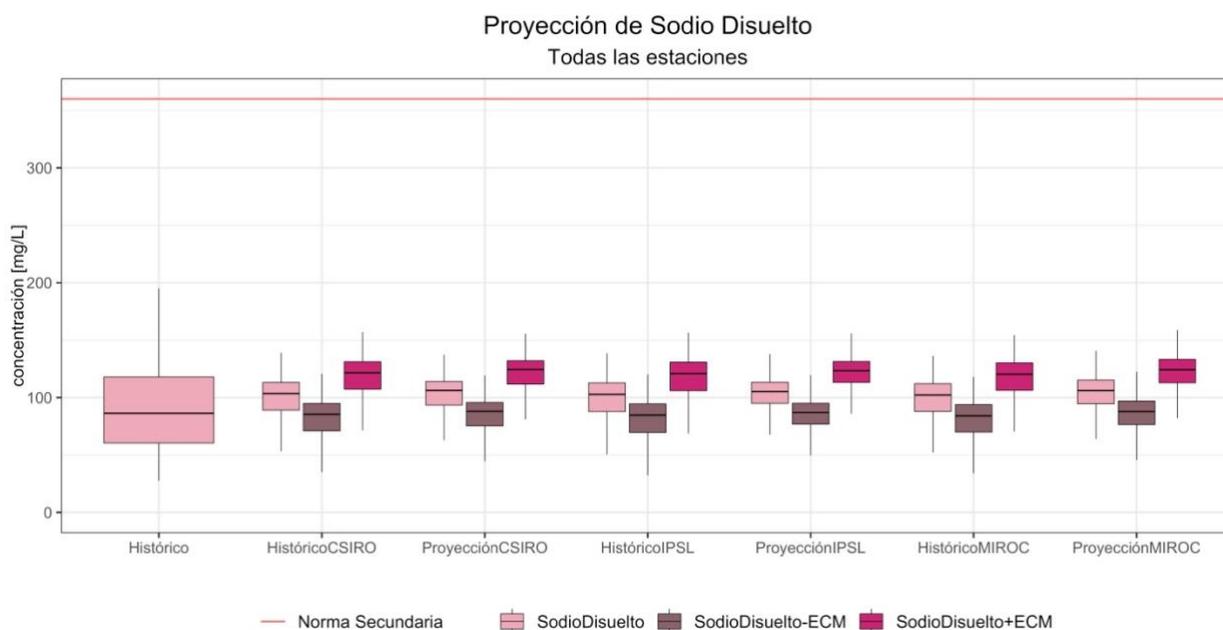


Figura 33: Proyección de niveles de concentración de cloruro. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2011, número de datos 100 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de sodio disuelto se presentan en la Tabla 23, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y precipitación acumulada, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 23: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para sodio disuelto para primavera

Primavera			
Nº Datos: 23	NaD ~ caudal	NaD ~ caudal + Pacumulada	caudal + Pacumulada + temperatura
Modelo			
R ² ajustado	0,695	0,734	0,720
p-valor	5,E-07	7,E-07	4,E-06
AIC	186,940	184,700	186,648
Validación Cruzada			
ECM	13,595	12,592	13,761

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Sodio disuelto} = 142,82 + -0,53 \cdot \text{caudal} + 0,16 \cdot P_{\text{acumulada}}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de sodio disuelto para primavera. En la Figura 34.

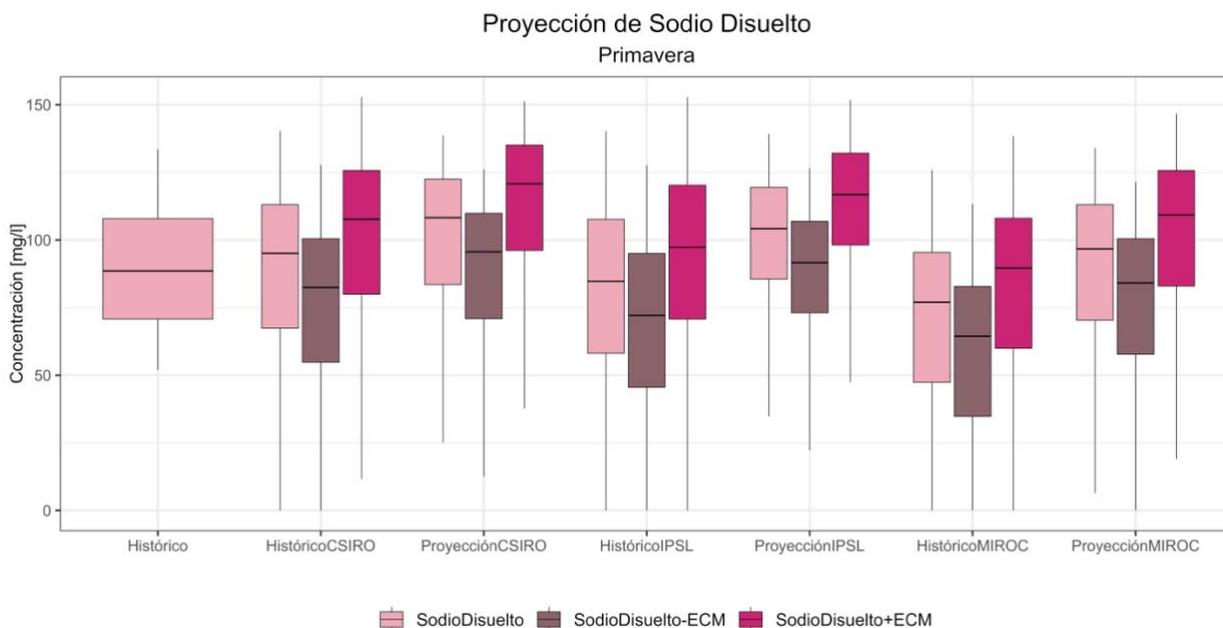


Figura 34: Proyección de niveles de concentración de sodio disuelto. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2018, el número de datos es 24 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de sulfato se presentan en la Tabla 24, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal, temperatura del día anterior y precipitación acumulada, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 24: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para el sulfato en otoño

Otoño			
Nº Datos: 22	SO4 ~ caudal	SO4 ~ caudal + temperatura_	SO4 ~ caudal + temperatura_ + Pacumulada
Modelo			
R ₂ ajustado	0,560	0,703	0,738
p- valor	4,E-05	4,E-06	5,E-06
AIC	231,464	223,679	221,755
Validación Cruzada			
ECM	46,178	38,588	37,485

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Sulfato} = 445,04 + -1,62 \cdot \text{caudal} + 7,79 \cdot \text{temperatura}_- + -0,09 \cdot P_{\text{acumulada}}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de cloruro para la estación de otoño. En la Figura 29 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

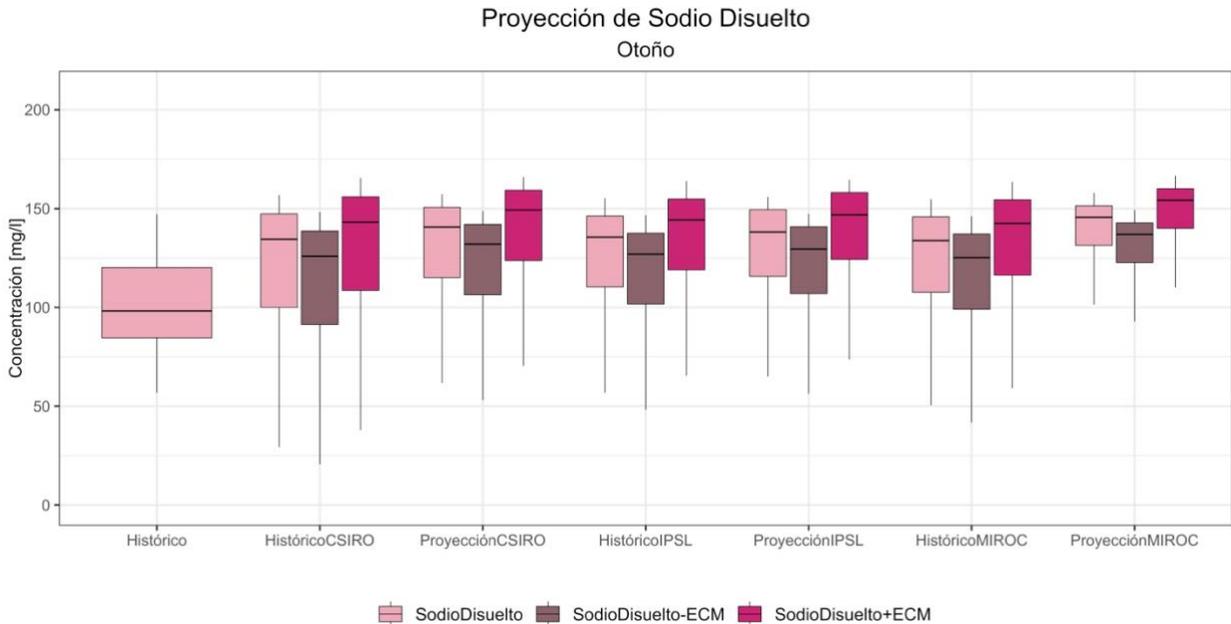


Figura 35: Proyección de niveles de concentración de sodio disuelto. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2018, el número de datos es 23 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de sulfato se presentan en la Tabla 25, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal y precipitación diaria, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 25: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para sulfato en invierno

Invierno			
Nº Datos: 25	SO4 ~ caudal	SO4 ~ caudal + P ₊	SO4 ~ caudal + P ₊ + temperatura
Modelo			
R ² ajustado	0,688	0,726	0,714
p-valor	2,E-07	2,E-07	2,E-06
AIC	265,268	262,884	264,768
Validación Cruzada			
ECM	46,918	43,317	46,712

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Sulfato} = 507,44 + -3,21 \cdot \text{caudal} + -2,96 \cdot P_{+}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de sulfato para invierno. En la Figura 36 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido en la norma de calidad del agua secundaria para la cuenca del río Maipo, publicada el año 2014.

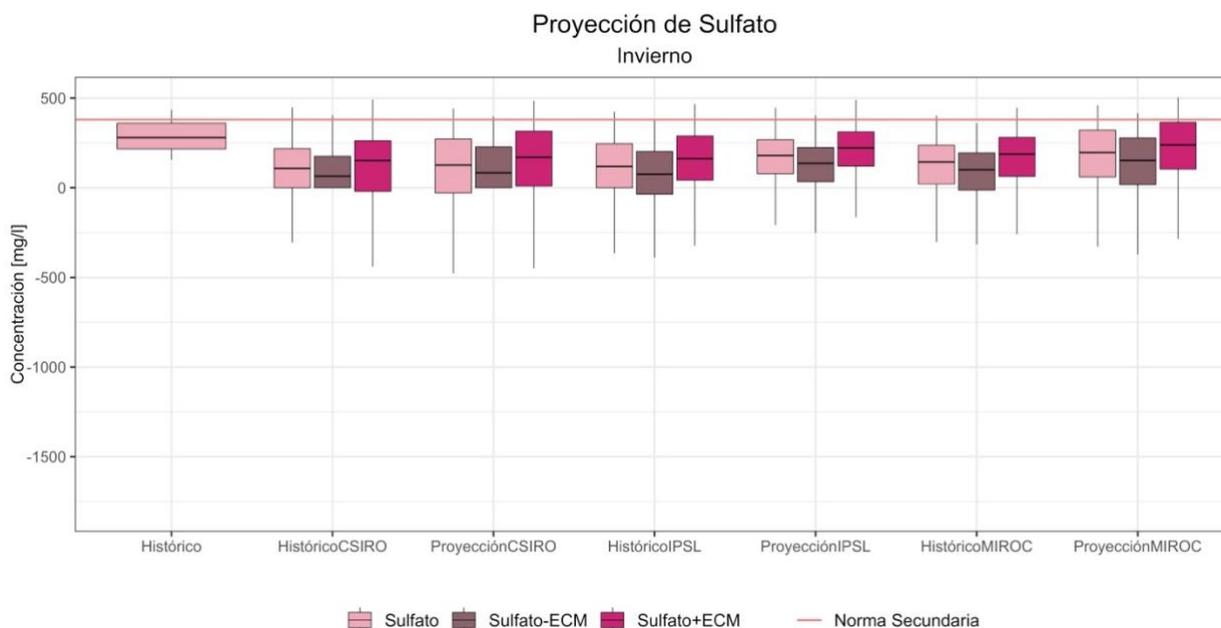


Figura 36: Proyección de niveles de concentración de sulfato. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2018, el número de datos es 28(fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de temperatura del agua se presentan en la Tabla 20, el mayor R2 y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: temperatura y caudal, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 26: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para temperatura del agua en invierno

Invierno			
Nº Datos: 28	TH2O ~ temperatura	TH2O ~ temperatura + caudal	TH2O ~ temperatura + caudal + Pestacion_
Modelo			
R2 ajustado	0,432	0,584	0,571
p-valor	9,E-05	7,E-06	3,E-05
AIC	112,565	104,741	106,424
Validación Cruzada			
ECM	1,763	1,535	1,617

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$T^{\circ} \text{ agua} = 4,89 + 0,34 \cdot \text{temperatura} + 0,04 \cdot \text{caudal}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de temperatura del agua para todas las estaciones. En la Figura 37 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

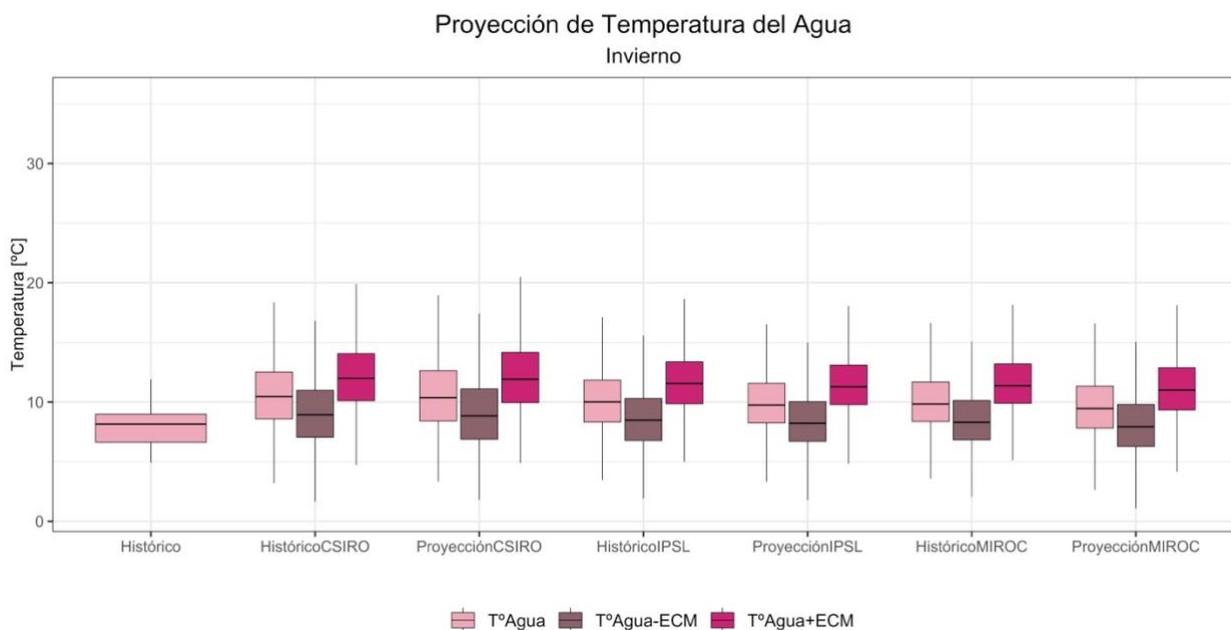


Figura 37: Proyección de temperatura del agua. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1982 a 2018, el número de datos es 28 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Cloruro se presentan en la Tabla 27, el mayor R2 y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal,

temperatura y precipitación del día anterior, por lo que son esos parámetros los que definen el modelo.

Tabla 27: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para aluminio total para invierno

Invierno			
Nº Datos: 13	AIT ~ P ₋	AIT ~ P ₋ + temperatura	AIT ~ P ₋ + temperatura + caudal
Modelo			
R ² ajustado	0,848	0,868	0,892
p-valor	5,E-06	2,E-05	3,E-05
AIC	36,818	35,701	33,758
Validación Cruzada			
ECM	1,752	1,776	0,761

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Aluminio Total} = 0,30 + 0,25 \cdot P_{-} + -0,12 \cdot \text{temperatura} + 0,02 \cdot \text{caudal}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de aluminio total para invierno. En la Figura 38 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

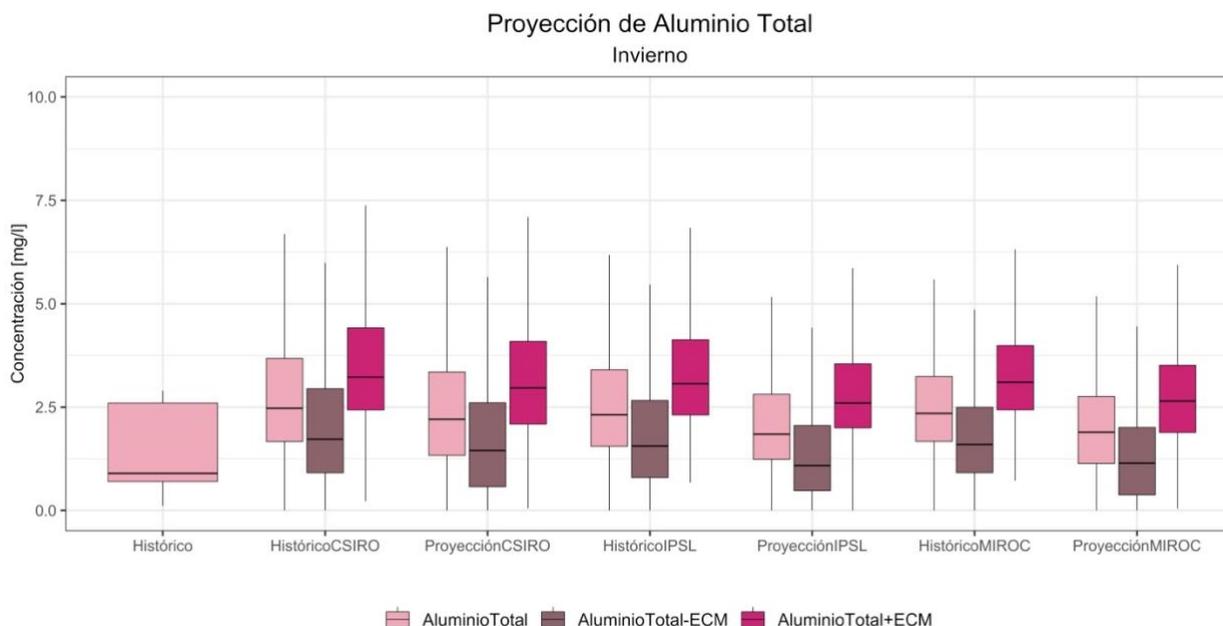


Figura 38: Proyección de concentración de aluminio total. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2011, el número de datos es 13 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de calcio disuelto se presentan en la Tabla 28, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y precipitación del día anterior, por lo que son esos parámetros los que definen el modelo.

Tabla 28: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para calcio disuelto en invierno

Invierno			
Nº Datos: 21	Ca ~ caudal	Ca ~ caudal + P ₋	Ca ~ caudal + P ₋ + temperatura ₋
Modelo			
R ₂ ajustado	0,557	0,577	0,563
p-valor	6,E-05	2,E-04	6,E-04
AIC	182,978	182,868	184,381
Validación Cruzada			
ECM	17,748	17,178	18,120

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Calcio} = 195,22 + -0,94 \cdot \text{caudal} + -0,80 \cdot P_{-}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de calcio disuelto para invierno. En la Figura 39 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

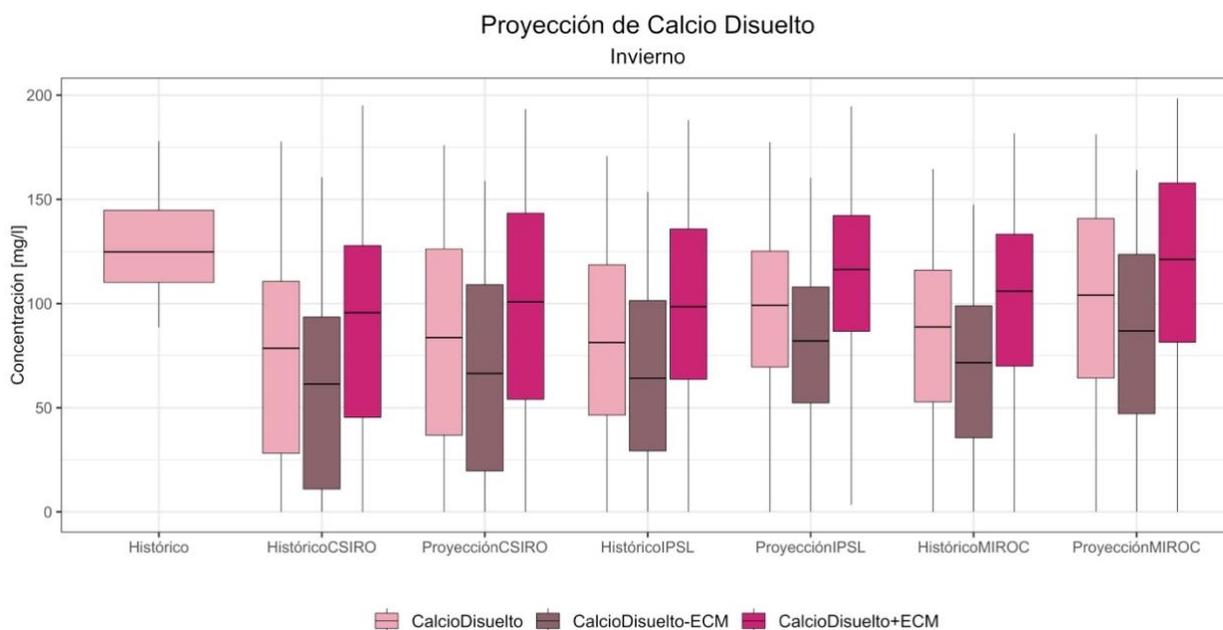


Figura 39: Proyección de niveles de concentración calcio disuelto. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2018, el número de datos es 23 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de sólidos disueltos totales se presentan en la Tabla 29, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal, precipitación acumulada de la estación anterior y temperatura del día anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 29: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para total para sólidos disueltos totales todas las estaciones meteorológicas

Completo			
Nº Datos: 137	SDT ~ caudal	SDT ~ caudal + Pestacion_	SDT ~ caudal + Pestacion_ + temperatura_
Modelo			
R ₂ ajustado	0,56	0,58	0,59
p- valor	2,E-16	2,E-16	2,E-16
AIC	1968,52	1963,82	1959,44
Validación Cruzada			
ECM	319,06	312,71	307,41

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$SDT = 2375,26 + -4,38 \cdot caudal + -0,45 \cdot Pestacion_ + -8,06 \cdot temperatura$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de sólidos disueltos totales para el año completo. En la Figura 40 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido los requisitos de calidad del agua para diferentes usos, límite de riego.(Instituto nacional de normalización, 1987)

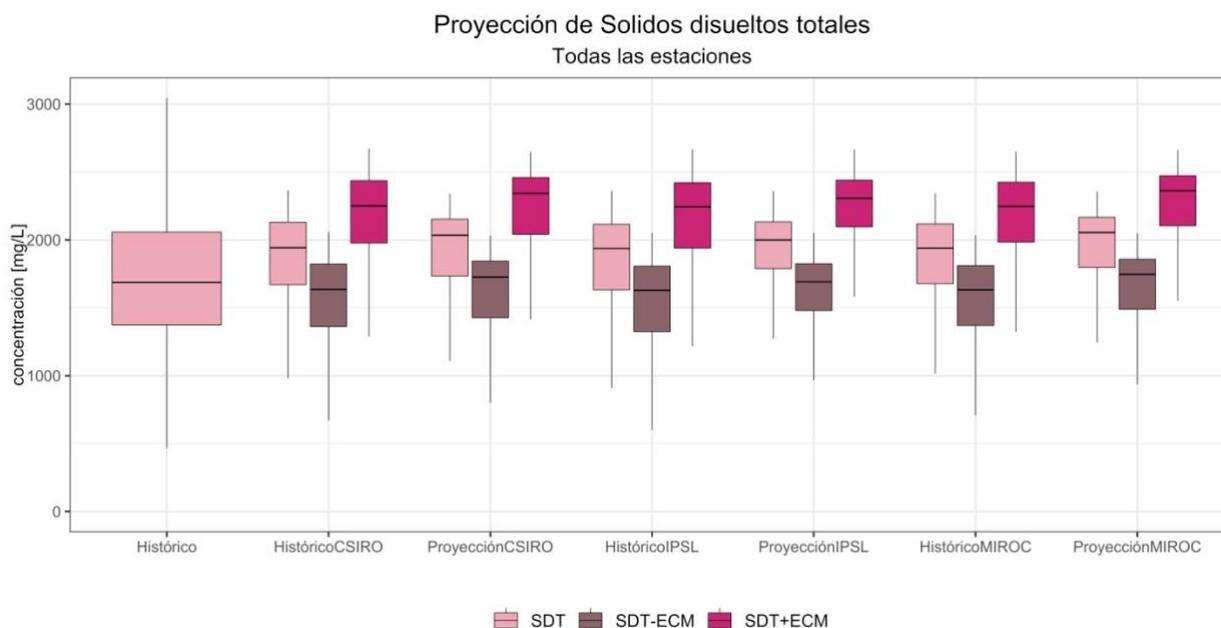


Figura 40: Proyección de niveles de concentración de sólidos suspendidos totales. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2011, el número de datos es 160 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de sodio disuelto se presentan en la Tabla 30, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal

y temperatura y precipitación acumulada de la estación anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 30: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para sólidos suspendidos totales en otoño

Otoño			
Nº Datos: 30	SDT ~ caudal	SDT ~ caudal + temperatura	SDT ~ caudal + temperatura + Pestacion_
Modelo			
R ² ajustado	0,65	0,67	0,69
p-valor	5,E-08	1,E-07	2,E-07
AIC	413,72	412,70	411,74
Validación Cruzada			
ECM	229,38	229,27	226,78

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$SDT = 2774,36 + -13,96 \cdot caudal + 20,03 \cdot temperatura + 3,96 \cdot Pestacion_$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de sólidos suspendidos totales en otoño. En la Figura 41 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido los requisitos de calidad del agua para diferentes usos, límite de riego.(Instituto nacional de normalización, 1987)

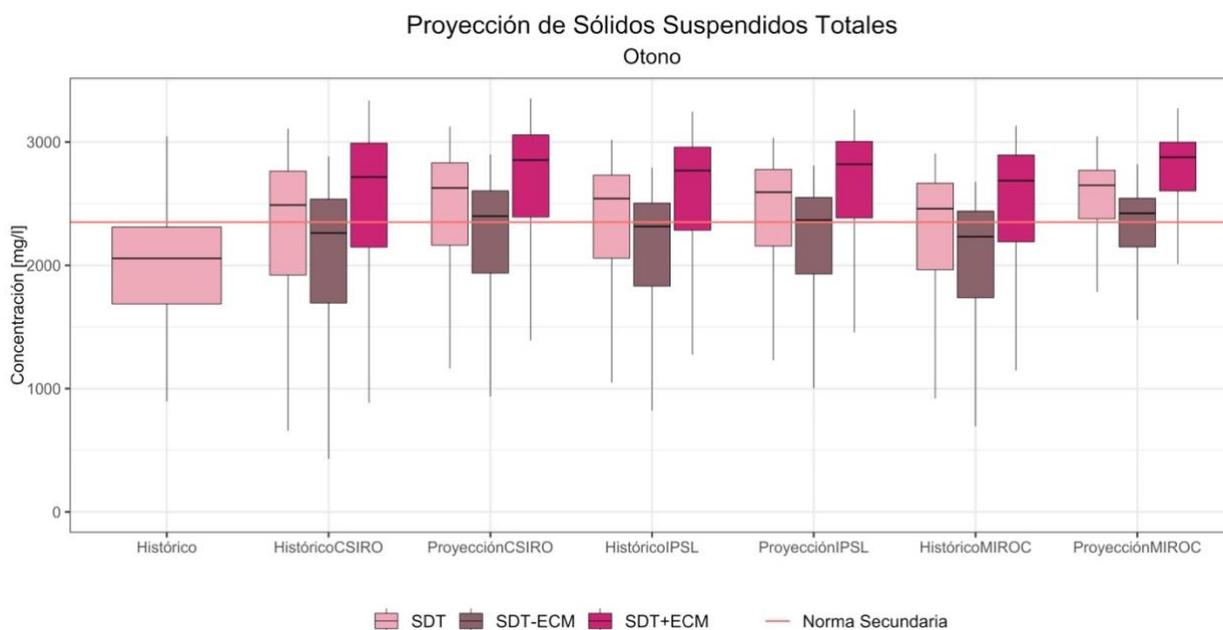


Figura 41: Proyección de niveles de concentración de sólidos suspendidos totales. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1984 a 2011, el número de datos es 38 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1996 a 2019 y proyección de 2018 a 2060.

El siguiente parámetro de calidad del agua que presenta una correlación significativa es el sulfato, los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de concentración futura se presentan en la Tabla 31, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal, precipitación diaria del día anterior y temperatura del día anterior.

Tabla 31: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para sólidos disueltos totales para primavera

Primavera			
Nº Datos: 37	SDT ~ caudal	SDT ~ caudal + P_ ₋	SDT ~ caudal + P_ ₋ + temperatura_ ₋
Modelo			
R ² ajustado	0,62	0,66	0,67
p- valor	4,E-09	4,E-09	9,E-09
AIC	492,16	489,04	488,52
Validación Cruzada			
ECM	181,67	171,73	169,54

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$SDT = 2251,12 + -5,25 \cdot caudal + 35,84 \cdot P_{-} + -14,17 \cdot temperatura_{-}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de sólidos disueltos totales para primavera. En la Figura 42 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido los requisitos de calidad del agua para diferentes usos, límite de riego.(Instituto nacional de normalización, 1987)

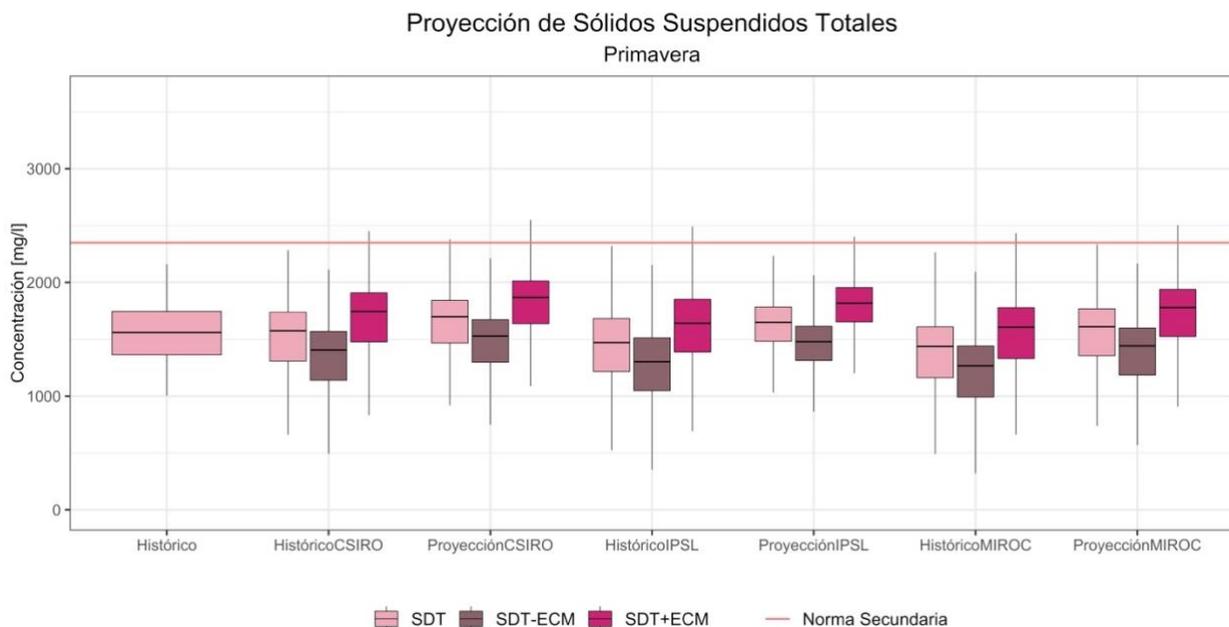


Figura 42: Proyección de niveles de concentración de cloruro. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2011, número de datos 41(fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

El siguiente parámetro de calidad del agua que presenta una correlación significativa con los sólidos disueltos totales, los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de sólidos disueltos totales futuros se presentan en la Tabla 32, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por un parámetro: caudal.

Tabla 32: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para sólidos disueltos totales en invierno

Invierno			
N° Datos: 34	SDT ~ caudal	SDT ~ caudal + Pdiaria	SDT ~ caudal + Pdiaria + temperatura
Modelo			
R ₂ ajustado	0,54	0,54	0,53
p-valor	5,E-07	2,E-06	9,E-06
AIC	490,79	491,11	492,94
Validación Cruzada			
ECM	318,39	339,42	348,28

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$SDT = 3071,77 + -16,12 \cdot caudal$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de sólidos disueltos totales para invierno. En la Figura 43 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido los requisitos de calidad del agua para diferentes usos, límite de riego.(Instituto nacional de normalización, 1987)

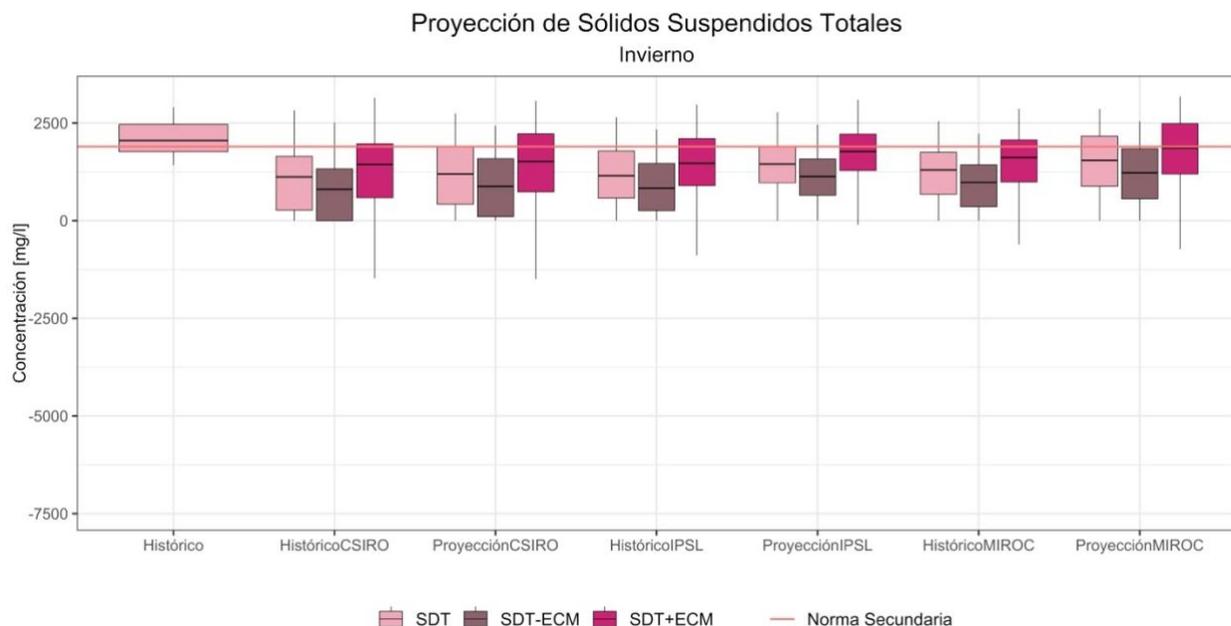


Figura 43: Proyección de niveles de concentración de cloruro. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1971 a 2011, número de datos 38(fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Yerba Loca antes junta San Francisco

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de temperatura del agua se presentan en la Tabla 33, el mayor R_2 y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y temperatura del día anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 33: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para temperatura del agua para todas las estaciones meteorológicas del año.

Todas las estaciones			
Nº Datos: 108	TH ₂ O ~ temperatura	TH ₂ O ~ temperatura + Pdiaria	TH ₂ O ~ temperatura + Pdiaria + caudal
Modelo			
R ₂ ajustado	0,647	0,664	0,661
p-valor	2,E-16	2,E-16	2,E-16
AIC	443,568	439,604	441,428
Validación Cruzada			
ECM	2,153	2,100	2,135

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$TH_2O = 5,33 + 0,46 \cdot temperatura + 0,092 \cdot Pdiaria$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del Sodio Total para el año completo. En la Figura 44: Proyección de temperatura del agua. Los datos históricos corresponden a los valores observados, información disponible entre 1994 a 2019. Se consideran datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060. se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y en este caso no existe un límite establecido en la norma de calidad del agua secundaria para la cuenca.

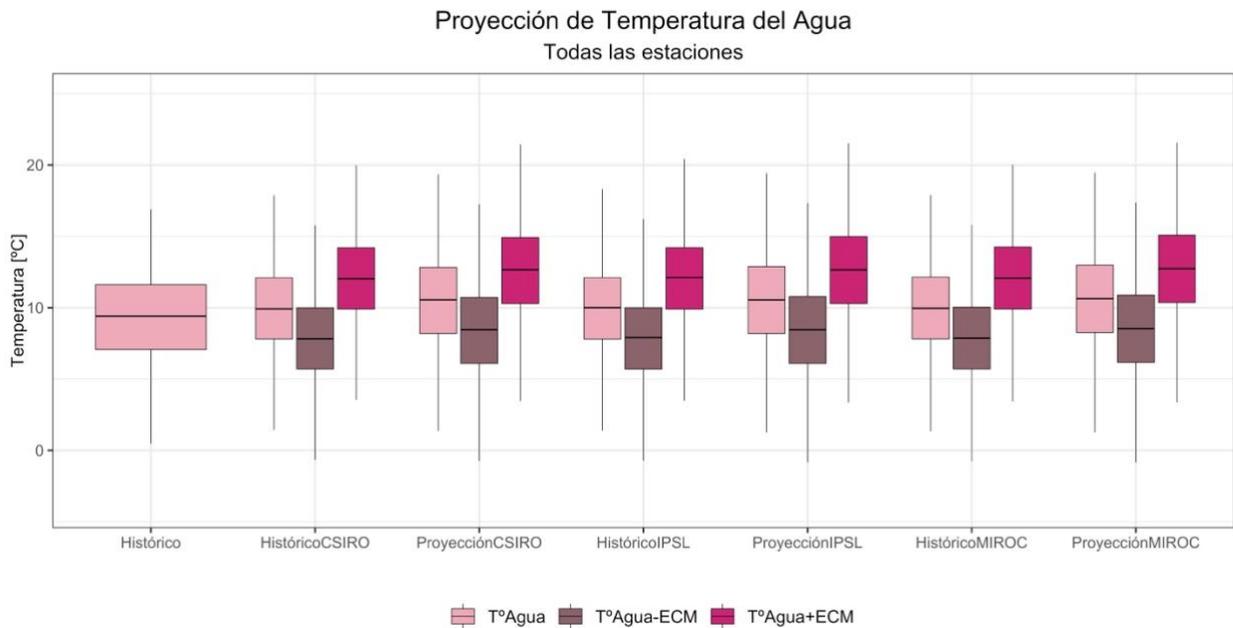


Figura 44: Proyección de temperatura del agua. Los datos históricos corresponden a los valores observados, información disponible entre 1994 a 2019. Se consideran datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de potasio disuelto se presentan en la Tabla 34: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para potasio disuelto en estación meteorológica primavera., el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal, temperatura y precipitación diaria acumulada de la estación meteorológica anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 34: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para potasio disuelto en estación meteorológica primavera.

Primavera			
N° Datos: 6	K ~ temperatura	K ~ Pacumulada + temperatura	K ~ Pacumulada + temperatura + caudal
Modelo			
R ₂ ajustado	0,859	0,880	0,829
p-valor	5,E-03	2,E-02	1,E-01
AIC	-9,187	-9,914	-8,211
Validación Cruzada			
ECM	0,105	0,147	0,165

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$K = 0,79 + 0,05 \cdot temperatura$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del potasio disuelto en el periodo de primavera. En la Figura 45 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

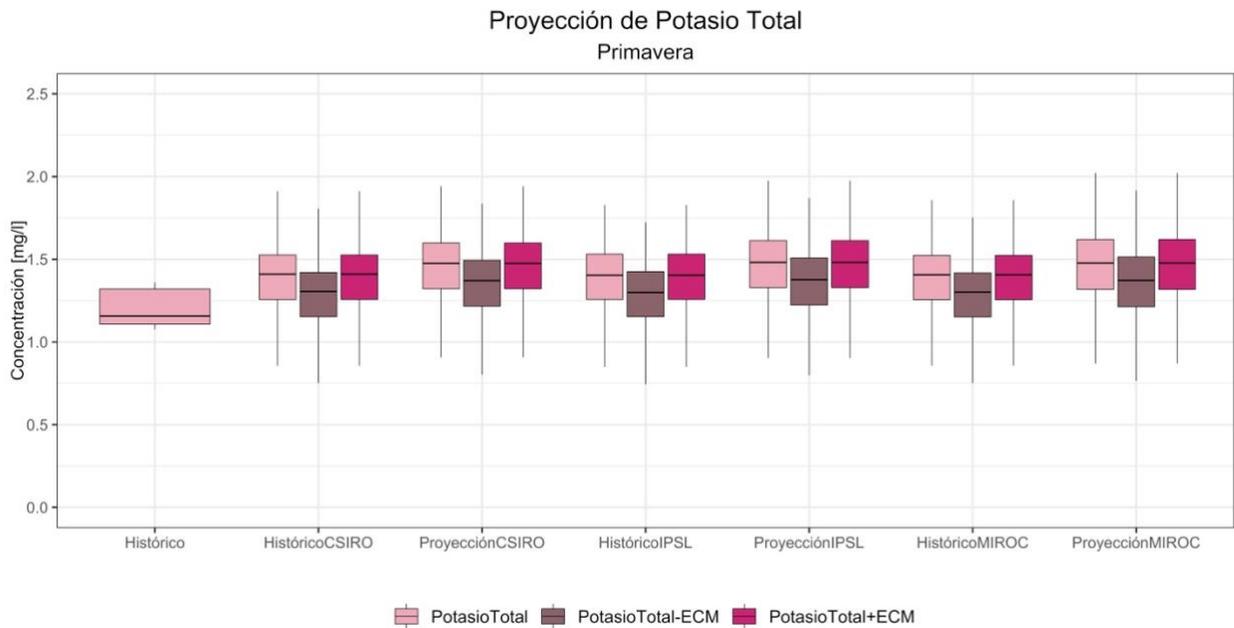


Figura 45: Proyección de niveles de concentración de potasio disuelto. Los datos históricos corresponden a los valores observados, información disponible entre 1990 a 2018. Se consideran datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Cloruro se presentan en la Tabla 13, el mayor R^2 y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y temperatura del día anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 35: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para potasio total para invierno

Invierno			
N° Datos: 6	K ~ P ₋	K ~ P ₋ + temperatura	K ~ P ₋ + temperatura + caudal
Modelo			
R ² ajustado	0,687	0,697	0,724
p-valor	2,E- 06	8,E-06	1,E-05
AIC	6,958	-29,485	-31,664
Validación Cruzada			
ECM	0,021	0,020	0,024

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$K = 1,20 + 0,15 \cdot P_{-} + 0,003 \cdot temperatura$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de los sulfatos. En la Figura 24 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de invierno.

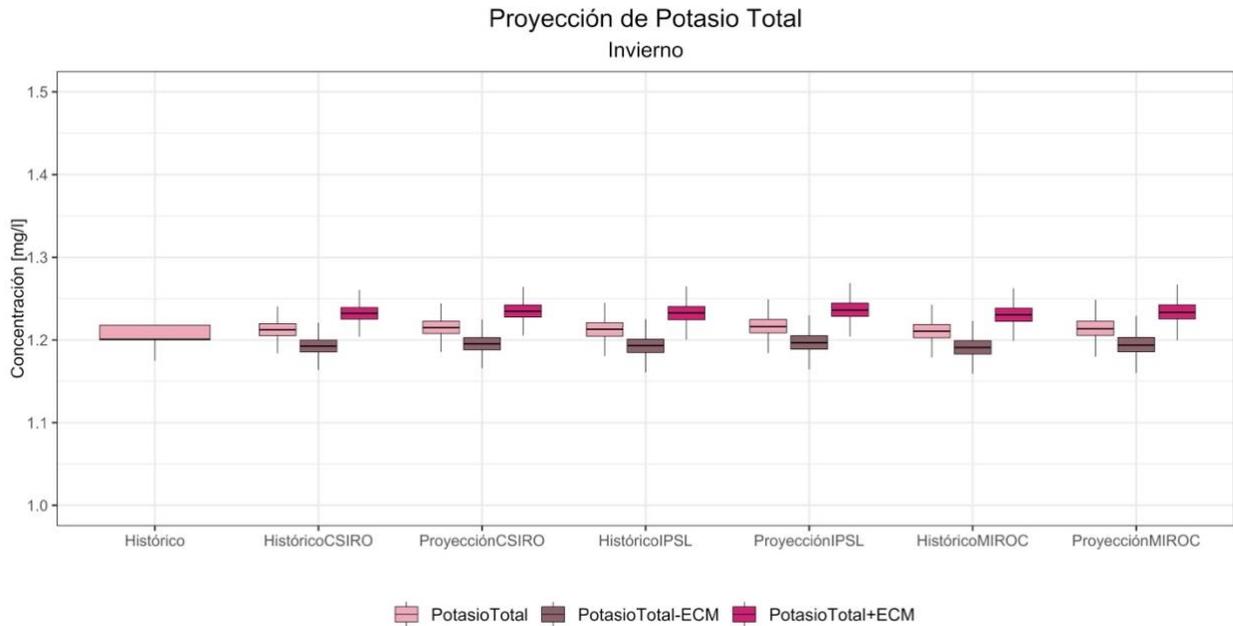


Figura 46: Proyección de niveles de concentración de cloruro. Los datos históricos corresponden a los valores observados, información disponible entre 1990 a 2018. Se consideran datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Magnesio se presentan en la Tabla 36, el mayor R^2 y menor ECM de validación cruzada está dada por un parámetro: precipitación, por lo que es ese parámetro el que defiende el modelo.

Tabla 36: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para magnesio para invierno.

Invierno			
Nº Datos: 6	Mg ~ Pestacion_	Mg ~ Pestacion_ + temperatura_ + caudal	Mg ~ Pestacion_ + temperatura_ + caudal
Modelo			
R ² ajustado	0,888	0,915	0,805
p-valor	3,E-03	1,E-02	1,E-01
AIC	4,738	3,385	7,945
Validación Cruzada			
ECM	0,292	0,355	0,588

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$Mg = 8,34 + -0,01 \cdot Pestacion_$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de los sulfatos para verano. En la Figura 47Figura 25 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático y se señala el límite establecido los requisitos de calidad del agua para diferentes usos, límite de riego.(Instituto nacional de normalización, 1987)

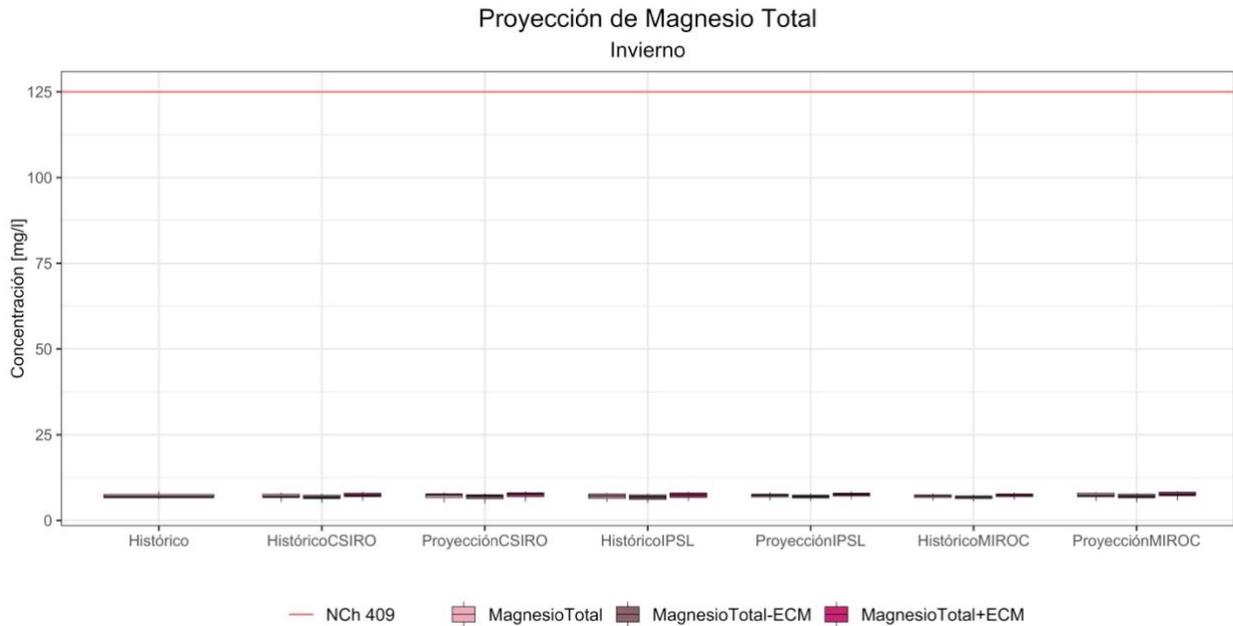


Figura 47: Proyección de niveles de concentración de Magnesio. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1995 a 2018 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1996 a 2019 y proyección de 2018 a 2060.

5.4.Región del Maule

Río Claro en los Queñes

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Cloruro se presentan en la Tabla 37, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal y temperatura del día anterior y precipitación del día anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 37: Coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para Sodio para verano.

Verano			
Nº Datos: 13	Na ~ caudal	Na ~ caudal + temperatura	Na ~ caudal + temperatura + Pacumulada
Modelo			
R ² ajustado	0,526	0,511	0,630
p-valor	0,003	0,011	0,007
AIC	73,594	74,776	71,786
Validación Cruzada			
ECM	10,56	10,72	8,09

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Sodio} = 33,89 + -0,32 \cdot \text{caudal} + -0,83 \cdot \text{temperatura} + -0,08 \cdot \text{Pacumulada}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del calcio en el periodo de verano. En la Figura 48 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

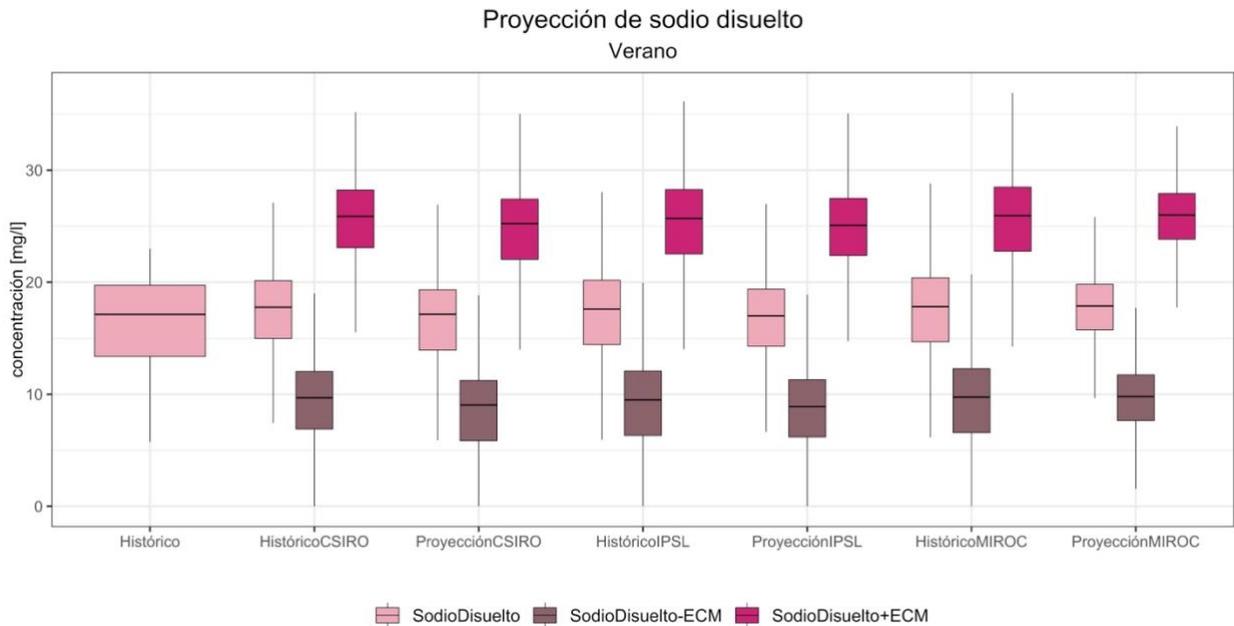


Figura 48: Proyección de niveles de concentración de Calcio. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1968 a 2009 (fuente DGA). Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Calcio se presentan en la Tabla 38, el mayor R^2 y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: temperatura y precipitación diaria acumulada de la estación meteorológica anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 38: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para cloruro en estación meteorológica verano.

Verano			
Nº Datos: 13	Ca ~ temperatura	Ca ~ temperatura + Pestacion_	Ca ~ temperatura + Pestacion_ + caudal
Modelo			
R2 ajustado	0,557	0,742	0,743
p-valor	2,E-03	5,E-04	1,E-03
AIC	77,332	71,081	71,638
Validación Cruzada			
ECM	4,553	3,640	3,697

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Calcio} = 48,05 + -1,82 \cdot \text{temperatura} + -0,03 \cdot \text{Pestacion}_$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del calcio en el periodo de verano. En la Figura 49 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

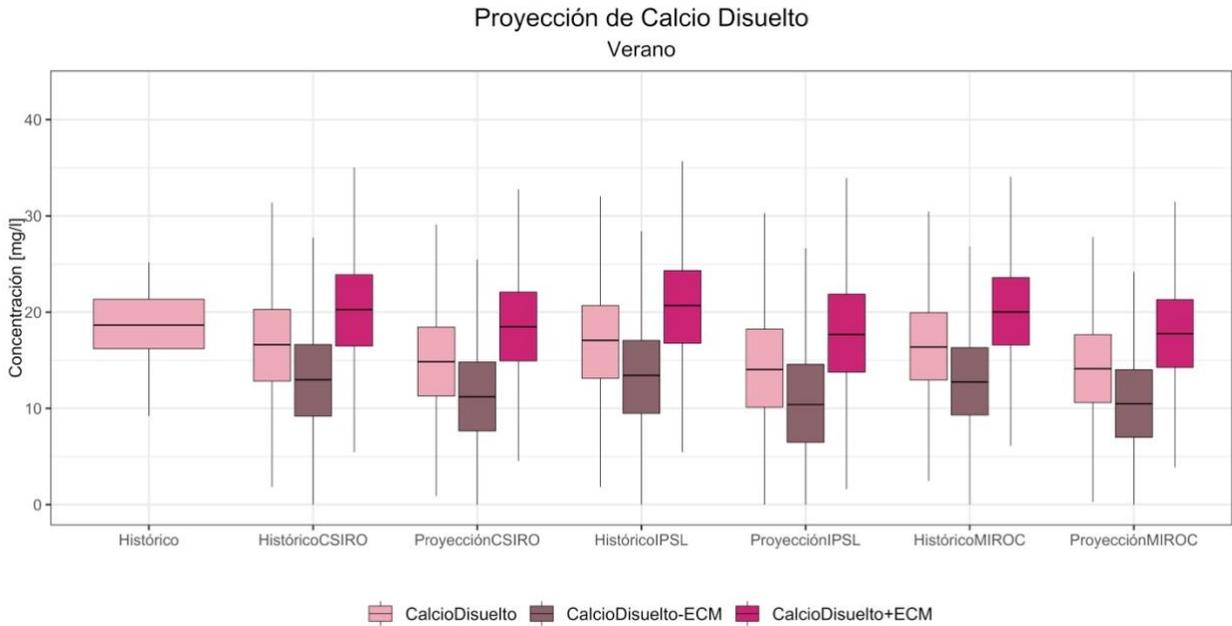


Figura 49: Proyección de niveles de concentración de Calcio. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1969 a 2009 (fuente DGA). Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

El siguiente parámetro de calidad del agua que presenta una correlación significativa es el de temperatura del agua, los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de temperatura futura se presentan en la Tabla 39, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por un parámetro: temperatura, por lo que este parámetro defienden el modelo.

Tabla 39: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para temperatura del agua para todas las estaciones meteorológicas del año.

Todas las estaciones			
Nº Datos: 74	TH ₂ O ~ temperatura	TH ₂ O ~ temperatura + P ₋	TH ₂ O ~ temperatura + P ₋ + caudal
Modelo			
R ² ajustado	0,580	0,577	0,570
p-valor	2,E-15	2,E-14	2,E-10
AIC	346,866	348,376	350,368
Validación Cruzada			
ECM	2,477	2,475	2,514

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$TH_2O = 6,45 + 0,54 \cdot temperatura$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del Sodio Total para el año completo. En la Figura 50 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

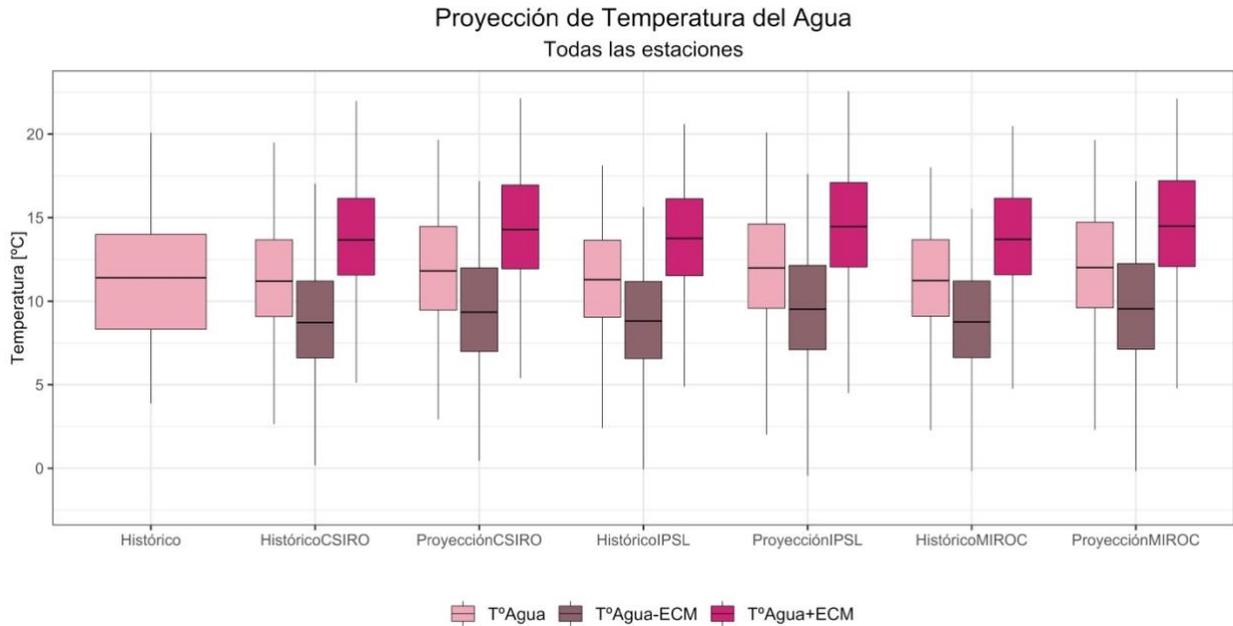


Figura 50: Proyección de temperatura del agua. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1980 a 2018, se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la temperatura del agua en otoño totales se presentan en la Tabla 40, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: temperatura y precipitación estación, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 40: Coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para la temperatura en la estación meteorológica de otoño.

Otoño			
Nº Datos:	TH ₂ O ~ temperatura	TH ₂ O ~ temperatura + Pestacion_	TH ₂ O ~ temperatura + Pestacion_ + caudal
8			
Modelo			
R ₂ ajustado	0,498	0,524	0,534
p-valor	3,E-02	7,E-02	1,E-01
AIC	33,761	33,889	33,931
Validación Cruzada			
ECM	2,026	1,451	1,664

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$TH_2O = 7,23 + 0,50 \cdot temperatura + -0,02 \cdot Pesticion_$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de la temperatura para otoño. En la Figura 51 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático

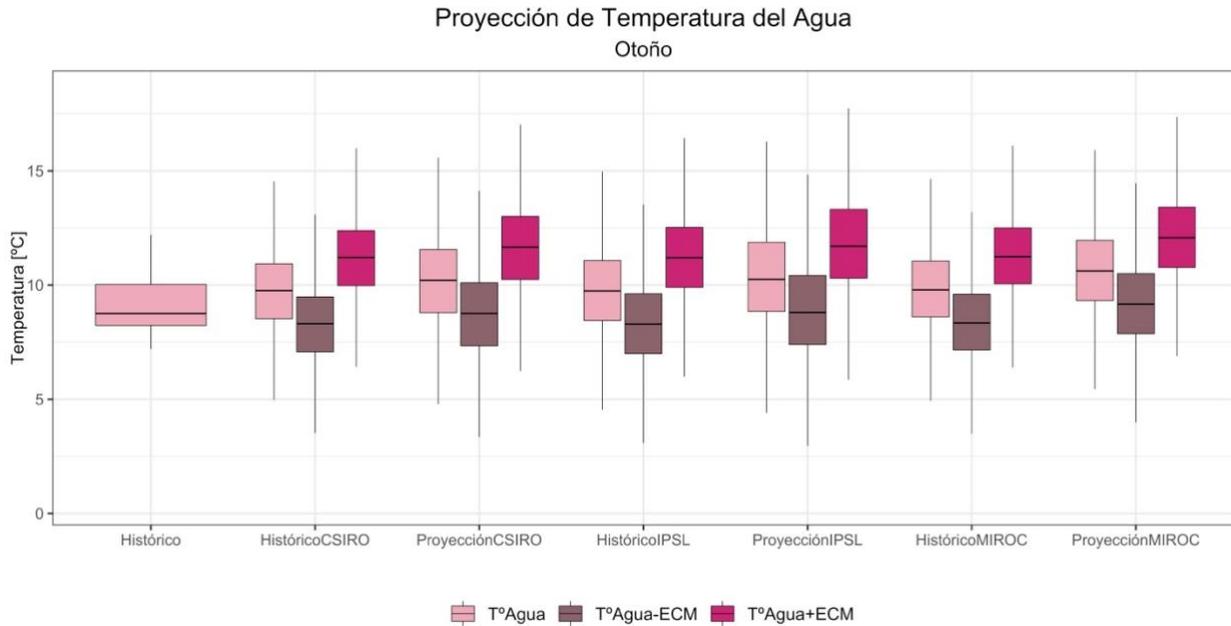


Figura 51: Proyección de la temperatura del agua en estación meteorológica otoño. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1980 a 2018 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

El siguiente parámetro de calidad del agua que presenta una correlación significativa es el sodio total, los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de concentración futura se presentan en la Tabla 41, el mayor R2 y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal, temperatura y precipitación acumulada de la estación, por lo que esos parámetros defienden el modelo.

Tabla 41: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para sodio total en estación meteorológica invierno

Invierno			
Nº Datos: 11	Na ~ Pacumulada	Na ~ Pacumulada + temperatura	Na ~ Pacumulada + temperatura + caudal
Modelo			
R ₂ ajustado	0,413	0,588	0,555
p-valor	0,020	0,012	0,034
AIC	39,497	36,288	37,675
Validación Cruzada			
ECM	1,300	1,106	1,239

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Sodio} = 33,89 + -0,32 \cdot \text{cuadal} + -0,83 \cdot \text{temperatura} + -0,08 \cdot \text{Pacumulada}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del cloruro en el periodo de primavera. En la Figura 52 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático. Para sodio total no se señala el límite en el Anteproyecto de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Elquí (Ministerios de Medio Ambiente, 2016)

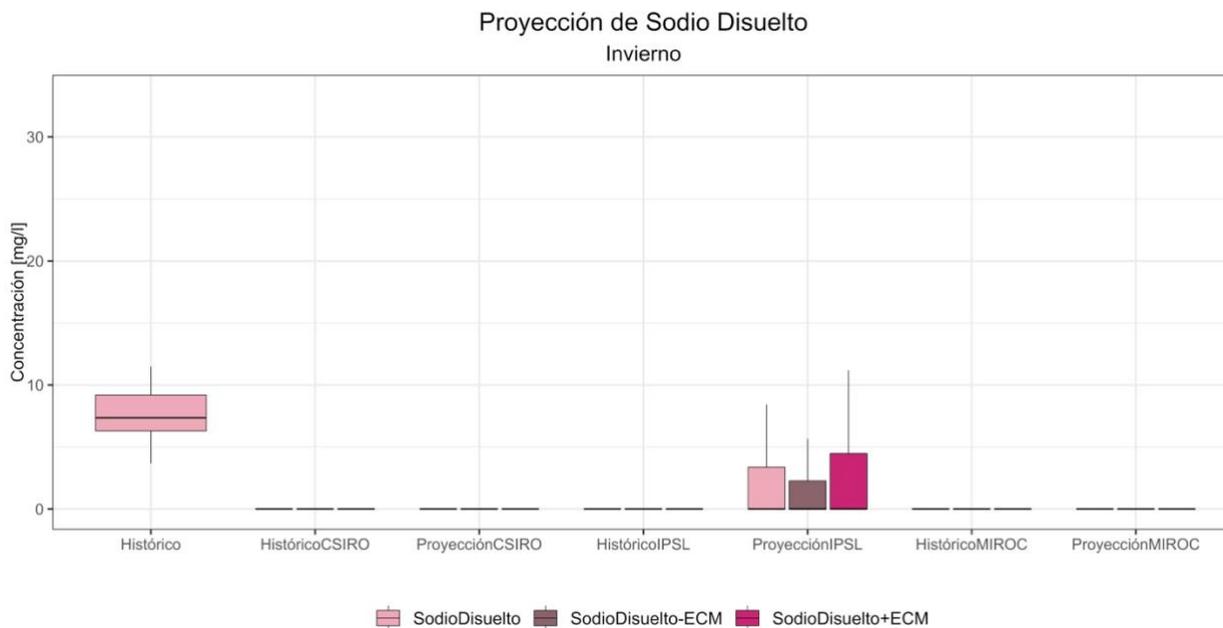


Figura 52: Proyección de niveles de concentración de sodio total. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1968 a 2009 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de aluminio se presentan en la Tabla 42, el mayor R^2 y menor ECM de validación cruzada está dada por un parámetro: precipitación, por lo que es ese parámetro el que defiende el modelo.

Tabla 42: Coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para aluminio en estación meteorológica verano

Verano			
Nº Datos: 14	Al ~ Pdiaria	Al ~ Pdiaria + caudal	Al ~ Pdiaria + caudal + temperatura
Modelo			
R ₂	0,9747	0,9791	0,986
R ₂ ajustado	0,9726	0,9754	0,9818
p-value	6,024E-11	5,69E-10	1,E-06
EMC	0,94367	0,776785	0,5218107
AIC	44,91858	44,194	40,62397
Validación Cruzada			
RMSE	33,640	34,007	54,321
R ₂	0,976	0,974	0,976

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Aluminio} = 0,986 + 0,798 \cdot \text{Pdiaria}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del Aluminio disuelto en el periodo de verano. En la Figura 53 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

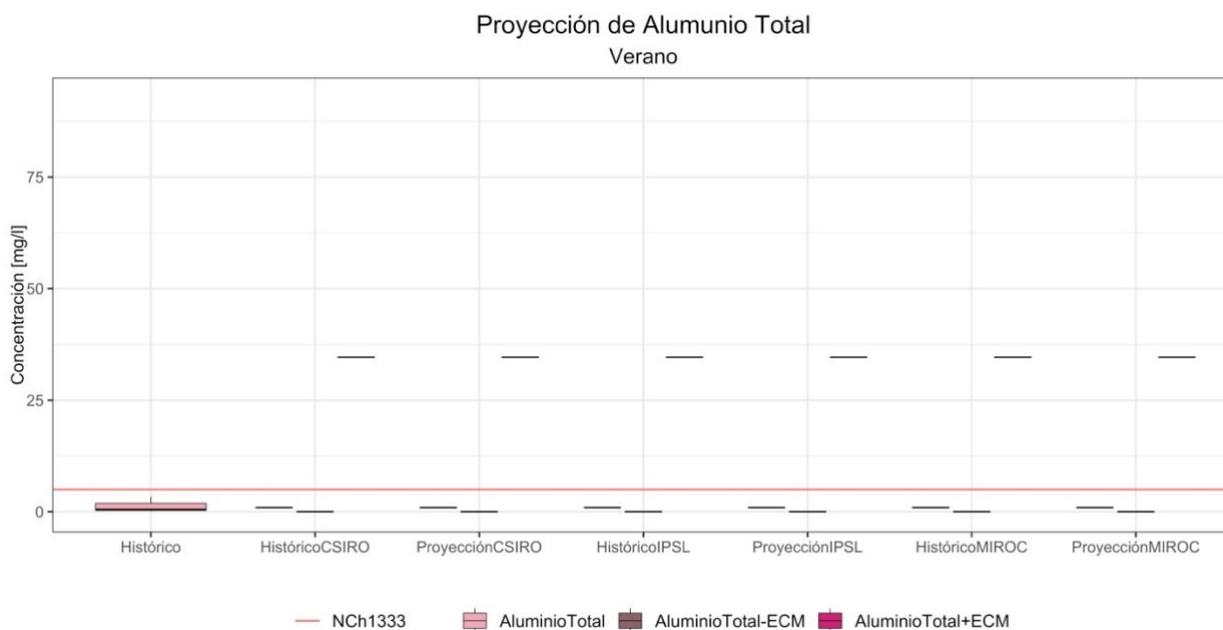


Figura 53: Proyección de niveles de concentración de aluminio. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1997 a 2014, en total datos (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de manganeso se presentan en la Tabla 43, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal, temperatura y precipitación, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 43: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para manganeso en estación meteorológica verano

Verano			
Nº Datos: 16	Mn ~ Pdiaria	Mn ~ Pdiaria + caudal	Mn ~ Pdiaria + caudal + temperatura_
Modelo			
R2 ajustado	0,927	0,944	0,961
p-valor	1,4E-09	3,0E-09	2,5E-09
AIC	-60,444	-63,655	-69,005
Validación Cruzada			
ECM	1,180	1,092	0,656

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$Mn = -0,021 + 0,041 \cdot Pdiaria + -0,010 \cdot caudal + temperatura_ \cdot 0,008$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del manganeso disuelto en el período de primavera. En la Figura 54 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

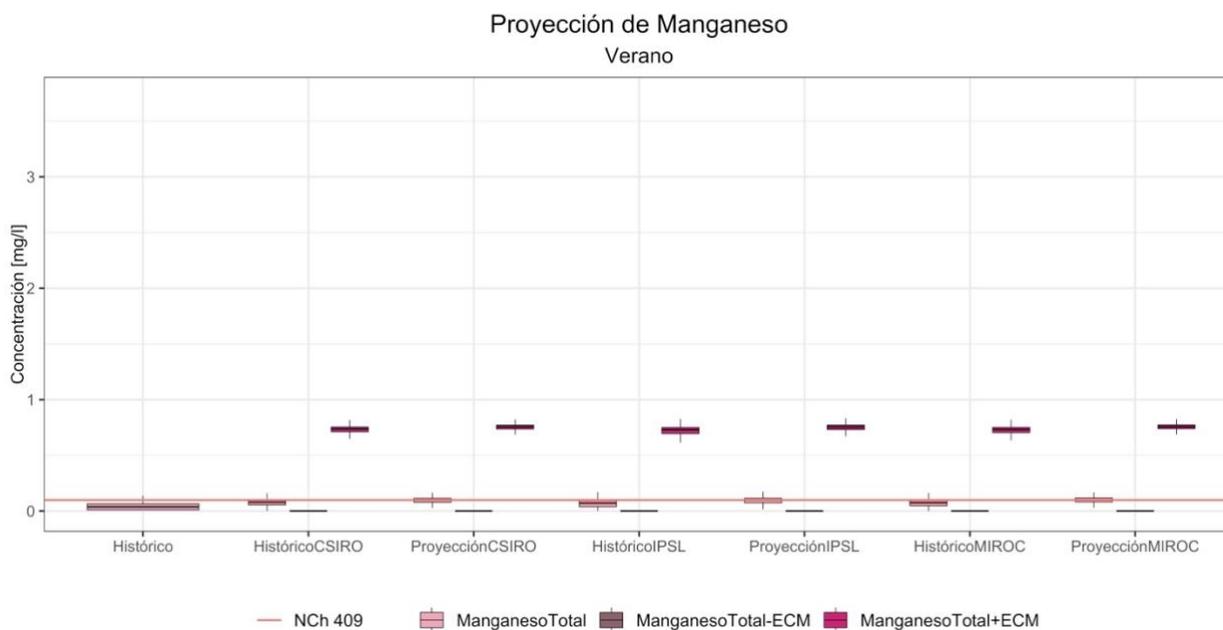


Figura 54 : Proyección de niveles de concentración de manganeso. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1997 a 2018 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de hierro se presentan en la Tabla 44, el mayor R2 y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: temperatura y precipitación acumulada, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 44: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para fierro en estación meteorológica primavera

Verano			
Nº Datos: 18	Fe ~ P ₋	Fe ~ P ₋ + temperatura ₋	Fe ~ P ₋ + temperatura ₋ + caudal
Modelo			
R ₂ ajustado	0,465	0,497	0,464
p-valor	1,1E-03	2,4E-03	8,0E-03
AIC	98,949	98,773	100,558
Validación Cruzada			
ECM	7,114	6,897	21,954

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$Fe = -0,286 + 0,043 \cdot P_{-} + 0,136 \cdot temperatura_{-}$$

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de sólidos disueltos totales se presentan en la Tabla 45, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y temperatura del día anterior, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 45: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para total para sólidos disuelto totales todas las estaciones meteorológicas

Otoño			
Nº Datos: 14	SDT ~ caudal	SDT ~ caudal + temperatura	SDT ~ caudal + temperatura + P ₋
Modelo			
R ₂ ajustado	0,443	0,621	0,609
p-valor	0,006	0,002	0,006
AIC	153,458	148,873	149,948
Validación Cruzada			
ECM	58,015	44,784	48,264

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$SDT = 112,722 + -0,864 \cdot caudal + 9,150 \cdot temperatura$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de sólidos disuelto totales para el año completo. En la Figura 55 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

Proyección de Sólidos Suspendedos Totales

Otoño

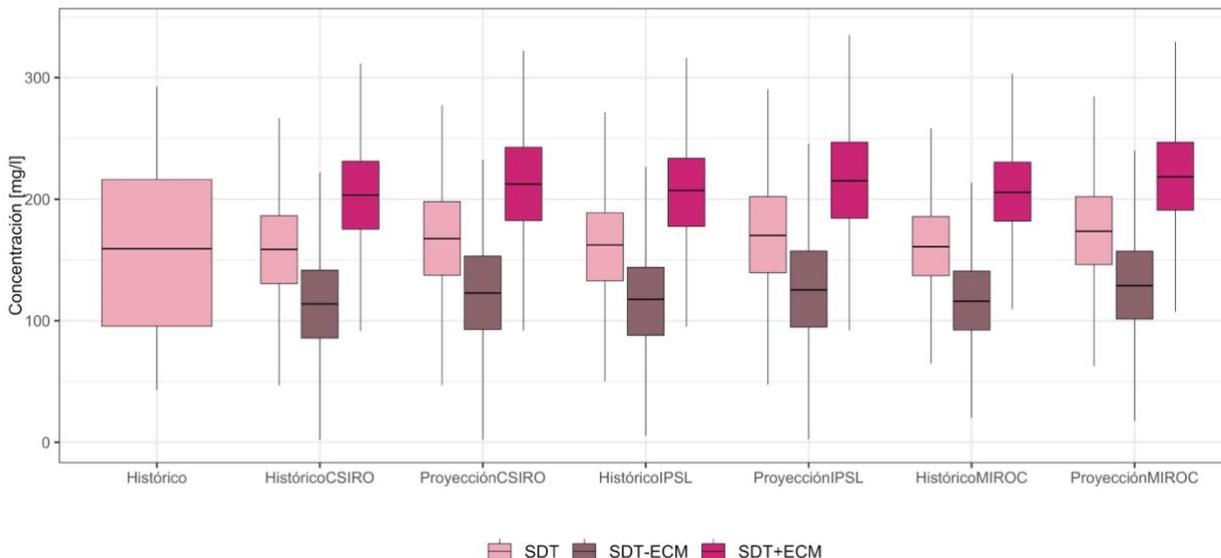


Figura 55: Proyección de niveles de concentración de sólidos suspendidos totales. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1968 a 2018 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Río Perquilauquén en San Manuel

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Sólidos disueltos totales se presentan en la Tabla 46, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y precipitación estación, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 46: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para total para sólidos disuelto totales en la estación meteorológica otoño.

Otoño			
Nº Datos: 14	SDT ~ caudal	SDT ~ caudal + Pestacion_	SDT ~ caudal + Pestacion_ + temperatura
Modelo			
R ₂ ajustado	0,579	0,734	0,727
p-valor	0,001	0,000	0,001
AIC	110,079	104,428	105,439
Validación Cruzada			
ECM	17,044	15,298	15,344

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$SDT = 75,78 + -0,28 \cdot caudal + -0,081 \cdot Pestacion_$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de sólidos disueltos totales para el año completo. En la Figura 56 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

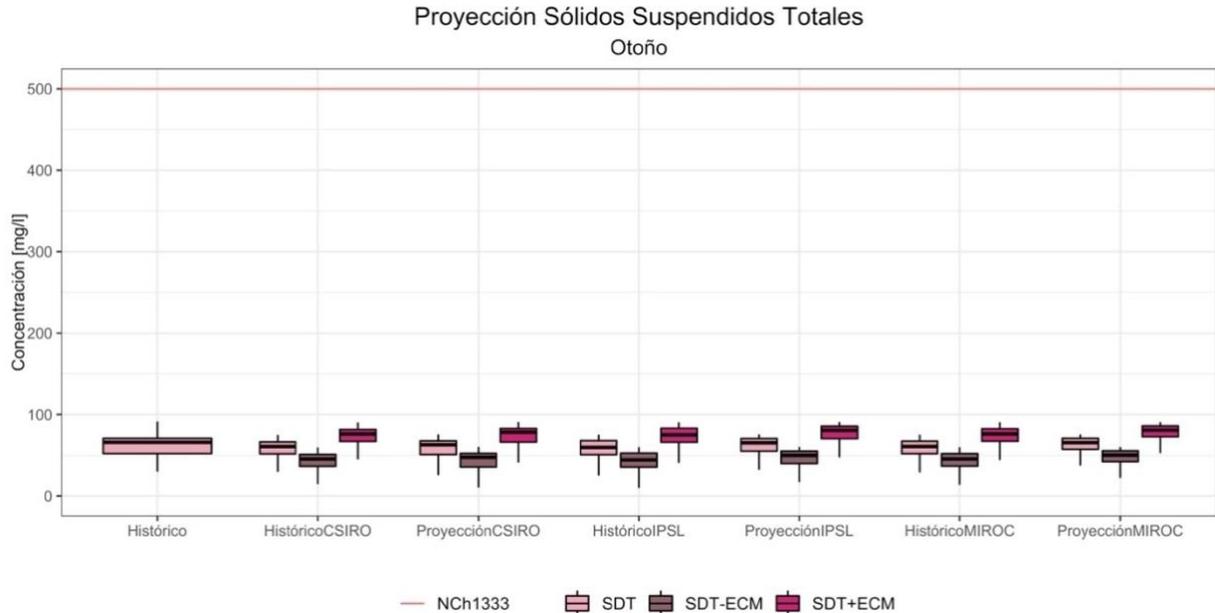


Figura 56: Proyección de niveles de concentración de sólidos suspendidos totales. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 2000 a 2019 (fuente DGA). Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

El siguiente parámetro de calidad del agua que presenta una correlación significativa es el Hierro Total, los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de concentración futura se presentan en la Tabla 47, el mayor R^2 y menor ECM de validación cruzada está dada por el parámetro: precipitación diaria, por lo que este parámetro defienden el modelo.

Tabla 47: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para Hierro Total para todas las estaciones meteorológicas del año.

Todas las estaciones			
Nº Datos: 46	FeT ~ Pdiaria	FeT ~ Pdiaria + temperatura	FeT ~ Pdiaria + temperatura + caudal
Modelo			
R2 ajustado	0,666	0,662	0,655
p-value	3,E-12	3,E-11	2,E-10
AIC	-85,963	-84,431	-82,542
Validación Cruzada			
ECM	0,108	0,109	9,349

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Hierro Total} = 0,049 + 0,0087 \cdot \text{Pdiaria}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para fierro total para el año completo. En la Figura 57 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

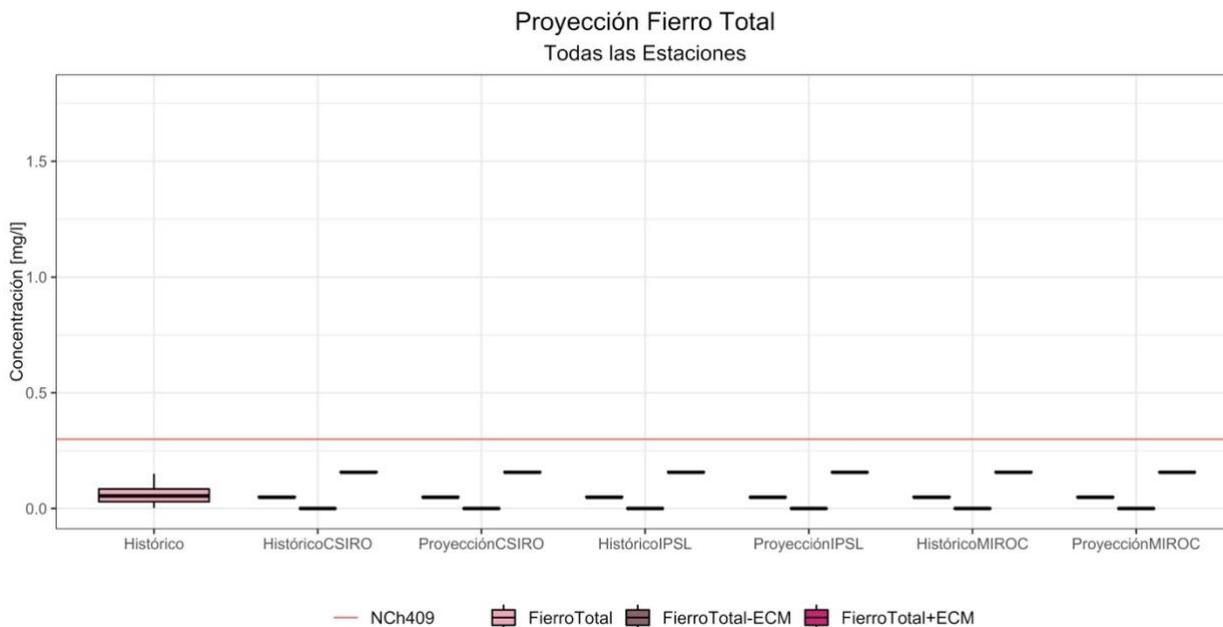


Figura 57: Proyección de niveles de concentración de fierro total. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 2000 a 2019(fuente DGA). Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de fierro total se presentan en la Tabla 48, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por el parámetro: precipitación diaria

Tabla 48: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para fierro total en estación meteorológica otoño

Otoño			
Nº Datos: 14	FeT ~ Pdiaria	FeT ~ Pdiaria + caudal	FeT ~ Pdiaria + caudal + temperatura
Modelo			
R ₂ ajustado	0,844	0,835	0,819
p-valor	0,000	0,000	0,000
AIC	-39,785	-38,256	-36,257
Validación Cruzada			
ECM	0,434	1,994	2,112

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Fierro Total} = 0,05 + 0,01 \cdot \text{Pdiaria}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de fierro total para otoño. En la Figura 58 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

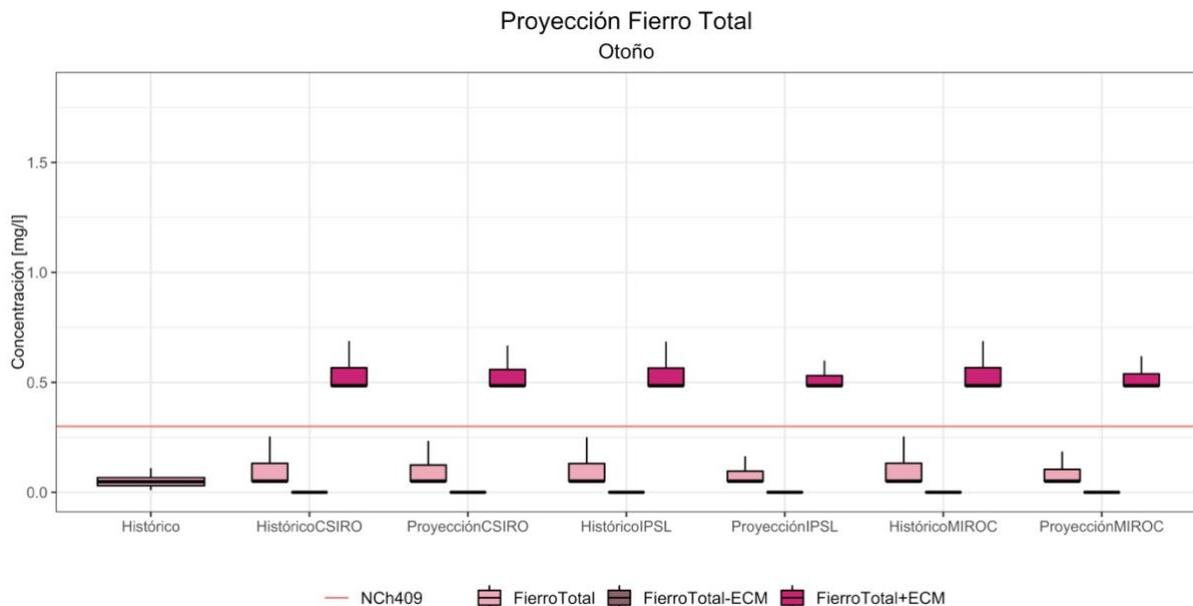


Figura 58: Proyección de niveles de concentración de fierro total. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 2000 a 2019 (fuente DGA). Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de fósforo de ortofosfato se presentan en la Tabla , el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y precipitación, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 49: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para fósforo de ortofosfato en estación meteorológica otoño.

Otoño			
Nº Datos: 9	PdeO ~ Pdiaria	PdeO ~ Pdiaria + caudal	PdeO ~ Pdiaria + caudal + temperatura
Modelo			
R ² ajustado	0,9982	0,9998	0,9998
p-valor	5,E-11	3,E-12	5,E-10
AIC	-19,29	-38,84	-36,88
Validación Cruzada			
RMSE	1,606	1,195	1,423

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Fósforo de ortofosfato} = 0,031 + 0,083 \cdot \text{Pdiaria} + -0,003 \cdot \text{caudal}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de fósforo de ortofosfato para otoño. En la Figura 59 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

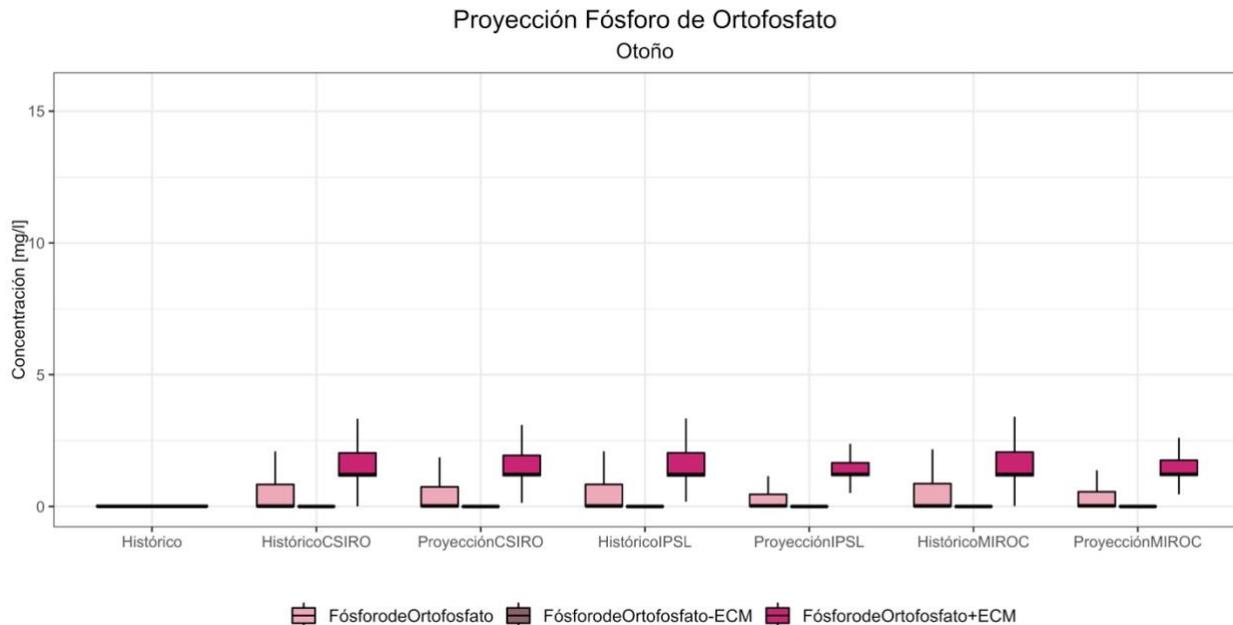


Figura 59: Proyección de niveles de concentración de fósforo de ortofosfato. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 2000 a 2011 (fuente DGA). Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Temperatura del agua se presentan en la Tabla, el mayor R_2 y menor ECM de validación cruzada está dada por tres parámetros: caudal, precipitación acumulada de la estación anterior y temperatura media diaria, por lo que esos parámetros definen el modelo.

Tabla 50: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para temperatura del agua para todas las estaciones meteorológica primavera

Primavera			
Nº Datos: 15	TH ₂ O ~ Pacumulada	TH ₂ O ~ Pacumulada + temperatura	TH ₂ O ~ Pacumulada + temperatura + caudal
Modelo			
R ₂ ajustado	0,599	0,700	0,746
p-valor	4,E-04	3,E-04	4,E-04
AIC	60,687	57,110	55,338
Validación Cruzada			
ECM	1,768	1,592	1,437

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$TH_2O = 16,2 + -0,008 \cdot Pacumulada + 0,465 \cdot temperatura + -0,068 \cdot caudal$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de temperatura de agua para primavera. En la Figura 60 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

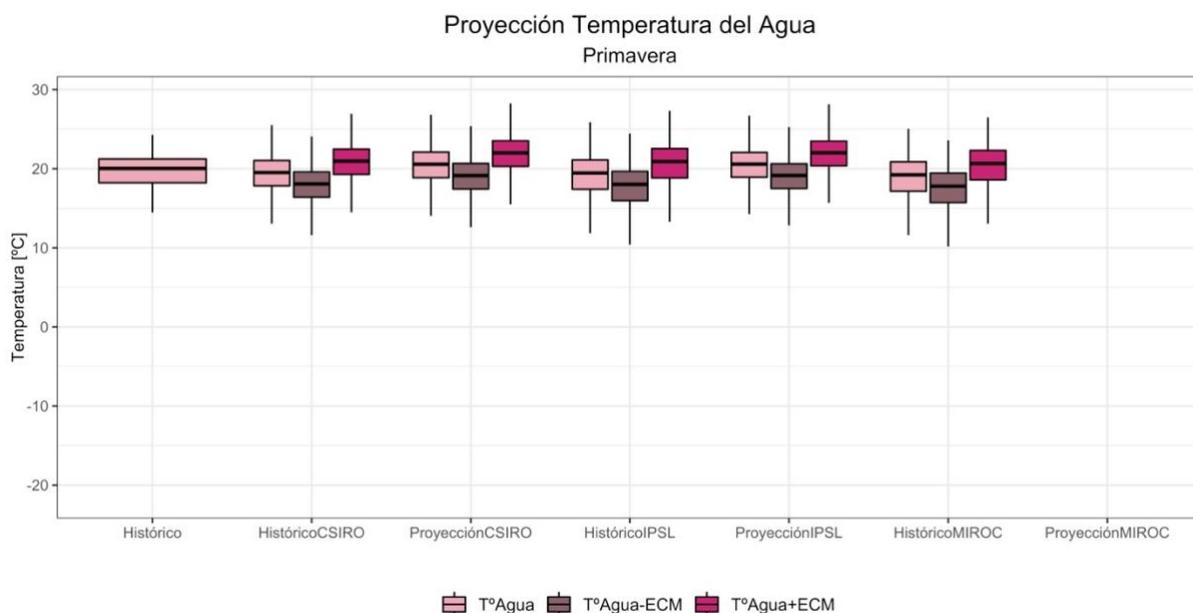


Figura 60: Proyección de niveles de concentración de temperatura del agua. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 2000 a 2019 (fuente DGA). Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de bicarbonato se presentan en la Tabla 51, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por el parámetro: caudal, por lo que es ese parámetro el que defiende el modelo.

Tabla 51: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para bicarbonato para todas las estaciones meteorológicas

Todas las estaciones			
Nº Datos: 8	BiC ~ caudal	BiC ~ caudal + Pacumulada	BiC ~ caudal + Pacumulada + temperatura_
Modelo			
R ² ajustado	0,811	0,823	0,882
p-valor	0,001	0,006	0,008
AIC	42,143	42,133	39,141
Validación Cruzada			
ECM	2,768	3,199	3,539

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Bicarbonato} = 19,79 + -0,09 \cdot \text{caudal}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de bicarbonato para el año completo. En la Figura 61 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

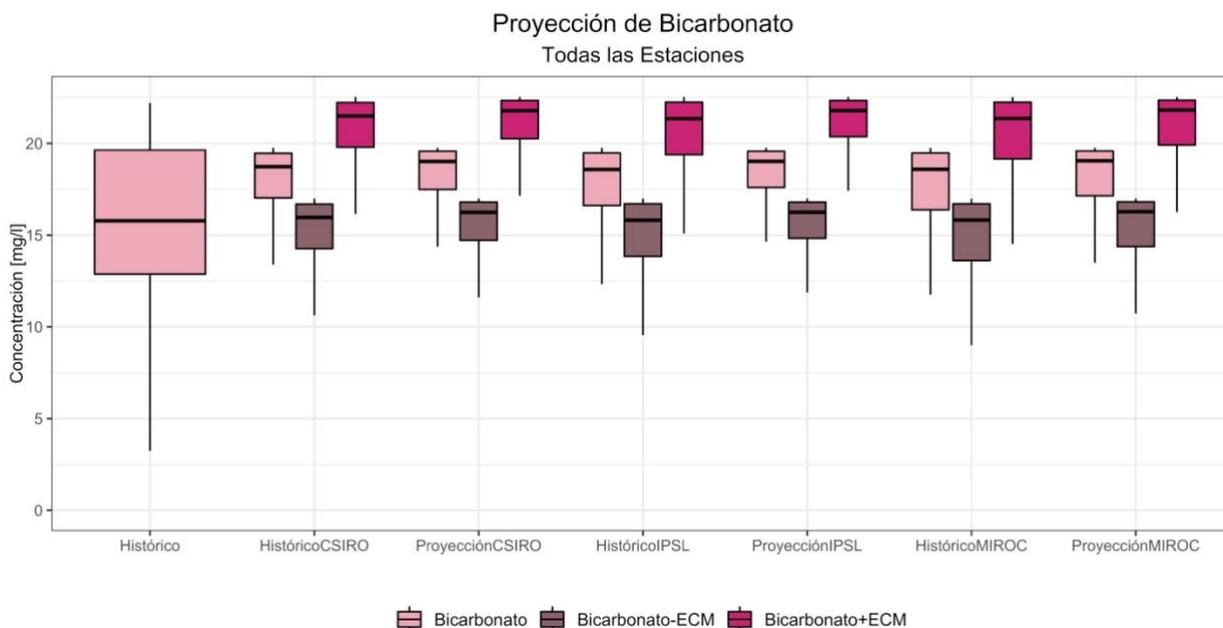


Figura 61: Proyección de niveles de concentración de bicarbonato. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 2000 a 2006 (fuente DGA). Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Nitrato de nitrógeno se presentan en la Tabla 52, el mayor R_2 y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y precipitación diaria, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 52: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para Nitrato de nitrógeno en estación meteorológica invierno.

Invierno			
Nº Datos: 8	NdeN ~ P_	NdeN ~ P_ + caudal	NdeN ~ P_ + caudal + temperatura_
Modelo			
R2 ajustado	0,585	0,693	0,663
p-valor	0,017	0,022	0,065
AIC	37,540	35,656	36,618
Validación Cruzada			
ECM	3,640	3,759	3,899

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Nitrato de nitrógeno} = 0,094 + 0,078 \cdot P_{diaria} + -0,0013 \cdot \text{caudal}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático de nitrógeno de nitrato para el año completo. En la Figura 62 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

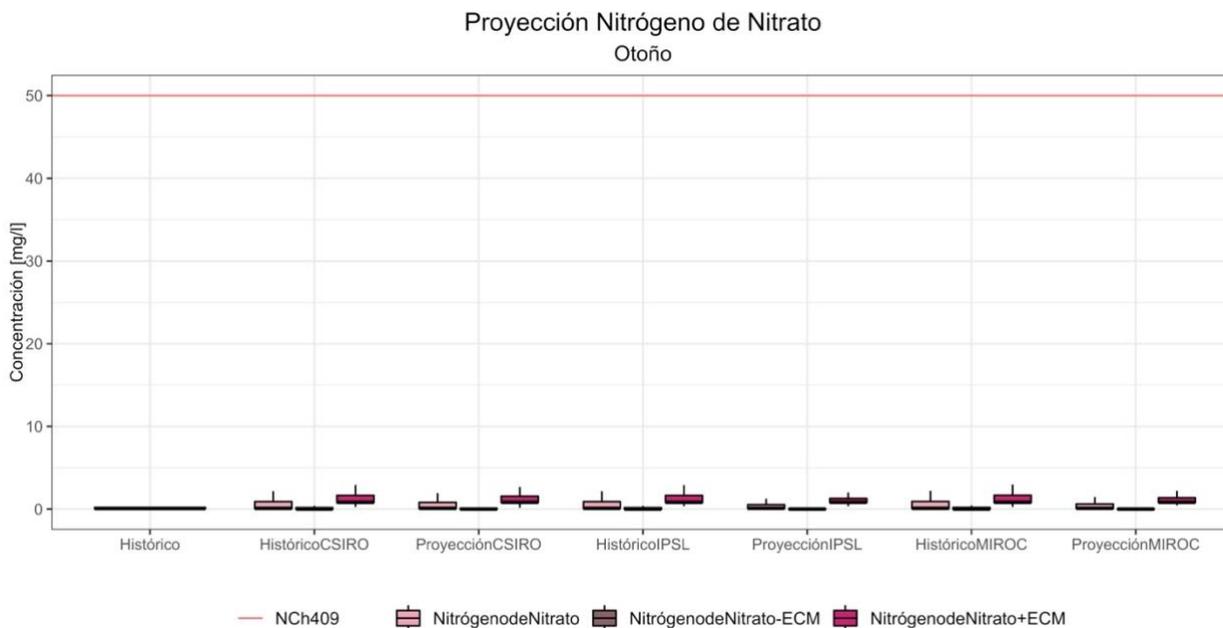


Figura 62: Proyección de niveles de concentración de nitrógeno de nitrato. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre a , en total datos (fuente DGA). Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

5.5.Región de los Ríos

Río Cruces en Rucaco

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Magnesio disuelto se presentan en la Tabla 53, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y precipitación acumulada de la estación, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 53: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para bicarbonato en estación meteorológica otoño

Otoño			
Nº Datos: 15	MgD ~ caudal	MgD ~ caudal + Pacumulada	MgD ~ caudal + Pacumulada + temperatura
Modelo			
R ₂ ajustado	0,647	0,674	0,677
p-valor	0,000	0,000	0,001
AIC	0,478	0,075	0,602
Validación Cruzada			

Otoño			
Nº Datos: 15	MgD ~ caudal	MgD ~ caudal + Pacumulada	MgD ~ caudal + Pacumulada + temperatura
ECM	0,228	0,219	0,269

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Magnesio disuelto} = 1,12601 + -0,00283 \cdot \text{caudal} + 0,000497 \cdot \text{Pacumulada}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del Magnesio disuelto en el periodo de otoño. En la Figura 63 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

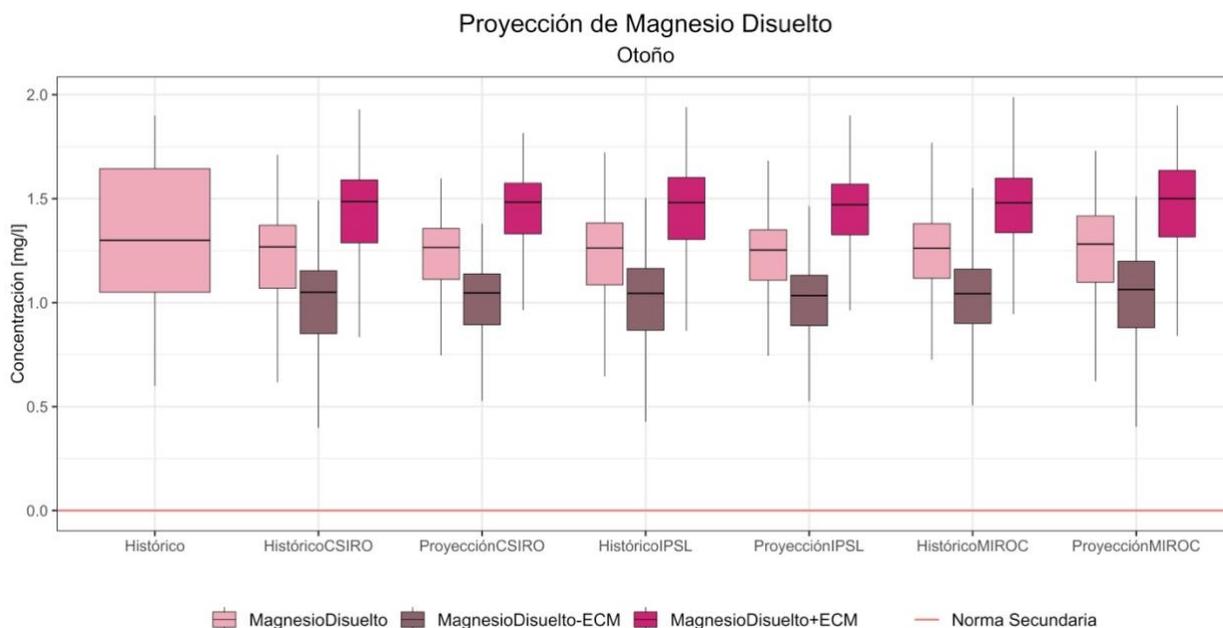


Figura 63: Proyección de niveles de concentración de magnesio disuelto. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1987 a 2012 (fuente DGA). Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de Magnesio disuelto se presentan en la Tabla 54, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por un parámetro: precipitación acumulada de la estación, por lo que es este parámetro el que defiende el modelo.

Tabla 54: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para magnesio disuelto en estación meteorológica verano

Verano			
Nº Datos: 10	MgD ~ P ₋	MgD ~ P ₋ + caudal	MgD ~ P ₋ + caudal + temperatura ₋
Modelo			
R ₂ ajustado	0,653	0,657	0,690

Verano			
Nº Datos: 10	MgD ~ P_	MgD ~ P_ + caudal	MgD ~ P_ + caudal + temperatura_
p-valor	0,003	0,010	0,018
AIC	-6,126	-5,574	-6,137
Validación Cruzada			
ECM	0,171	0,224	0,210

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Magnesio disuelto} = 1,601 + -0,008 \cdot P_$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del Magnesio disuelto en el período de verano. En la Figura 64 **Error! Reference source not found.** se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

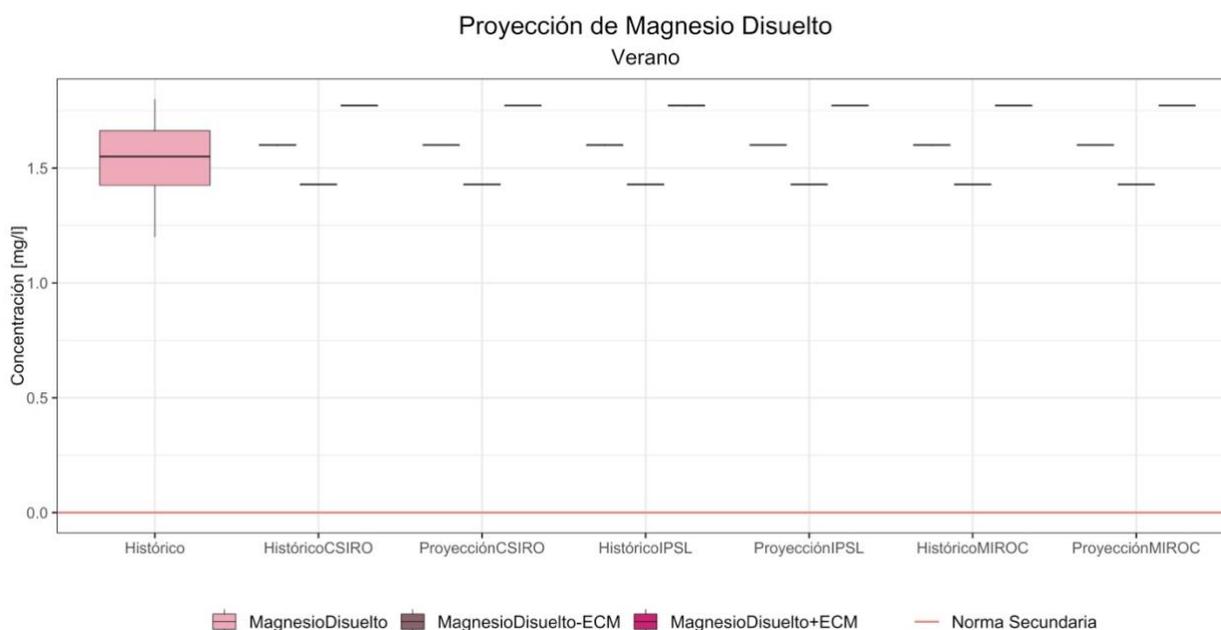


Figura 64: Proyección de niveles de concentración de magnesio disuelto. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1987 a 2012 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de bicarbonato se presentan en la Tabla 55, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: temperatura y precipitación acumulada de la estación, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 55: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para bicarbonato en estación meteorológica verano

Verano			
Nº Datos: 8	BiC ~ Pacumulada	BiC ~ Pacumulada + temperatura_	BiC ~ Pacumulada + temperatura_ + caudal
Modelo			
R ₂ ajustado	0,707	0,774	0,750
p-valor	0,006	0,010	0,037
AIC	33,148	31,598	32,644
Validación Cruzada			
ECM	1,818	1,848	2,079

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Bicarbonato} = 23,875 + -0,0412 \cdot \text{Pacumulada} + 0,4023 \cdot \text{temperatura}_$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del bicarbonato en el periodo de primavera. En la Figura 65 **Error! Reference source not found.** se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

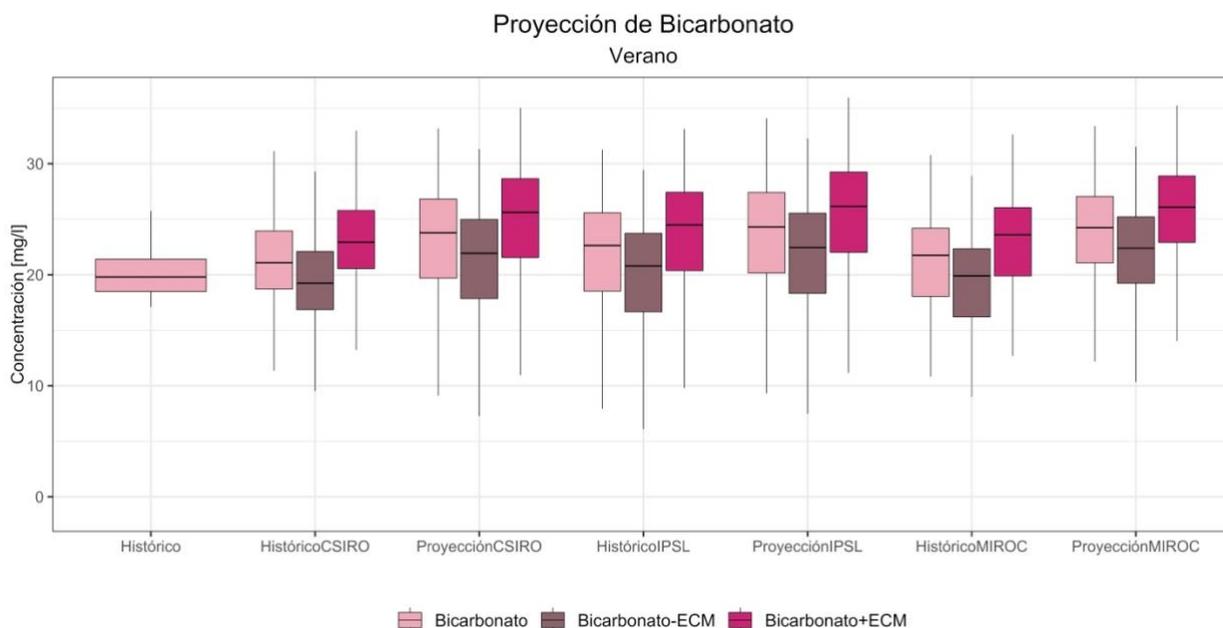


Figura 65: Proyección de niveles de concentración de bicarbonato. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1987 a 2006 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de bicarbonato se presentan en la Tabla 56, el mayor R₂ y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: temperatura y precipitación acumulada de la estación, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 56: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para bicarbonato en estación meteorológica invierno

Invierno			
Nº Datos: 10	BiC ~ Pacumulada	BiC ~ Pacumulada + temperatura	BiC ~ Pacumulada + temperatura + caudal
Modelo			
R ² ajustado	0,584	0,781	0,785
p-valor	0,006	0,002	0,006
AIC	47,785	42,053	42,318
Validación Cruzada			
ECM	2,482	1,693	1,725

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Bicarbonato} = 20,74 + -0,017 \cdot \text{Pacumulada} + 0,74 \cdot \text{temperatura}$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del bicarbonato en el periodo de invierno. En la Figura 66 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

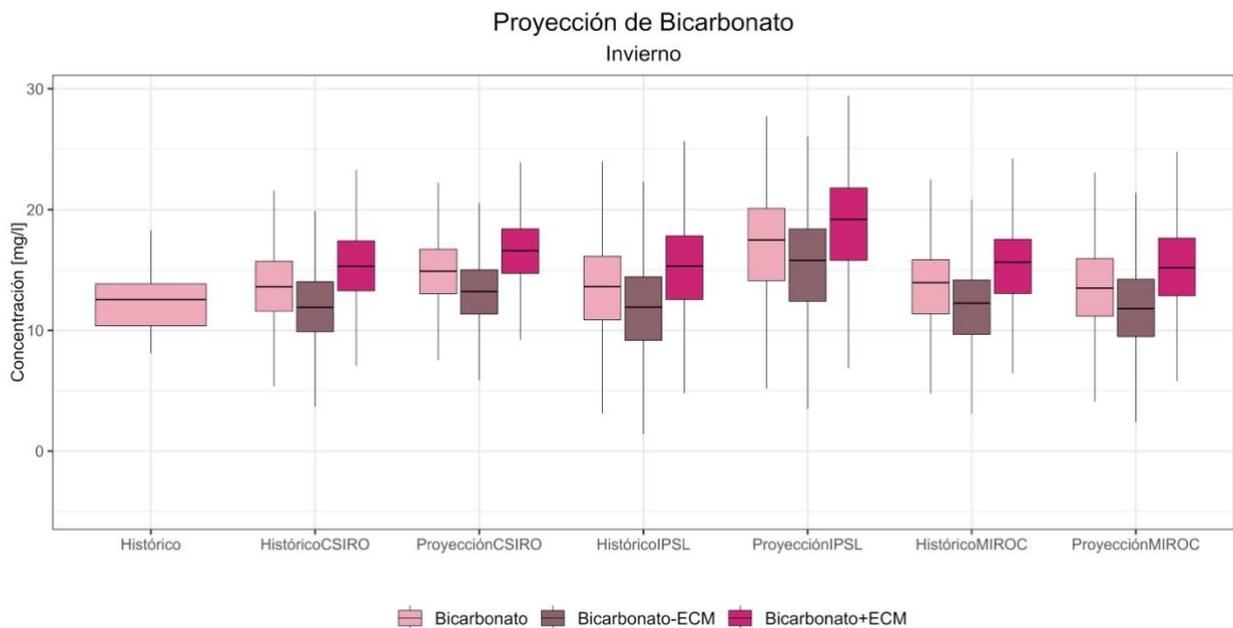


Figura 66: Proyección de niveles de concentración de bicarbonato. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre 1987 a 2006 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060.

Los coeficientes del modelo ajustado para la proyección de bicarbonato se presentan en la Tabla 57, el mayor R² y menor ECM de validación cruzada está dada por dos parámetros: caudal y precipitación acumulada de la estación, por lo que son esos parámetros los que defienden el modelo.

Tabla 57: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para bicarbonato en todas las estaciones meteorológicas

Todas las estaciones			
Nº Datos: 37	BiC ~ caudal	BiC ~ caudal + Pestacion_	BiC ~ caudal + Pestacion_ + temperatura_
Modelo			
R ² ajustado	0,510	0,670	0,667
p-valor	0,000	0,000	0,000
AIC	196,905	183,178	184,441
Validación Cruzada			
ECM	3,385	2,801	2,846

El modelo lineal multivariable queda dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Bicarbonato} = 22,57 + -0,02 \cdot \text{caudal} + -0,01 \cdot \text{Pestacion}_-$$

Con el modelo definido se procede a realizar la proyección para cambio climático del bicarbonato en todas las estaciones. En la Figura 67 se presentan los resultados para cada modelo de proyección de cambio climático.

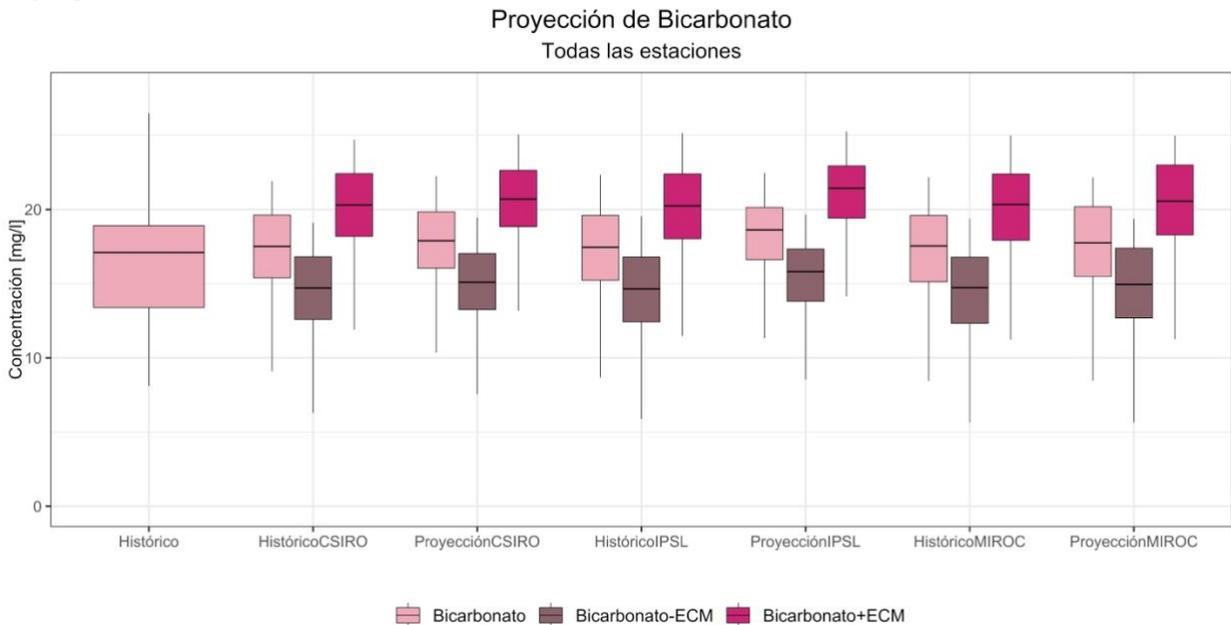


Figura 67: Proyección de niveles de concentración de bicarbonato. Los datos de histórico corresponden a los valores observados, información disponible entre a 1987 a 2006 (fuente DGA), se presentan a modo de comparación con los datos de modelación de cambio climático. Se considera datos históricos desde 1979 a 2015 y proyección de 2018 a 2060

5.6. Resumen

En la Tabla 58, se entrega a modo de resumen la variación porcentual entre el periodo proyectado y el periodo histórico, para cada modelo de circulación general.

Esta variación se calcula como:

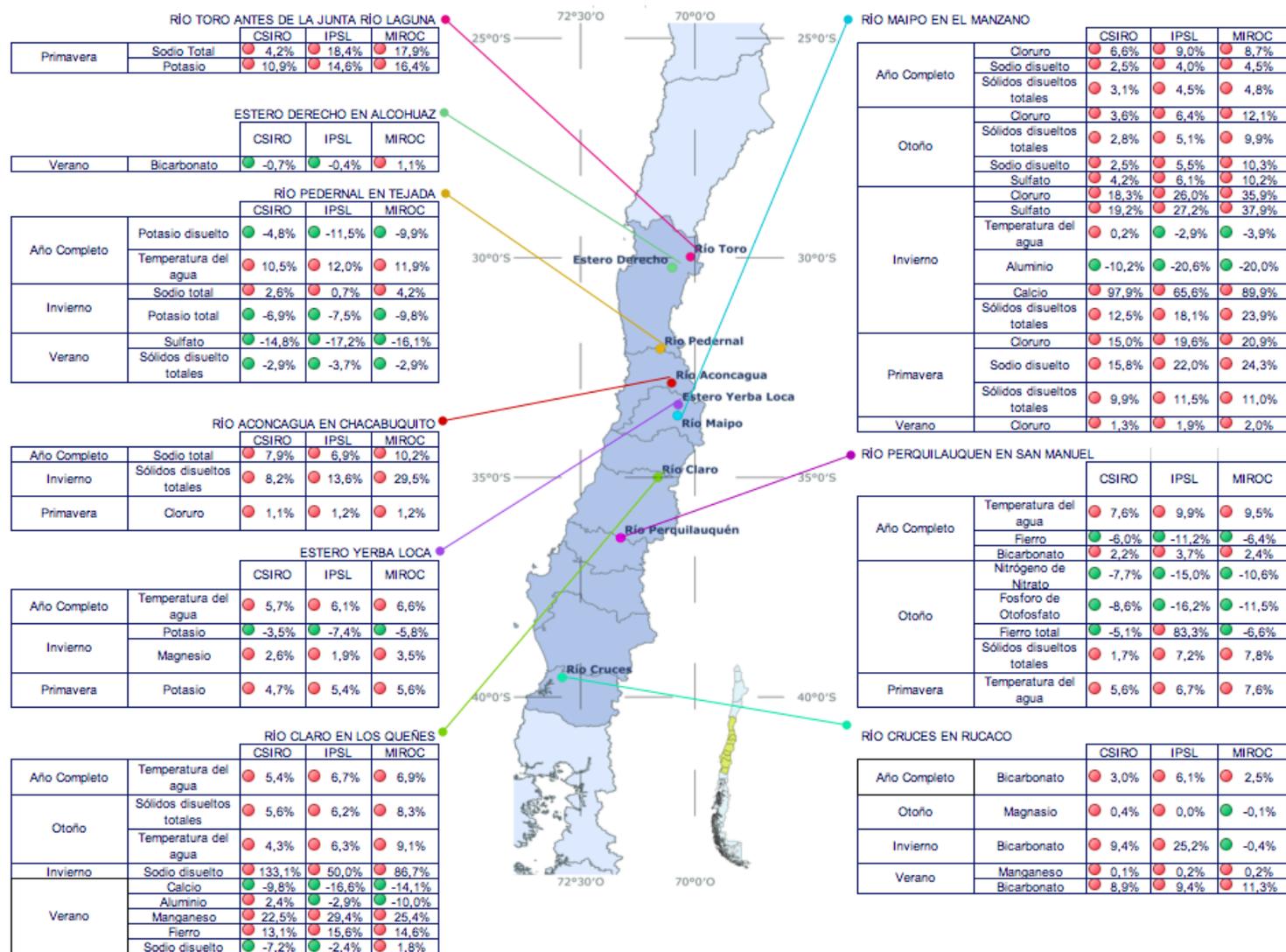
$$\Delta\% = \frac{\text{promedio de la proyección (2018 – 2060)} - \text{promedio muestra histórica}}{\text{promedio muestra histórica}} \%$$

Y el color rojo se utiliza para mostrar un aumento del valor de las concentraciones o temperatura y el verde para una disminución.

Las proyecciones que infringirían las normativas corresponden a:

- Río Aconcagua en Chacabuquito: cloruro en primavera infrige la norma secundaria para la cuenca del río Aconcagua.
- Río Maipo en el Manzano: sólidos disueltos totales en otoño infrige la norma secundaria para la cuenca del río Maipo
- Río Aconcagua en Chacabuquito: sólidos disueltos totales en otoño infrige la norma secundaria para la cuenca del río Maipo

Tabla 58: resumen de variación porcentual entre el histórico y las proyecciones para cada GCM



6. Discusión de Resultados

En total son 55 parámetros fisicoquímicos de calidad del agua que se pueden modelar a través de forzantes hidroclimáticas. Para la discusión de resultados, primero se evaluará la calidad del método utilizado, desde el punto de vista de los resultados obtenidos; esta evaluación se realiza con el fin de determinar sus limitaciones y alcances. Segundo se contrastarán los resultados obtenidos con los estudios previos, presentados en la revisión bibliográfica. Por último se verificará las hipótesis de investigación.

Calidad del método utilizado

Al inicio del estudio, en la etapa de selección de las cuencas muy pocas correlaciones entre parámetros fisicoquímicos y predictores hidroclimáticos se presentaban como significativas. Ante esto se tomó la decisión de trabajar con las cuencas de menor tamaño que tuvieran información hidroclimática y de calidad del agua, no obstante el tamaño de las cuencas trabajadas va desde 56 km² a 4839 km². Otro punto en el cual se hizo hincapié al momento de elegir las zonas de estudio fue la cantidad de años de información, este punto fue más restrictivo en el caso de los parámetros hidroclimáticos, ya que a medida de los años los parámetros muestreados cambiaban, se sumaban nuevos parámetros y a la vez se dejaban de muestrear otros por periodos importantes.

Si bien todos los ajustes fueron desarrollados con el algoritmo presentado en la metodología, cumpliendo así los criterios establecidos probabilísticamente, algunos resultados presentan un mejor ajuste con la realidad que otros. En Tabla 60 se presenta una comparación entre los valores históricos obtenidos de los muestreos de calidad de agua de la DGA y los resultados generados a partir del modelo utilizando las series climáticas del Balance Hídrico del 2017 para los GCM: CSIRO, IPSL y MIROC. Se considera un buen ajuste si la diferencia entre el valor histórico del muestreo y la del modelo es menor al 10%. En total el número de proyecciones se reduce a 24, donde predominan los sólidos disueltos totales, temperatura del agua y bicarbonato. Además se nota que el parámetro con menor presencia entre los 24 modelos es precipitación diaria y precipitación diaria del día anterior.

Los valores de la Tabla 60 se obtienen como:

$$\Delta\% = \frac{\text{promedio de la proyección (1979 – 2015)} - \text{promedio muestra histórica}}{\text{promedio muestra histórica}} \%$$

El predictor de precipitación diaria y precipitación diaria del día anterior necesita una revisión en la forma de aplicación, ya que típicamente se muestra con un alto ajuste para parámetros con concentraciones bajas, como los metales, dado su alta cantidad de valores nulos (ya que es distinto de cero solo cuando llueve). El problema radica en que los datos válidos para estudiar, es decir que coincida la fecha (día/mes/año) del parámetro de calidad del agua con el parámetro de precipitación diaria, no corresponde efectivamente a días de lluvias, por lo que se estaría ajustando una muestra de puntos de tipo (valor [mg/l], 0 [mm]).

Otro punto cuestionado desde el punto de vista de la calidad del agua fue el utilizar como predictor la temperatura media y no las temperaturas extremas. Para ver los efectos de este cuestionamiento, se volvió a correr el algoritmo de ajuste para la cuenca con mayor rango de temperatura, es decir para la cuenca en que la temperatura media sería menos representativa. Esta cuenca corresponde a la del Río Toro antes de la junta Río Laguna.

Para trabajar con las temperaturas extremas, se aplica la metodología presentada en el capítulo 3 , pero con dos predictores mas: temperatura mínima y temperatura máxima. Al aplicar el primer paso, para la exploración inicial del nivel de correlación no se presentan nuevos ajustes significativos para las temperaturas extremas, es decir, al utilizar la temperatura máxima y temperatura mínima no cambian los resultados. Al seguir con la calibración para generar los modelos, en el caso del potasio disuelto, que su modelo final tenia como predictor la temperatura media, cambia el resultado ajustándosele la temperatura máxima de mejor manera. El modelo final queda como:

$$\text{Potasio} = 12,04 - 9,87 \cdot \text{caudal} + 0,43 \cdot \text{temperatura} - 0,13 \cdot P_{\text{estación}}$$

Y los indicadores del ajuste están en la tabla a continuación.

Tabla 59: coeficientes de ajuste del modelo lineal multivariado para potasio disuelto en verano, ajuste realizado con temperaturas extremas.

Verano			
Nº Datos: 10	K ~ caudal	K ~ caudal + Tmax	K ~ caudal + Tmax + Pestacion_
Modelo			
R2 ajustado	0,585	0,629	0,675
p-valor	0,000	0,000	0,000
AIC	111,411	109,593	107,275
Validación Cruzada			
ECM	3,327	3,042	2,789

A diferencia del modelo ya ajustado, el R2 ajustado aumenta un 0,012, el AIC disminuye un 0,879 y el error cuadrático medio disminuye un 0,104. Por lo que según los coeficientes de ajuste es mejor el modelo con la temperatura extrema. Al evaluar los modelos con el mismo valor de caudal, temperatura y precipitación de la estación anterior la diferencia es de 2,6 mg/l principalmente debido a la constante, dado que los coeficientes de los predictores no presentan una variación significativa.

Para este modelo no se realiza una proyección por cambio climático ya que no se tiene información de las temperaturas extrema para llevarlo a cabo.

De forma general los ajustes y proyecciones tienen el respaldo de una metodología robusta en términos de estadística. Los ajustes pueden mejorarse o afinarse a medida que se incluyan nuevos predictores que logren integrar de mejor manera los procesos en los cuales es parte el agua de cada cuenca.

Tabla 60: diferencia porcentual entre el promedio de la muestra histórica de concentración y el promedio de la proyección para los años 1979 a 2015 para cada GCM. En color las diferencias menores al 10%.

Zona			HistóricoCSIRO	HistóricoMIROC	HistóricoIPSL
Río Toro antes de la junta Río Laguna	Primavera	Sodio total	11,3%	12,3%	20,0%
	Verano	Potasio	-20,9%	-21,8%	-19,1%
Estero Derecho en Acolhuaz	Verano	Bicarbonato	-0,9%	0,2%	-0,4%
Río Pedernal en Tejada	Año Completo	Potasio disuelto	-37,5%	-46,7%	-42,6%
		Temperatura del agua	15,3%	16,6%	15,9%
	Verano	Sólidos disuelto totales	6,1%	8,3%	7,7%
		Sulfato	-19,5%	-21,7%	-19,5%
	Invierno	Sodio total	-4,1%	-2,1%	-5,0%
		Potasio total	-46,3%	-29,4%	-41,0%
Río Aconcagua en Chacabucquito	Año Completo	Sodio total	17,3%	13,0%	13,3%
	Invierno	Sólidos disueltos totales	42,9%	49,4%	53,6%
	Primavera	Cloruro	1,6%	6,1%	6,1%
Estero Yerba Loca antes de la junta Río San Francisco	Año Completo	Temperatura del agua	-7,0%	-6,5%	-6,9%
	Invierno	Potasio	-20,0%	-19,9%	-20,0%
		Magnesio	2,2%	1,7%	1,7%
	Primavera	Potasio	-10,8%	-10,7%	-10,7%
Río Maipo en el Manzano	Año Completo	Cloruro	16,5%	16,7%	3,9%
		Sodio disuelto	-9,7%	-9,3%	-9,2%
		Sólidos disueltos totales	-5,5%	-5,1%	-6,4%
	Otoño	Cloruro	-13,0%	-14,4%	-16,0%
		Sólidos disueltos totales	-9,3%	-10,5%	-9,6%
		Sodio disuelto	-11,1%	-12,3%	-13,9%
		Sulfato	-8,9%	-9,7%	-13,3%
	Invierno	Cloruro	56,4%	52,9%	52,0%
		Sulfato	55,3%	51,8%	51,0%
Temperatura del agua		-33,8%	-28,5%	-25,4%	

Zona			HistóricoCSIRO	HistóricoMIROC	HistóricoIPSL
Río Maipo en el Manzano		Aluminio	-71,4%	-64,0%	-57,7%
		Calcio	87,3%	83,6%	75,0%
		Sólidos disueltos totales	49,7%	45,1%	43,5%
	Primavera	Cloruro	9,7%	15,5%	24,1%
		Sodio disuelto	4,0%	10,5%	21,8%
		Sólidos disueltos totales	4,9%	8,3%	11,9%
Verano	Cloruro	-63,4%	-60,9%	-64,0%	
Río Claro en los Queñes	Año Completo	Temperatura del agua	0,1%	0,6%	0,3%
	Otoño	Sólidos disueltos totales	-1,8%	-3,4%	-4,2%
		Temperatura del agua	-8,1%	-7,9%	-8,3%
	Invierno	Sodio disuelto	94,4%	81,3%	94,3%
	Verano	Calcio	12,7%	10,7%	12,6%
		Aluminio	-1598,2%	-1616,7%	-1593,3%
		Manganeso	-40,3%	-27,8%	-30,9%
Fierro		40,5%	41,5%	40,7%	
	Sodio disuelto	-6,9%	-4,7%	-5,9%	
Río Perquilauquén en San Manuel	Año Completo	Temperatura del agua	1,6%	2,1%	1,9%
		Fierro	-6,3%	-6,3%	-6,3%
		Bicarbonato	-13,1%	-12,6%	-12,2%
	Otoño	Nitrógeno de Nitrato	-36,2%	-35,1%	-36,0%
		Fosforo de Otofosfato	-62,2%	-60,7%	-61,9%
		Fierro total	-51,3%	-50,6%	-50,9%
	Sólidos disueltos totales	8,6%	8,1%	7,3%	
Primavera	Temperatura del agua	2,9%	4,4%	5,0%	
Río Cruces en Rucaco	Año Completo	Bicarbonato	0,2%	0,6%	0,8%
	Otoño	Magnesio	9,1%	9,1%	7,6%
	Invierno	Bicarbonato	-5,2%	-4,6%	-5,7%
	Verano	Manganeso	-5,7%	-5,6%	-5,6%

Zona			HistóricoCSIRO	HistóricoMIROC	HistóricoIPSL
Río Cruces en Rucaco		Bicarbonato	-5,0%	-5,3%	-5,2%

Contraste con resultados de estudio previos

Al trabajar las proyecciones de concentración y temperatura para cambio climático se trabajan con el periodo de 2018 a 2060, ya que al hablar de clima se establece un umbral de 30 a 60 años que es lo que se maneja para establecer un comportamiento climático en una zona. Por ejemplo si trabajo con los primeros 10 años, podría tomar todos los valores más altos, luego los segundos 10 años, podría tomar los valores bajos y a los últimos 10 años de mi estudio tomo una mezcla de valores, por lo que en perspectiva general del estudio de 30 años es diferente a que si observo cada periodo de 10 años.

Para la cuenca del Río Toro, se ajusta en primavera el sodio disuelto y potasio, ambos aumentan su concentración según las proyecciones. En la revisión bibliográfica se menciona un aumento de concentraciones de sales e iones principales, entre los que se encuentra el potasio, producto de la sequía y sus efectos en la evaporación y una menor dilución. En las proyecciones de cambio climático para esta cuenca estudiada se presenta una disminución en las precipitaciones y en los caudales, por lo que la disponibilidad hídrica disminuiría, y un aumento de temperatura. Con estos antecedentes, se puede esperar una menor dilución producto de una menor cantidad de agua a través de los años y una mayor evaporación dado los aumentos de temperatura.

Para la cuenca del Estero Derecho, en este caso se tiene un modelo para bicarbonato, el cual presenta para 2 GCM mejoras leves y para un GCM un empeoramiento de la calidad del agua. En este caso la disminución de concentración a futuro se corresponde con la tendencia a la baja de su tendencia histórica.

En la cuenca del Río Pedernal, se mantiene las tendencias históricas presentadas. En el caso del potasio disuelto y temperatura del agua para año completo, ambos no presentaban una tendencia clara en sus datos históricos, tuvieron resultados contrarios para las proyecciones 2018 a 2060. Mientras la temperatura del agua aumentó, lo cual se apega a lo esperado, el potasio disuelto disminuyó su concentración.

En la cuenca del Río Aconcagua, se mantienen las tendencias históricas al alza de los tres parámetros fisicoquímicos modelados. En el caso del cloruro y el sodio total concuerdan con el comportamiento esperado para estos compuestos de los estudios presentados en la revisión bibliográfica. Por otro lado, para los sólidos suspendidos, su aumento no se corresponde a los periodos de escasez hídrica, donde hay menor transporte de sólidos por menor escorrentía, además, dada la menor escorrentía la velocidad es menor y los sólidos decantan.

En la cuenca del Estero Yerba Loca, la temperatura del agua, el potasio para invierno y el manganeso siguen el comportamiento esperado dado sus tendencias históricas. En el caso del potasio en primavera se espera, dada su tendencia histórica, disminuya su concentración, en este caso lo aumenta. Este aumento tampoco se corresponde con lo esperado para los nutrientes en época de menor disponibilidad hídrica, dado que al haber menor agua, el tiempo de residencia aumenta lo que provoca un consumo de nutrientes.

En el caso del Río Maipo en el Manzano, se mantiene la tendencia histórica para todos los parámetros modelados, menos para el cloruro, el cual no tenía una tendencia marcada en la mayoría

de las estaciones y en verano era a la baja, no obstante su comportamiento se corresponde con el esperado para la salinidad y los iones según los estudios presentados en la revisión bibliográfica.

En el caso de la cuenca del Río Perquilauquén, en su gran mayoría los resultados mantienen su comportamiento histórico. Los parámetros que no concuerdan con la tendencia histórica son el bicarbonato para el año completo y la temperatura del agua para primavera, sin embargo, ambos concuerdan con el comportamiento esperado en otros estudios. Si bien la modelación del nitrógeno de nitrato y el fósforo de ortofostafo concuerdan tanto con el comportamiento histórico y con lo esperado para nutrientes, esta modelación presenta varios valores ceros o cercanos a ceros, lo que genera un alto ruido.

Por último, para el río cruces el resultado que no es acorde a su comportamiento histórico es el bicarbonato, el cual presentaba una tendencia a la baja y la modelación lo presenta sin tendencia.

En resumen, para la mayoría de los parámetros fisicoquímicos modelados se mantiene la tendencia histórica presentada en el capítulo de zona de estudio, lo cual se debe a que se modela con estos datos y los datos de las forzantes hidroclimáticas, las cuales exhiben el mismo comportamiento histórico y de cambio climático (caudal y precipitaciones disminuyen y las temperaturas se incrementan). Por otro lado, estas proyecciones exhiben ser influenciadas de la misma manera que los estudios presentados en la revisión sobre la de cantidad de agua disponible y como esta afecta los distintos procesos que rigen el comportamiento de las aguas superficiales, como: la escorrentía, la evaporación, la sedimentación y los procesos químicos del agua como la absorción de nutrientes.

Verificación de la hipótesis de investigación

La hipótesis que se intenta planteada en un comienzo es si se puede llegar a cuantificar desde un punto de vista estadístico la calidad del agua dada su disponibilidad (caudal) y forzantes meteorológicas (precipitación y temperatura). Como uno de los resultados de la tesis se entregan los modelos y el nivel de ajuste alcanzado, para proyectar 55 parámetros fisicoquímicas de los 352 estudiados.

En un segundo lugar, conociendo proyecciones hidroclimáticas para la zona de estudio, se generan distintos escenarios de calidad de agua a futuro con las proyecciones de cambio climático en el periodo (2030-2060). Una vez generados los modelos, se aplican, y se obtienen las proyecciones a futuro para los parámetros ajustados para tres modelos de circulación general. Se presentan las variaciones porcentuales entre el periodo histórico que va desde 1979 a 2015 y el periodo futuro que va desde 2018 a 2060 ara cada uno de los GCM.

Y por último, estas proyecciones de escenarios de calidad del agua se contrastan con las principales normativas que rigen a estas cuencas en Chile, estas son:

- NCh409/1. Agua potable – Parte 1- Requisitos.
- Norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo

- Anteproyecto de norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Elqui.
- Anteproyecto de norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Aconcagua.
- Norma chilena oficial N°1.333/78. Estándares nacionales de calidad ambiental según el uso dado al recurso.

7. Conclusiones

La principal implicancia de esta memoria es modelar hidrológicamente los parámetros de calidad del agua y proyectar los niveles de concentración hasta el año 2060 con un nivel de ajuste válido. Se logró desarrollar un análisis de regresión lineal múltiple entre parámetros de calidad del agua forzantes hidroclimáticas como caudal, temperatura del aire y precipitación. Los parámetros que lograron una mayor cantidad de ajustes significativos son: sólidos disueltos totales, bicarbonato, sodio total, magnesio, temperatura del agua. Se logra cuantificar la relación existente entre la calidad del agua y factores que modulan su disponibilidad en cuencas de cabecera situadas entre la Región de Coquimbo y la Región de los Ríos.

En números, se trabaja en 5 regiones de Chile, en 9 cuencas. Se evalúan 352 correlaciones entre parámetros fisicoquímicos y predictores hidroclimáticos, esto decanta en 55 modelos con ajustados. 33 modelos entregan como resultado una menor calidad del agua para los años 2018 a 2060 y 3 de estos parámetros no cumplirían con la normativa establecida.

Existen parámetros que no se modelan a través de forzantes hidroclimáticas por distintos factores: su cantidad de datos no es suficiente o se presentan en periodos de tiempo con grandes lagunas, la varianza de la muestra es baja o los datos se mueven en rangos muy pequeños, no se tiene el nivel de concentración dado que es menor que el límite de detección del instrumento con el cual se está midiendo y en ocasiones la concentración no está influenciada por las forzantes. Es importante mantener la discretización por estación meteorológica en el estudio, ya que aporta información extra y permite un mayor comprensión y evaluación de los posibles procesos que alteran la calidad del agua.

Para futuros estudios, se recomienda trabajar con las precipitaciones diarias como una variable binaria, es decir llovió, no llovió para ver los efectos de la escorrentía en cada cuenca, para esto se puede buscar trabajar principalmente con cuencas pluviales, en donde los caudales son principalmente dominados por la precipitación. También se sigue ver el efecto de otros factores hidroclimáticos como las temperaturas extremas, humedad del aire, evaporación, entre otros. Además se puede extrapolar este estudio a otros cuerpos de agua, como lagos y acuíferos, y también se pueden evaluar las interacciones entre estos, como ríos con aguas subterráneas. Otro enfoque abordar es estudiar y desarrollar una metodología especial para trabajar con niveles bajos de concentración, como los que presentan algunos metales.

Para cerrar, la metodología presentada, es robusta y no genera un gran gasto computacional y utiliza información de acceso público. Puede complementarse para incluir nuevos predictores y lograr un mayor ajuste para cada modelo. La metodología es extrapolable a cualquier cuenca de régimen natural para saber cuantificar los efectos de forzantes hidroclimáticas en la calidad del agua y con la posibilidad de saber el comportamiento de los niveles de concentraciones a futuro.

8. Bibliografía

Berrar, Daniel. 2018. Cross-Validation. DOI:10.1016/B978-0-12-809633-8.20349-X.

Boisier, J.P., Alvarez-Garretón, C., Cordero, R.R., Damiani, A., Gallardo, L., Garreaud, R.D., Lambert, F., Ramallo, C., Rojas, M. and Rondanelli, R., 2018. Anthropogenic drying in central-southern Chile evidenced by long-term observations and climate model simulations. *Elem Sci Anth*, 6(1), p.74. DOI: <http://doi.org/10.1525/elementa.328>

Caballero Diaz, Francisco, 2017. Selección de modelos mediante criterios de información en análisis factorial. Aspectos teóricos y computacionales, Tesis doctoral.

CADE-IDEPE Consultores elaborado para la Dirección general de aguas. 2006. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad.

Camila Alvarez-Garretón, Pablo A. Mendoza, Juan Pablo Boisier, Nans Addor, Mauricio Galleguillos, Mauricio Zambrano-Bigiarini, Antonio Lara, Cristóbal Puelma, Gonzalo Cortes, Rene Garreaud, James McPhee, and Alvaro Ayala. The CAMELS-CL dataset: catchment attributes and meteorology for large sample studies – Chile dataset. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 2018.

Carrasco, J, 2017. Evidencias de cambio climático en Chile, sus proyecciones y consecuencias

Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2012. La economía del cambio climático en Chile

Comisión nacional del medio ambiente, 1994. Norma chilena oficial N°1.333/78. Estándares nacionales de calidad ambiental según el uso dado al recurso.

Dirección general de Aguas, 2016. Atlas del agua.

Dirección general de Aguas, 2017. Actualización del balance hídrico nacional.

Fundación Chile, Escenario Hídricos 2030: Radiografía del agua.

Fundación Chile, 2018. Radiografía del Agua: Brecha y riesgo hídrico en Chile

García, T. 2012. Propuesta de índices de calidad del agua para ecosistemas hídricos de Chile. Tesis para optar al título de ingeniero civil. Universidad de Chile.

Girardi, C., González, F., Jara, S., Charre, R., Elorrieta, M., Sanchis, E. y Castillo, I. 2018. Metodología de construcción de índice de calidad para aguas superficiales. Informe Técnico elaborado para Escenarios Hídricos 2030.

Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani. 2017. *An Introduction to Statistical Learning*.

- Instituto nacional de normalización, INN. 1995. NCh409/1. Agua potable – Parte 1- Requisitos.
- Ministerio de medio ambiente, 2014. Norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo.
- Ministerio de medio ambiente. Anteproyecto de norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Elqui.
- Ministerio de medio ambiente, 2017. Anteproyecto de norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Aconcagua.
- Montero Granados. R, 2016. Modelos de regresión lineal múltiple. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada. España.
- Mosley, Luke M. 2015. Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.11.010>
- ONU. 2015. Decenio Internacional para la acción “El agua fuente de vida” 2005- 2015.
- Pastén, P., Vega, A., Guerrero, P., Pizarro, J., Lizama, K. Calidad del agua en las Américas, capítulo: Calidad del Agua en Chile; Avances, desafíos y perspectivas. (2018)
- Potter K. 2006. Methods for presenting statistical information: the box plot. In: Hagan H , Kerren A , Dannemann P , eds. Visualization of Large and Unstructured Data Sets, GI-Edition Lecture. Notes in Informatics (LNI).
- R Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Santibanez, S. 2017. Agricultura Chilena: Reflexiones y Desafíos 2030 de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
- Valdés – Pineda, R., 2014. Water governance in Chile: Availability, management and climate change
- Vargas, J. 2017. Oferta hídrica referencial. Informe elaborado por Universidad de Concepción para Escenarios Hídricos 2030. Concepción, Chile.
- Vega, A.S., Lizama, K., Pastén, P. 2018. Water Quality: Trends and Challenges. In: Donoso, G. (Ed.), Water Policy in Chile. Global Issues in Water Policy
- Wilks, D.S. 2006. Statistical methods in the atmospheric sciences.

Anexos A: Correlación inicial

Las tablas a continuación corresponden a los resultados de la correlación de Pearson entre las forzantes hidroclimáticas y los parámetros de calidad del agua. El análisis se desarrolla para año completo y discretizado por estaciones climáticas.

Tabla 61: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos.

RioToro	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,10	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,04	91
Arsenico Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	259
Bicarbonato	0,41	0,06	0,07	0,00	0,00	0,01	0,30	82
Boro	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	196
CLoruro	0,23	0,10	0,07	0,01	0,04	0,02	0,02	130
Cadmio Total	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	106
Calcio Total	0,06	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	29
Calcio disuelto	0,09	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	102
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	81
Cianuro	0,09	0,00	0,00	0,02	0,01	0,04	0,06	66
Cobalto Total	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	109
Cobre Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	265
Conductividad Específica	0,11	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	282
SDT	0,11	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	282
Cromo Hexavalente Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	83
Demanda Química de Oxígeno	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	88
Fierro Total	0,13	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	263
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	206
Magnesio Total	0,06	0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	29
Magnesio disuelto	0,15	0,02	0,03	0,01	0,00	0,01	0,08	102
Manganeso Total	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00	0,00	112
Mercurio Total	0,06	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	107
Molibdeno Total	0,10	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	94

RioToro	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Nitrógeno de Nitrato	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	100
Níquel Total	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	105
Oxígeno Disuelto	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	258
Nitrógeno de Nitrito	--	--	--	--	--	--	--	0
Ph	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	282
Plata Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	110
Plomo Total	0,08	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	104
Potasio disuelto	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	102
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,01	0,06	0,05	0,00	0,00	0,11	0,01	102
Selenio disuelto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	92
Sodio disuelto	0,01	0,06	0,05	0,00	0,00	0,10	0,01	103
Sulfato	0,19	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09	125
Temperatura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	276
Zinc Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	105
Sodio Total	0,27	0,07	0,09	0,00	0,02	0,00	0,04	29

Tabla 62: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

RioToro	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,00	0,00	0,00	0,05	0,09	0,00	0,05	29
Arsenico Total	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	74
Bicarbonato	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,09	22
Boro	0,10	0,06	0,03	0,00	0,00	0,04	0,11	55
CLoruro	0,34	0,03	0,01	0,00	0,09	0,02	0,22	38
Cadmio Total	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,20	34
Calcio Total	0,03	0,02	0,03	0,00	0,02	0,32	0,03	10
Calcio disuelto	0,01	0,05	0,05	0,01	0,00	0,04	0,04	29
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	22
Cianuro	0,36	0,00	0,00	0,07	--	0,30	0,00	17

RioToro	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion	n
Cobalto Total	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,20	34
Cobre Total	0,02	0,00	0,00	0,03	0,04	0,02	0,04	74
Conductividad Específica	0,06	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01	0,01	77
SDT	0,06	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01	0,01	77
Cromo Hexavalente Total	0,21	0,02	0,00	0,07	0,01	0,02	0,00	25
Demanda Química de Oxígeno	0,08	0,08	0,10	0,04	0,00	0,06	0,02	27
Fierro Total	0,01	0,00	0,00	0,01	0,05	0,01	0,03	74
Fósforo de Ortofosfato	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,01	53
Magnesio Total	0,20	0,08	0,02	0,20	0,02	0,02	0,33	10
Magnesio disuelto	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,09	0,01	29
Manganeso Total	0,00	0,02	0,02	0,00	0,29	0,03	0,07	35
Mercurio Total	0,13	0,08	0,09	0,08	0,00	0,01	0,03	34
Molibdeno Total	0,01	0,11	0,10	0,04	0,09	0,02	0,09	30
Nitrógeno de Nitrato	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,00	30
Níquel Total	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,21	33
Oxígeno Disuelto	0,01	0,09	0,07	0,00	0,02	0,01	0,00	71
Nitrógeno de Nitrito	--	--	--	--	--	--	--	0
Ph	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	77
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	35
Plomo Total	0,18	0,07	0,04	0,04	0,09	0,02	0,18	33
Potasio disuelto	0,01	0,22	0,15	0,01	0,01	0,02	0,03	29
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,00	0,22	0,16	0,00	0,00	0,32	0,00	29
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	29
Sodio disuelto	0,00	0,22	0,16	0,00	0,00	0,32	0,00	29
Sulfato	0,12	0,02	0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	37
Temperatura	0,06	0,37	0,34	0,00	0,00	0,01	0,02	75
Zinc Total	0,00	0,04	0,02	0,03	0,05	0,04	0,00	34
Sodio Total	0,15	0,12	0,13	0,00	0,01	0,31	0,25	10

Tabla 63: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

RioToro	Primavera							n
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	
Aluminio Total	0,09	0,00	0,02	0,03	0,02	0,10	0,30	23
Arsenico Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	68
Bicarbonato	0,44	0,09	0,16	0,01	0,01	0,00	0,36	24
Boro	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	55
CLoruro	0,23	0,09	0,06	0,00	0,00	0,01	0,12	39
Cadmio Total	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,02	28
Calcio Total	0,12	0,02	0,05	0,01	0,01	0,00	0,01	10
Calcio disuelto	0,17	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,15	29
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	24
Cianuro	0,01	0,09	0,05	0,23	0,23	0,00	0,03	16
Cobalto Total	0,18	0,00	0,00	0,05	0,05	0,04	0,05	30
Cobre Total	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,03	72
Conductividad Específica	0,21	0,01	0,02	0,03	0,01	0,00	0,04	76
SDT	0,21	0,01	0,02	0,03	0,01	0,00	0,04	76
Cromo Hexavalente Total	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,09	21
Demanda Química de Oxígeno	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,17	0,01	27
Fierro Total	0,16	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	71
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,02	0,01	57
Magnesio Total	0,14	0,22	0,32	0,10	0,10	0,01	0,00	10
Magnesio disuelto	0,40	0,05	0,09	0,00	0,00	0,03	0,30	29
Manganeso Total	0,02	0,02	0,00	0,07	0,07	0,01	0,00	31
Mercurio Total	0,07	0,05	0,03	0,14	0,14	0,20	0,03	29
Molibdeno Total	0,23	0,02	0,02	0,05	0,05	0,01	0,17	24
Nitrógeno de Nitrato	0,02	0,02	0,02	0,32	0,23	0,07	0,00	28
Níquel Total	0,17	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,08	28
Oxígeno Disuelto	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	70
Nitrógeno de Nitrito	--	--	--	--	--	--	--	0
Ph	0,09	0,07	0,05	0,00	0,00	0,00	0,09	76
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	29

RioToro	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Plomo Total	0,07	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	27
Potasio disuelto	0,14	0,01	0,01	0,00	0,00	0,07	0,14	29
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,43	0,04	0,07	0,00	0,00	0,03	0,34	29
Selenio disuelto	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	27
Sodio disuelto	0,48	0,05	0,08	0,00	0,00	0,01	0,37	29
Sulfato	0,45	0,10	0,12	0,04	0,01	0,08	0,45	37
Temperatura	0,02	0,15	0,18	0,03	0,04	0,01	0,07	74
Zinc Total	0,01	0,08	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	29
Sodio Total	0,47	0,27	0,22	0,00	0,00	0,02	0,00	10

Tabla 64: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

RioToro	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,21	0,00	0,00	0,09	0,07	0,01	0,00	17
Arsenico Total	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,03	57
Bicarbonato	0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	17
Boro	0,10	0,02	0,05	0,16	0,02	0,00	0,01	42
CLoruro	0,42	0,05	0,00	0,22	0,01	0,02	0,02	24
Cadmio Total	0,05	0,09	0,10	0,00	0,00	0,03	0,09	19
Calcio Total	0,11	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	4
Calcio disuelto	0,00	0,28	0,41	0,00	0,03	0,08	0,00	20
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	17
Cianuro	0,41	0,00	0,10	0,12	0,03	0,04	0,19	20
Cobalto Total	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20
Cobre Total	0,04	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	58
Conductividad Específica	0,03	0,06	0,05	0,00	0,00	0,01	0,01	64
SDT	0,03	0,06	0,05	0,00	0,00	0,01	0,01	64
Cromo Hexavalente Total	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,08	0,19	16
Demanda Química de Oxígeno	0,11	0,04	0,00	0,04	0,05	0,15	0,02	15
Fierro Total	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	58

RioToro	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	45
Magnesio Total	0,13	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	4
Magnesio disuelto	0,05	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	20
Manganeso Total	0,00	0,06	0,06	0,03	0,01	0,17	0,02	20
Mercurio Total	0,45	0,00	0,23	0,30	0,01	0,00	0,00	19
Molibdeno Total	0,20	0,00	0,00	0,06	0,09	0,09	0,00	17
Nitrógeno de Nitrato	0,02	0,04	0,09	0,11	0,00	0,00	0,00	21
Níquel Total	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,06	0,01	19
Oxígeno Disuelto	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	58
Nitrógeno de Nitrito	--	--	--	--	--	--	--	0
Ph	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	64
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	20
Plomo Total	0,43	0,13	0,31	0,08	0,01	0,06	0,04	19
Potasio disuelto	0,12	0,09	0,06	0,01	0,06	0,01	0,00	20
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,36	0,01	0,02	0,00	0,00	0,07	0,03	20
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	16
Sodio disuelto	0,31	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,03	20
Sulfato	0,26	0,02	0,01	0,07	0,01	0,00	0,00	23
Temperatura	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	62
Zinc Total	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,08	18
Sodio Total	0,36	0,04	0,24	0,79	0,79	0,69	0,21	4

Tabla 65: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

RioToro	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,27	0,09	0,05	0,04	0,00	0,04	0,00	22
Arsenico Total	0,01	0,01	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	60
Bicarbonato	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,29	0,03	19
Boro	0,15	0,00	0,00	0,02	0,00	0,10	0,03	44
CLoruro	0,47	0,01	0,06	0,00	0,08	0,04	0,01	29

RioToro	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion	n
Cadmio Total	0,07	0,03	0,01	0,01	0,00	0,03	0,05	25
Calcio Total	0,05	0,11	0,17	0,57	0,57	0,51	0,03	5
Calcio disuelto	0,11	0,16	0,40	0,00	0,00	0,08	0,12	24
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	18
Cianuro	0,08	0,06	0,01	0,03	0,03	0,34	0,28	13
Cobalto Total	0,28	0,10	0,03	0,01	0,06	0,06	0,04	25
Cobre Total	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	61
Conductividad Específica	0,30	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,04	65
SDT	0,30	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,04	65
Cromo Hexavalente Total	0,03	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	21
Demanda Química de Oxígeno	0,06	0,10	0,01	0,05	0,04	0,04	0,02	19
Fierro Total	0,21	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	60
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,04	51
Magnesio Total	0,55	0,06	0,66	0,56	0,56	0,84	0,02	5
Magnesio disuelto	0,18	0,14	0,28	0,00	0,02	0,00	0,01	24
Manganeso Total	0,00	0,00	0,02	0,10	0,00	0,11	0,04	26
Mercurio Total	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	25
Molibdeno Total	0,11	0,31	0,24	0,01	0,05	0,06	0,10	23
Nitrógeno de Nitrato	0,03	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,06	21
Níquel Total	0,44	0,00	0,10	0,02	0,04	0,02	0,04	25
Oxígeno Disuelto	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	0,02	0,01	59
Nitrógeno de Nitrito	--	--	--	--	--	--	--	0
Ph	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	65
Plata Total	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,07	0,00	26
Plomo Total	0,11	0,02	0,10	0,01	0,00	0,00	0,08	25
Potasio disuelto	0,60	0,00	0,12	0,02	0,00	0,00	0,02	24
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,32	0,03	0,01	0,01	0,00	0,06	0,00	24
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	20
Sodio disuelto	0,15	0,00	0,14	0,00	0,01	0,00	0,00	25
Sulfato	0,07	0,02	0,12	0,02	0,00	0,07	0,00	28

RioToro	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Temperatura	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,05	0,01	65
Zinc Total	0,14	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	24
Sodio Total	0,09	0,19	0,02	0,18	0,18	0,01	0,00	5

Tabla 66: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Estero Derecho	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	79,00
Arsenico Total	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	142,00
Bicarbonato	0,31	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,21	83,00
Boro	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	121,00
CLoruro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	140,00
Cadmio Total	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	94,00
Calcio Total	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,06	0,02	38,00
Calcio disuelto	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	103,00
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	87,00
Cianuro	--	--	--	--	--	--	--	1,00
Cobalto Total	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	96,00
Cobre Total	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	145,00
Conductividad Específica	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	154,00
SDT	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	154,00
Cromo Hexavalente Total	0,01	0,05	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	60,00
Demanda Química de Oxígeno	0,03	0,08	0,08	0,01	0,01	0,01	0,05	97,00
Fierro Total	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	144,00
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	105,00
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	1,00
Magnesio disuelto	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	103,00
Manganeso Total	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	98,00
Mercurio Total	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	93,00
Molibdeno Total	0,11	0,00	0,00	0,03	0,04	0,03	0,01	81,00

Estero Derecho	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Nitrógeno de Nitrato	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	118,00
Níquel Total	0,04	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	90,00
Oxígeno Disuelto	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	140,00
Ph	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	154,00
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	96,00
Plomo Total	0,11	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	90,00
Potasio disuelto	0,01	0,05	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	103,00
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	103,00
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	85,00
Sodio disuelto	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	139,00
Sulfato	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	130,00
Temperatura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	153,00
Zinc Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	93,00

Tabla 67: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Estero Derecho	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,01	0,07	0,29	0,03	0,07	0,03	0,06	25
Arsenico Total	0,09	0,03	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00	45
Bicarbonato	0,23	0,10	0,04	0,11	0,15	0,00	0,00	23
Boro	0,12	0,20	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	37
CLoruro	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,26	41
Cadmio Total	0,01	0,09	0,04	0,00	0,00	0,34	0,01	30
Calcio Total	0,11	0,00	0,05	0,01	0,02	0,02	0,00	12
Calcio disuelto	0,35	0,01	0,00	0,05	0,02	0,10	0,14	30
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	24
Cianuro	--	--	--	--	--	--	--	0
Cobalto Total	0,67	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	30
Cobre Total	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,03	0,02	44
Conductividad Específica	0,24	0,00	0,00	0,06	0,01	0,06	0,01	47

Estero Derecho	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
SDT	0,24	0,00	0,00	0,06	0,01	0,06	0,01	47
Cromo Hexavalente Total	0,21	0,24	0,13	0,01	0,01	0,00	0,05	19
Demanda Química de Oxígeno	0,05	0,12	0,11	0,04	0,02	0,01	0,05	29
Fierro Total	0,00	0,01	0,10	0,05	0,06	0,01	0,00	44
Fósforo de Ortofosfato	0,04	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,07	31
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio disuelto	0,06	0,04	0,06	0,03	0,02	0,12	0,01	30
Manganeso Total	0,01	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	31
Mercurio Total	0,32	0,03	0,01	0,01	0,14	0,00	0,23	29
Molibdeno Total	0,10	0,05	0,16	0,07	0,00	0,07	0,00	26
Nitrógeno de Nitrato	0,01	0,11	0,03	0,32	0,00	0,13	0,02	36
Níquel Total	0,09	0,01	0,03	0,03	0,12	0,02	0,27	29
Oxígeno Disuelto	0,03	0,07	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	41
Ph	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	47
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	31
Plomo Total	0,13	0,03	0,10	0,06	0,06	0,06	0,13	29
Potasio disuelto	0,02	0,23	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	30
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,07	0,10	0,01	0,01	0,01	0,03	0,00	30
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	27
Sodio disuelto	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	41
Sulfato	0,11	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	39
Temperatura	0,00	0,28	0,35	0,00	0,01	0,00	0,00	46
Zinc Total	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	30

Tabla 68: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Estero Derecho	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,00	0,01	0,00	--	0,00	0,00	0,02	23
Arsenico Total	0,09	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,04	41
Bicarbonato	0,48	0,05	0,01	0,01	0,02	0,03	0,35	23

Estero Derecho	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Boro	0,05	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	37
CLoruro	0,12	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,12	43
Cadmio Total	0,01	0,05	0,08	0,00	0,00	0,02	0,02	29
Calcio Total	0,31	0,07	0,00	0,17	--	0,09	0,03	14
Calcio disuelto	0,19	0,02	0,02	0,03	0,00	0,00	0,18	29
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	25
Cianuro	--	--	--	--	--	--	--	0
Cobalto Total	0,00	0,01	0,00	0,14	0,01	0,19	0,02	30
Cobre Total	0,13	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,16	44
Conductividad Específica	0,09	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	46
SDT	0,09	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	46
Cromo Hexavalente Total	0,03	0,05	0,03	--	0,00	0,44	0,00	17
Demanda Química de Oxígeno	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	32
Fierro Total	0,20	0,02	0,04	0,29	0,01	0,06	0,12	43
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	32
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	1
Magnesio disuelto	0,40	0,09	0,04	0,05	0,02	0,04	0,31	29
Manganeso Total	0,04	0,01	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	31
Mercurio Total	0,02	0,00	0,01	0,11	0,01	0,12	0,00	29
Molibdeno Total	0,22	0,02	0,01	--	0,11	0,04	0,28	23
Nitrógeno de Nitrato	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	33
Níquel Total	0,06	0,00	0,01	0,07	0,04	0,15	0,01	28
Oxígeno Disuelto	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	44
Ph	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03	0,10	0,00	46
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	29
Plomo Total	0,21	0,02	0,02	0,03	0,06	0,00	0,00	27
Potasio disuelto	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,04	29
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,09	0,00	0,01	0,20	0,07	0,03	0,09	29
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	28
Sodio disuelto	0,21	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,26	43

Estero Derecho	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Sulfato	0,02	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,08	39
Temperatura	0,00	0,27	0,22	0,02	0,01	0,00	0,00	46
Zinc Total	0,00	0,09	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	29

Tabla 69: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Estero Derecho	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,07	0,21	14
Arsenico Total	0,27	0,00	0,00	0,01	0,02	0,21	0,01	30
Bicarbonato	0,10	0,03	0,03	0,06	0,02	0,00	0,26	19
Boro	0,08	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,01	26
CLoruro	0,00	0,07	0,09	0,00	0,00	0,00	0,05	29
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	17
Calcio Total	0,05	0,04	0,05	--	--	0,00	0,20	7
Calcio disuelto	0,04	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,04	22
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	20
Cianuro	--	--	--	--	--	--	--	1
Cobalto Total	0,01	0,24	0,29	0,02	0,02	0,00	0,02	18
Cobre Total	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,13	0,02	30
Conductividad Específica	0,04	0,05	0,04	0,00	0,00	0,01	0,03	32
SDT	0,04	0,05	0,04	0,00	0,00	0,01	0,03	32
Cromo Hexavalente Total	--	--	--	--	--	--	--	11
Demanda Química de Oxígeno	0,03	0,07	0,06	0,03	0,08	0,03	0,04	18
Fierro Total	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,03	30
Fósforo de Ortofosfato	0,04	0,01	0,06	0,00	0,00	0,01	0,00	22
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio disuelto	0,06	0,07	0,08	0,00	0,00	0,01	0,05	22
Manganeso Total	0,02	0,00	0,03	0,04	0,08	0,02	0,00	18
Mercurio Total	0,02	0,23	0,28	0,02	0,02	0,00	0,02	17
Molibdeno Total	0,24	0,02	0,01	0,13	0,24	0,18	0,01	15

Estero Derecho	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Nitrógeno de Nitrato	0,04	0,03	0,00	0,01	0,01	0,08	0,11	26
Níquel Total	0,03	0,04	0,07	0,00	0,01	0,01	0,05	15
Oxígeno Disuelto	0,04	0,06	0,08	0,00	0,00	0,02	0,00	29
Ph	0,03	0,05	0,06	0,00	0,00	0,01	0,00	32
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	18
Plomo Total	0,16	0,31	0,26	0,08	0,11	0,05	0,02	16
Potasio disuelto	0,03	0,11	0,08	0,01	0,01	0,00	0,03	22
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,04	0,14	0,12	0,01	0,01	0,01	0,03	22
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	15
Sodio disuelto	0,03	0,10	0,10	0,00	0,01	0,00	0,04	29
Sulfato	0,03	0,08	0,08	0,00	0,00	0,01	0,02	26
Temperatura	0,03	0,06	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	32
Zinc Total	0,00	0,13	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	16

Tabla 70: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Estero Derecho	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,02	0,25	0,01	--	--	0,07	0,10	17
Arsenico Total	0,01	0,06	0,04	--	--	0,13	0,03	26
Bicarbonato	0,71	0,24	0,20	--	--	0,03	0,00	18
Boro	0,00	0,00	0,01	--	--	0,02	0,00	21
CLoruro	0,00	0,00	0,07	--	--	0,10	0,04	27
Cadmio Total	0,02	0,00	0,07	--	--	0,02	0,01	18
Calcio Total	0,51	0,23	0,31	--	--	0,59	0,40	5
Calcio disuelto	0,38	0,06	0,13	--	--	0,01	0,00	22
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	18
Cianuro	--	--	--	--	--	--	--	0
Cobalto Total	0,01	0,08	0,04	--	--	0,37	0,23	18

Estero Derecho	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Cobre Total	0,02	0,03	0,00	--	--	0,00	0,01	27
Conductividad Específica	0,20	0,05	0,17	--	--	0,00	0,01	29
SDT	0,20	0,05	0,17	--	--	0,00	0,01	29
Cromo Hexavalente Total	0,03	0,00	0,04	--	--	0,14	0,00	13
Demanda Química de Oxígeno	0,04	0,00	0,00	--	--	0,05	0,02	18
Fierro Total	0,00	0,00	0,01	--	--	0,06	0,10	27
Fósforo de Ortofosfato	0,01	0,02	0,01	--	--	0,00	0,06	20
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio disuelto	0,32	0,00	0,01	--	--	0,00	0,00	22
Manganeso Total	0,02	0,13	0,01	--	--	0,01	0,07	18
Mercurio Total	0,01	0,08	0,04	--	--	0,37	0,23	18
Molibdeno Total	0,08	0,00	0,02	--	--	0,07	0,01	17
Nitrógeno de Nitrato	0,05	0,04	0,07	--	--	0,01	0,10	23
Níquel Total	0,06	0,14	0,18	--	--	0,27	0,08	18
Oxígeno Disuelto	0,04	0,03	0,00	--	--	0,00	0,01	26
Ph	0,00	0,08	0,02	--	--	0,07	0,01	29
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	18
Plomo Total	0,10	0,00	0,03	--	--	0,13	0,02	18
Potasio disuelto	0,14	0,01	0,00	--	--	0,00	0,02	22
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,09	0,04	0,00	--	--	0,03	0,01	22
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	15
Sodio disuelto	0,09	0,05	0,06	--	--	0,55	0,01	26
Sulfato	0,18	0,05	0,08	--	--	0,02	0,10	26
Temperatura	0,20	0,02	0,00	--	--	0,00	0,02	29
Zinc Total	0,02	0,33	0,11	--	--	0,00	0,01	18

Tabla 71: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Rio Pedernal en Tejada	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,14	0,02	0,01	0,06	0,00	0,02	0,07	55
Arsenico Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	65
Bicarbonato	0,43	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,19	32
CLoruro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	56
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	61
Calcio disuelto	0,37	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,29	41
Carbonato	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	28
Cobalto Total	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	66
Cobre Total	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	67
Conductividad Específica	0,21	0,02	0,02	0,01	0,00	0,03	0,28	68
SDT [mg/L]	0,21	0,02	0,02	0,01	0,00	0,03	0,28	68
Cromo Hexavalente Total	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	49
Demanda Química de Oxígeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	53
Fierro Total	0,48	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,21	67
Fósforo de Ortofosfato	0,01	0,03	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	45
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	1
Magnesio disuelto	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,37	41
Manganeso Total	0,12	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	66
Mercurio Total	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,14	0,08	63
Molibdeno Total	0,09	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,01	59
Nitrógeno de Nitrato	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	40
Níquel Total	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	62
Oxígeno Disuelto	0,00	0,27	0,26	0,00	0,00	0,00	0,05	63
Ph	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	68
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	67

Rio Pedernal en Tejada	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Plomo Total	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	0,01	60
Potasio disuelto	0,05	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,07	41
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,23	0,01	0,03	0,03	0,00	0,00	0,33	41
Selenio disuelto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	50
Sodio disuelto	0,33	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,39	41
Sulfato	0,12	0,02	0,01	0,00	0,01	0,07	0,37	50
Temperatura	0,09	0,58	0,68	0,01	0,02	0,22	0,20	67
Zinc Total	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	63
Boro	--	--	--	--	--	--	--	46
Aluminio Total ICP-OES	0,41	0,47	0,86	--	--	1,00	0,96	3
Cadmio Total ICP-OES	0,41	0,47	0,86	--	--	1,00	0,96	3
Calcio Total	0,07	0,00	0,00	0,00	--	0,00	0,35	17
Cromo Total	0,52	0,01	0,00	0,29	--	0,12	0,01	5
Cromo Total ICP-OES	0,41	0,47	0,86	--	--	1,00	0,96	3
Fluoruro Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Fósforo de Ortofosfato	0,11	0,11	0,08	0,06	--	0,30	0,54	5
Magnesio Total	0,24	0,04	0,03	0,05	--	0,12	0,17	17
Niquel Total ICP-OES	0,41	0,47	0,86	--	--	1,00	0,96	3
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	0,51	0,04	0,03	--	--	0,33	0,52	4
Oxigeno Disuelto (% Saturacion)	0,05	0,01	0,01	--	--	0,01	0,65	6
Plomo Total ICP-OES	0,41	0,47	0,86	--	--	1,00	0,96	3
Potasio Total	0,93	0,11	0,15	0,01	--	0,78	0,04	17
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Sodio Total	0,31	0,04	0,02	0,01	--	0,11	0,39	17

Tabla 72: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Rio Pedernal en Tejada	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,10	0,09	0,02	--	--	0,14	0,04	8
Arsenico Total	0,09	0,13	0,50	--	--	0,53	0,02	8
Bicarbonato	0,75	0,01	0,17	--	--	0,00	0,08	7
CLoruro	0,24	0,12	0,09	--	--	0,04	0,07	7
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	8
Calcio disuelto	0,38	0,05	0,00	--	--	0,02	0,00	7
Carbonato	0,59	0,26	0,39	--	--	0,13	0,00	6
Cobalto Total	--	--	--	--	--	--	--	8
Cobre Total	0,08	0,04	0,01	--	--	0,11	0,06	8
Conductividad Específica	0,47	0,22	0,13	--	--	0,02	0,02	9
SDT [mg/L]	0,47	0,22	0,13	--	--	0,02	0,02	9
Cromo Hexavalente Total	--	--	--	--	--	--	--	8
Demanda Química de Oxígeno	0,02	0,15	0,00	--	--	0,79	0,30	5
Fierro Total	0,78	0,09	0,03	--	--	0,13	0,01	8
Fósforo de Ortofosfato	0,15	0,23	0,01	--	--	0,25	0,16	6
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio disuelto	0,37	0,13	0,01	--	--	0,08	0,03	7
Manganeso Total	0,59	0,17	0,09	--	--	0,10	0,02	8
Mercurio Total	0,09	0,13	0,50	--	--	0,54	0,02	8
Molibdeno Total	0,00	0,24	0,21	--	--	0,04	0,03	8
Nitrógeno de Nitrato	0,15	0,53	0,73	--	--	0,09	0,01	5
Níquel Total	0,13	0,31	0,27	--	--	0,01	0,09	8
Oxígeno Disuelto	0,02	0,55	0,36	--	--	0,08	0,00	8
Ph	0,25	0,01	0,04	--	--	0,03	0,44	9
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	8

Rio Pedernal en Tejada	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Plomo Total	--	--	--	--	--	--	--	8
Potasio disuelto	0,02	0,62	0,42	--	--	0,16	0,02	7
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,24	0,15	0,06	--	--	0,10	0,05	7
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	5
Sodio disuelto	0,48	0,21	0,06	--	--	0,13	0,03	7
Sulfato	0,48	0,05	0,00	--	--	0,00	0,09	7
Temperatura	0,01	0,25	0,61	--	--	0,29	0,01	9
Zinc Total	--	--	--	--	--	--	--	8
Boro	--	--	--	--	--	--	--	4
Aluminio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	0
Cadmio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	0
Calcio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Cromo Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Cromo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	0
Fluoruro Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Fósforo de Ortofosfato	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Niquel Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	0
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	--	--	--	--	--	--	--	0
Oxígeno Disuelto (% Saturacion)	--	--	--	--	--	--	--	0
Plomo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	0
Potasio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Sodio Total	--	--	--	--	--	--	--	0

Tabla 73: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Rio Pedernal en Tejada	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,04	0,11	0,11	0,78	--	0,06	0,13	12
Arsenico Total	0,03	0,04	0,01	0,00	--	0,04	0,02	16
Bicarbonato	0,50	0,10	0,00	--	--	0,00	0,08	9
CLoruro	0,24	0,06	0,10	--	--	0,06	0,21	15
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	15
Calcio disuelto	0,26	0,11	0,00	--	--	0,00	0,10	11
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	8
Cobalto Total	0,03	0,00	0,10	0,01	--	0,45	0,00	17
Cobre Total	0,00	0,04	0,03	0,08	--	0,00	0,02	18
Conductividad Específica	0,35	0,04	0,05	0,02	--	0,01	0,51	18
SDT [mg/L]	0,35	0,04	0,05	0,02	--	0,01	0,51	18
Cromo Hexavalente Total	0,07	0,09	0,19	0,01	--	0,17	0,00	12
Demanda Química de Oxígeno	0,00	0,02	0,04	0,41	--	0,01	0,18	14
Fierro Total	0,45	0,14	0,07	0,00	--	0,29	0,56	18
Fósforo de Ortofosfato	0,08	0,07	0,19	0,01	--	0,13	0,00	12
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	1
Magnesio disuelto	0,40	0,09	0,00	--	--	0,00	0,15	11
Manganeso Total	0,16	0,13	0,08	0,01	--	0,48	0,29	17
Mercurio Total	0,01	0,05	0,03	0,02	--	0,01	0,04	16
Molibdeno Total	0,42	0,00	0,00	0,06	--	0,05	0,16	15
Nitrógeno de Nitrato	0,06	0,08	0,22	0,00	--	0,34	0,00	11
Níquel Total	0,17	0,01	0,02	0,02	--	0,40	0,01	17
Oxígeno Disuelto	0,04	0,13	0,17	0,28	--	0,12	0,01	17
Ph	0,00	0,00	0,02	0,00	--	0,04	0,00	18
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	18

Rio Pedernal en Tejada	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Plomo Total	0,24	0,18	0,29	0,00	--	0,00	0,28	14
Potasio disuelto	0,04	0,39	0,01	--	--	0,12	0,03	11
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,23	0,21	0,00	--	--	0,14	0,05	11
Selenio disuelto	0,03	0,35	0,11	--	--	0,58	0,19	13
Sodio disuelto	0,31	0,17	0,00	--	--	0,04	0,09	11
Sulfato	0,32	0,07	0,04	--	--	0,00	0,54	14
Temperatura	0,29	0,03	0,37	0,12	--	0,00	0,27	18
Zinc Total	0,05	0,02	0,12	0,01	--	0,05	0,06	16
Boro	--	--	--	--	--	--	--	11
Aluminio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Cadmio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Calcio Total	0,53	0,35	0,46	--	--	0,83	0,75	5
Cromo Total	--	--	--	--	--	--	--	1
Cromo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Fluoruro Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Fósforo de Ortofosfato	--	--	--	--	--	--	--	1
Magnesio Total	0,86	0,00	0,04	--	--	0,60	0,09	5
Niquel Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	--	--	--	--	--	--	--	1
Oxigeno Disuelto (% Saturacion)	--	--	--	--	--	--	--	1
Plomo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Potasio Total	0,00	0,98	0,03	--	--	0,09	0,57	5
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Sodio Total	0,53	0,33	0,43	--	--	0,87	0,71	5

Tabla 74: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Rio Pedernal en Tejada	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,00	0,00	0,06	0,01	0,03	0,10	0,00	17
Arsenico Total	0,08	0,00	0,01	0,00	0,00	0,12	0,53	21
Bicarbonato	0,48	0,34	0,30	0,04	0,01	0,12	0,62	7
CLoruro	0,03	0,12	0,13	0,00	0,02	0,07	0,01	16
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	20
Calcio disuelto	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	10
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	7
Cobalto Total	0,09	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	21
Cobre Total	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,05	0,04	21
Conductividad Específica	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,20	21
SDT [mg/L]	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,20	21
Cromo Hexavalente Total	--	--	--	--	--	--	--	14
Demanda Química de Oxígeno	0,00	0,14	0,03	0,04	0,06	0,09	0,04	17
Fierro Total	0,45	0,01	0,00	0,02	0,02	0,29	0,10	21
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,39	0,29	0,01	0,01	0,00	0,06	14
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio disuelto	0,10	0,00	0,03	0,02	0,05	0,19	0,05	10
Manganeso Total	0,46	0,01	0,03	0,01	0,01	0,14	0,05	21
Mercurio Total	0,15	0,07	0,00	0,02	0,01	0,09	0,30	20
Molibdeno Total	0,15	0,00	0,05	0,02	0,07	0,27	0,10	18
Nitrógeno de Nitrato	0,05	0,09	0,05	0,02	0,04	0,13	0,10	12
Níquel Total	0,03	0,02	0,00	0,03	0,00	0,08	0,06	19
Oxígeno Disuelto	0,13	0,01	0,00	0,03	0,03	0,27	0,01	20
Ph	0,05	0,01	0,15	0,01	0,00	0,06	0,01	21
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	21

Rio Pedernal en Tejada	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Plomo Total	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,13	0,07	19
Potasio disuelto	0,01	0,00	0,03	0,11	0,04	0,00	0,00	10
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,02	0,13	0,03	0,15	0,01	0,61	0,06	10
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	16
Sodio disuelto	0,05	0,04	0,01	0,08	0,01	0,35	0,06	10
Sulfato	0,17	0,02	0,05	0,00	0,02	0,26	0,41	13
Temperatura	0,00	0,37	0,37	0,01	0,00	0,00	0,00	20
Zinc Total	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,05	20
Boro	--	--	--	--	--	--	--	16
Aluminio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Cadmio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Calcio Total	0,31	0,04	0,01	0,01	--	0,32	0,25	7
Cromo Total	0,70	1,00	0,51	0,75	--	0,45	0,99	3
Cromo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Fluoruro Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Fósforo de Ortofosfato	--	--	--	--	--	--	--	2
Magnesio Total	0,44	0,25	0,12	0,07	--	0,50	0,32	7
Niquel Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	1,00	1,00	1,00	--	--	1,00	1,00	2
Oxigeno Disuelto (% Saturacion)	0,93	0,92	0,44	--	--	0,92	0,87	3
Plomo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Potasio Total	0,98	0,13	0,25	0,04	--	0,96	0,55	7
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Sodio Total	0,58	0,05	0,00	0,00	--	0,53	0,62	7

Tabla 75: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Rio Pedernal en Tejada	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,00	0,01	0,01	--	--	0,26	0,11	18
Arsenico Total	0,02	0,01	0,01	--	--	0,01	0,02	20
Bicarbonato	0,80	0,45	0,18	--	--	0,12	0,01	9
CLoruro	0,05	0,00	0,02	--	--	0,00	0,01	18
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	18
Calcio disuelto	0,47	0,38	0,03	--	--	0,00	0,00	13
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	7
Cobalto Total	0,01	0,00	0,06	--	--	0,01	0,52	20
Cobre Total	0,08	0,23	0,29	--	--	0,09	0,11	20
Conductividad Específica	0,69	0,47	0,38	--	--	0,00	0,02	20
SDT [mg/L]	0,69	0,47	0,38	--	--	0,00	0,02	20
Cromo Hexavalente Total	--	--	--	--	--	--	--	15
Demanda Química de Oxígeno	0,01	0,02	0,08	--	--	0,01	0,02	17
Fierro Total	0,01	0,00	0,01	--	--	0,00	0,03	20
Fósforo de Ortofosfato	0,04	0,17	0,01	--	--	0,00	0,13	13
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio disuelto	0,11	0,24	0,10	--	--	0,01	0,02	13
Manganeso Total	0,09	0,11	0,04	--	--	0,01	0,00	20
Mercurio Total	0,06	0,03	0,05	--	--	0,00	0,03	19
Molibdeno Total	0,11	0,20	0,32	--	--	0,06	0,05	18
Nitrógeno de Nitrato	0,03	0,24	0,03	--	--	0,02	0,49	12
Níquel Total	0,01	0,14	0,56	--	--	0,12	0,35	18
Oxígeno Disuelto	0,28	0,43	0,31	--	--	0,02	0,00	18
Ph	0,01	0,11	0,06	--	--	0,00	0,08	20
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	20

Rio Pedernal en Tejada	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Plomo Total	0,10	0,30	0,62	--	--	0,18	0,23	19
Potasio disuelto	0,03	0,01	0,00	--	--	0,01	0,22	13
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,55	0,12	0,02	--	--	0,11	0,05	13
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	16
Sodio disuelto	0,67	0,30	0,03	--	--	0,07	0,03	13
Sulfato	0,47	0,73	0,60	--	--	0,04	0,01	16
Temperatura	0,16	0,02	0,03	--	--	0,05	0,02	20
Zinc Total	0,01	0,03	0,00	--	--	0,01	0,03	19
Boro	--	--	--	--	--	--	--	15
Aluminio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Cadmio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Calcio Total	0,01	0,02	0,01	--	--	0,15	0,16	5
Cromo Total	--	--	--	--	--	--	--	1
Cromo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Fluoruro Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Fósforo de Ortofosfato	1,00	1,00	1,00	--	--	--	1,00	2
Magnesio Total	0,01	0,19	0,78	--	--	0,04	0,00	5
Niquel Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	--	--	--	--	--	--	--	1
Oxigeno Disuelto (% Saturacion)	1,00	1,00	1,00	--	--	1,00	1,00	2
Plomo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Potasio Total	0,84	0,60	0,10	--	--	0,91	0,41	5
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Sodio Total	0,38	0,33	0,10	--	--	0,60	0,02	5

Tabla 76: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Aconcagua en Chacabuquito	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Arsenico Total	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	79
Bicarbonato	0,03	0,01	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	142
Boro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	83
CLoruro	0,32	0,33	0,30	0,01	0,00	0,11	0,01	121
Calcio disuelto	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,19	140
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	94
Cobre Total	0,05	0,05	0,04	0,01	0,00	0,05	0,00	38
Conductividad Específica	0,34	0,08	0,04	0,00	0,00	0,06	0,17	103
SDT [mg/L]	0,34	0,08	0,04	0,00	0,00	0,06	0,17	87
Fierro Total	0,01	0,04	0,05	0,00	0,06	0,01	0,00	1
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	96
Magnesio disuelto	0,11	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,13	145
Nitrógeno de Nitrato	0,01	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	154
Oxígeno Disuelto	0,01	0,06	0,08	0,00	0,01	0,01	0,00	154
Ph	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	60
Potasio disuelto	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	97
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,21	0,30	0,32	0,01	0,02	0,11	0,00	144
Sodio disuelto	0,31	0,32	0,30	0,01	0,02	0,13	0,02	105
Sulfato	0,22	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	1
Temperatura	0,12	0,41	0,42	0,05	0,09	0,17	0,01	103
Aluminio Total	0,04	0,18	0,19	0,01	0,01	0,12	0,01	98
Cadmio Total	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	93
Cobalto Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	81
Cromo Hexavalente Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	118
Demanda Química de Oxígeno	0,00	0,00	0,00	0,07	0,06	0,00	0,00	90

Aconcagua en Chacabuquito	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	140
Manganeso Total	0,12	0,25	0,29	0,02	0,00	0,17	0,03	154
Mercurio Total	0,00	0,02	0,03	0,00	0,01	0,01	0,02	96
Molibdeno Total	0,06	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,05	90
Níquel Total	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	103
Plata Total	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	103
Plomo Total	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	85
Selenio disuelto	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	139
Zinc Total	0,06	0,09	0,10	0,00	0,01	0,08	0,01	130
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	153
Demanda Bioquímica de Oxígeno - 5 días	--	--	--	--	--	--	--	93
Aluminio Total ICP-OES	0,98	0,35	0,09	0,37	0,37	0,35	0,06	94
Cadmio Total ICP-OES	0,51	1,00	0,88	1,00	1,00	1,00	0,38	95
Calcio Total	0,43	0,04	0,00	0,22	0,05	0,06	0,13	96
Cromo Total	0,26	0,32	0,23	0,01	0,24	0,00	0,60	97
Cromo Total ICP-OES	0,51	1,00	0,88	1,00	1,00	1,00	0,38	98
Fósforo Total	--	--	--	--	--	--	--	99
Magnesio Total	0,11	0,02	0,19	0,08	0,01	0,00	0,08	100
Níquel Total ICP-OES	0,51	1,00	0,88	1,00	1,00	1,00	0,38	101
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	0,16	0,47	0,13	0,00	0,04	0,66	0,20	102
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	0,61	0,13	0,04	0,11	0,05	0,02	0,00	103
Plomo Total ICP-OES	0,51	1,00	0,88	1,00	1,00	1,00	0,38	104
Potasio Total	0,09	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,10	105
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	106
Sodio Total	0,65	0,42	0,29	0,09	0,12	0,39	0,00	107

Tabla 77: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Aconcagua en Chacabuquito	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Arsenico Total	0,05	0,05	0,09	0,00	0,00	0,20	0,00	25
Bicarbonato	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	45
Boro	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,11	0,01	23
CLoruro	0,16	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	37
Calcio disuelto	0,00	0,01	0,07	0,00	0,01	0,02	0,02	41
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	30
Cobre Total	0,00	0,14	0,18	0,01	0,01	0,01	0,09	12
Conductividad Específica	0,20	0,00	0,07	0,00	0,03	0,00	0,01	30
SDT [mg/L]	0,20	0,00	0,07	0,00	0,03	0,00	0,01	24
Fierro Total	0,21	0,44	0,20	0,01	0,27	0,09	0,01	0
Fósforo de Ortofosfato	0,01	0,04	0,00	0,03	0,04	0,01	0,09	30
Magnesio disuelto	0,01	0,03	0,21	0,02	0,11	0,12	0,03	44
Nitrógeno de Nitrato	0,12	0,05	0,04	0,00	0,01	0,06	0,10	47
Oxígeno Disuelto	0,00	0,12	0,22	0,01	0,01	0,02	0,03	47
Ph	0,19	0,00	0,03	0,04	0,03	0,01	0,00	19
Potasio disuelto	0,00	0,08	0,01	0,03	0,00	0,00	0,05	29
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,42	0,00	0,04	0,01	0,00	0,04	0,01	44
Sodio disuelto	0,33	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	31
Sulfato	0,11	0,02	0,09	0,00	0,03	0,00	0,02	0
Temperatura	0,00	0,22	0,39	0,05	0,05	0,03	0,00	30
Aluminio Total	0,16	0,05	0,03	0,00	0,00	0,01	0,09	31
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	29
Cobalto Total	0,31	0,00	0,03	0,01	0,02	0,00	0,03	26
Cromo Hexavalente Total	0,42	0,01	0,06	0,01	0,01	0,05	0,05	36
Demanda Química de Oxígeno	0,06	0,00	0,01	0,13	0,08	0,03	0,29	29

Aconcagua en Chacabuquito	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	41
Manganeso Total	0,01	0,06	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	47
Mercurio Total	0,04	0,02	0,10	0,02	0,01	0,20	0,05	31
Molibdeno Total	0,04	0,08	0,23	0,03	0,10	0,11	0,03	29
Níquel Total	0,20	0,09	0,17	0,00	0,01	0,04	0,00	30
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	30
Plomo Total	0,02	0,16	0,37	0,04	0,11	0,00	0,00	27
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	41
Zinc Total	0,00	0,15	0,05	0,00	0,07	0,03	0,09	39
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	46
Demanda Bioquimica de Oxigeno - 5 días	--	--	--	--	--	--	--	30
Aluminio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	31
Cadmio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	32
Calcio Total	0,97	0,37	0,25	0,01	--	0,71	0,01	33
Cromo Total	--	--	--	--	--	--	--	34
Cromo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	35
Fósforo Total	--	--	--	--	--	--	--	36
Magnesio Total	0,82	0,09	0,46	0,45	--	0,14	0,04	37
Niquel Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	38
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	--	--	--	--	--	--	--	39
Oxigeno Disuelto (% Saturacion)	--	--	--	--	--	--	--	40
Plomo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	41
Potasio Total	0,45	0,85	0,19	0,16	--	0,88	0,44	42
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	43
Sodio Total	0,61	0,07	0,00	0,02	--	0,67	0,05	44

Tabla 78: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Aconcagua en Chacabuquito	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Arsenico Total	0,01	0,32	0,23	0,01	0,16	0,08	0,00	23
Bicarbonato	0,01	0,05	0,01	0,02	0,04	0,15	0,01	41
Boro	0,02	0,17	0,08	0,01	0,01	0,12	0,00	23
CLoruro	0,46	0,42	0,41	0,00	0,00	0,01	0,07	37
Calcio disuelto	0,16	0,00	0,01	0,01	0,00	0,16	0,17	43
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	29
Cobre Total	0,00	0,14	0,15	0,00	0,00	0,05	0,04	14
Conductividad Específica	0,21	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,14	29
SDT [mg/L]	0,21	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,14	25
Fierro Total	0,01	0,14	0,21	0,01	0,51	0,07	0,05	0
Fósforo de Ortofosfato	0,01	0,17	0,08	0,00	0,01	0,08	0,00	30
Magnesio disuelto	0,03	0,06	0,04	0,00	0,00	0,40	0,06	44
Nitrógeno de Nitrato	0,02	0,28	0,15	0,00	0,01	0,10	0,00	46
Oxígeno Disuelto	0,00	0,08	0,07	0,01	0,06	0,02	0,00	46
Ph	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	17
Potasio disuelto	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,11	0,12	32
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,11	0,19	0,18	0,01	0,02	0,13	0,04	43
Sodio disuelto	0,19	0,22	0,18	0,00	0,02	0,24	0,11	32
Sulfato	0,27	0,03	0,00	0,02	0,00	0,03	0,31	1
Temperatura	0,00	0,09	0,08	0,01	0,04	0,04	0,04	29
Aluminio Total	0,03	0,30	0,28	0,03	0,03	0,01	0,15	31
Cadmio Total	--	--	144,00	--	--	--	--	12
Cobalto Total	0,01	0,05	0,08	0,02	0,04	0,15	0,01	23
Cromo Hexavalente Total	0,01	0,14	0,10	0,01	0,01	0,08	0,00	33
Demanda Química de Oxígeno	0,01	0,04	0,00	0,42	0,37	0,00	0,04	28

Aconcagua en Chacabucuito	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	44
Manganeso Total	0,00	0,28	0,32	0,01	0,02	0,03	0,12	46
Mercurio Total	0,11	0,05	0,08	0,03	0,04	0,05	0,01	29
Molibdeno Total	0,02	0,02	0,00	0,10	0,05	0,22	0,06	27
Níquel Total	0,05	0,00	0,04	0,01	0,01	0,56	0,04	29
Plata Total	0,00	0,12	0,06	0,01	0,01	0,06	0,00	29
Plomo Total	0,07	0,08	0,09	0,07	0,01	0,02	0,00	28
Selenio disuelto	0,00	0,16	0,06	0,01	0,02	0,06	0,01	43
Zinc Total	0,00	0,22	0,24	0,00	0,00	0,02	0,04	39
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	46
Demanda Bioquímica de Oxígeno - 5 días	--	--	--	--	--	--	--	29
Aluminio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	30
Cadmio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	31
Calcio Total	0,04	0,03	0,16	0,01	0,01	0,00	0,02	32
Cromo Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	33
Cromo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	34
Fósforo Total	--	--	--	--	--	--	--	35
Magnesio Total	0,02	0,31	0,46	0,04	0,00	0,14	0,18	36
Níquel Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	37
Nitrógeno de Nitrito y Nitrito	0,06	0,40	0,70	0,01	0,01	0,28	0,75	38
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	--	--	--	--	--	--	--	39
Plomo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	40
Potasio Total	0,04	0,33	0,35	0,17	0,06	0,42	0,11	41
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	42
Sodio Total	0,48	0,77	0,70	0,07	0,23	0,09	0,93	43

Tabla 79: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Aconcagua en Chacabuquito	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Arsenico Total	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,18	14
Bicarbonato	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,06	30
Boro	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,07	19
CLoruro	0,25	0,00	0,01	0,03	0,04	0,15	0,12	26
Calcio disuelto	0,19	0,17	0,04	0,00	0,00	0,07	0,03	29
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	17
Cobre Total	0,02	0,07	0,06	0,13	0,10	0,01	0,02	7
Conductividad Específica	0,59	0,03	0,01	0,04	0,07	0,16	0,39	22
SDT [mg/L]	0,59	0,03	0,01	0,04	0,07	0,16	0,39	20
Fierro Total	0,19	0,00	0,00	0,65	0,46	0,23	0,03	1
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	18
Magnesio disuelto	0,21	0,06	0,00	0,03	0,05	0,01	0,29	30
Nitrógeno de Nitrato	0,00	0,00	0,13	0,00	0,01	0,00	0,10	32
Oxígeno Disuelto	0,05	0,10	0,04	0,00	0,00	0,13	0,02	32
Ph	0,05	0,03	0,02	0,16	0,13	0,13	0,02	11
Potasio disuelto	0,18	0,09	0,13	0,03	0,00	0,27	0,02	18
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,19	0,08	0,06	0,10	0,04	0,19	0,02	30
Sodio disuelto	0,33	0,22	0,13	0,11	0,04	0,25	0,06	22
Sulfato	0,27	0,11	0,03	0,03	0,02	0,20	0,02	0
Temperatura	0,11	0,00	0,02	0,24	0,29	0,06	0,15	22
Aluminio Total	0,03	0,00	0,13	0,02	0,10	0,19	0,18	18
Cadmio Total	--	--	324,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18
Cobalto Total	0,16	0,06	0,12	0,03	0,01	0,02	0,17	15
Cromo Hexavalente Total	0,08	0,11	0,02	0,04	0,02	0,00	0,13	26
Demanda Química de Oxígeno	0,00	0,00	0,07	0,04	0,07	0,03	0,02	15

Aconcagua en Chacabucuito	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	29
Manganeso Total	0,00	0,05	0,33	0,00	0,21	0,17	0,04	32
Mercurio Total	0,20	0,04	0,12	0,02	0,02	0,01	0,17	18
Molibdeno Total	0,30	0,04	0,01	0,08	0,00	0,19	0,30	16
Níquel Total	0,23	0,01	0,01	0,05	0,02	0,00	0,14	22
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	22
Plomo Total	0,28	0,00	0,00	0,06	0,03	0,02	0,17	15
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	29
Zinc Total	0,00	0,00	0,06	0,03	0,11	0,02	0,00	26
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	32
Demanda Bioquimica de Oxigeno - 5 días	--	--	--	--	--	--	--	16
Aluminio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	17
Cadmio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	18
Calcio Total	0,15	0,13	0,72	0,91	0,28	0,05	0,04	19
Cromo Total	1,00	1,00	1,00	--	--	1,00	1,00	20
Cromo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	21
Fósforo Total	--	--	--	--	--	--	--	22
Magnesio Total	0,66	0,03	0,98	0,32	0,90	0,63	0,37	23
Níquel Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	24
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	25
Oxigeno Disuelto (% Saturacion)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26
Plomo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	27
Potasio Total	0,00	0,20	0,26	0,90	0,01	0,05	0,01	28
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	29
Sodio Total	0,86	0,01	0,41	0,02	0,84	0,99	0,74	30

Tabla 80: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Aconcagua en Chacabuquito	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Arsenico Total	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	17
Bicarbonato	0,11	0,00	0,04	0,07	0,11	0,17	0,01	26
Boro	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,07	18
CLoruro	0,30	0,19	0,11	0,00	0,00	0,12	0,00	21
Calcio disuelto	0,29	0,00	0,03	0,01	0,00	0,06	0,02	27
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	18
Cobre Total	0,20	0,00	0,01	0,01	0,09	0,10	0,06	5
Conductividad Específica	0,52	0,07	0,08	0,05	0,01	0,00	0,03	22
SDT [mg/L]	0,52	0,07	0,08	0,05	0,01	0,00	0,03	18
Fierro Total	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0
Fósforo de Ortofosfato	0,01	0,00	0,00	0,03	0,03	0,03	0,06	18
Magnesio disuelto	0,03	0,00	0,01	0,03	0,02	0,01	0,38	27
Nitrógeno de Nitrato	0,05	0,05	0,08	0,00	0,04	0,00	0,00	29
Oxígeno Disuelto	0,00	0,02	0,01	0,03	0,00	0,09	0,01	29
Ph	0,03	0,15	0,11	0,00	0,03	0,06	0,00	13
Potasio disuelto	0,33	0,02	0,00	0,00	0,04	0,23	0,09	18
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	27
Sodio disuelto	0,13	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,14	20
Sulfato	0,27	0,01	0,08	0,06	0,00	0,10	0,09	0
Temperatura	0,02	0,15	0,18	0,01	0,03	0,00	0,02	22
Aluminio Total	0,09	0,03	0,14	0,05	0,02	0,03	0,01	18
Cadmio Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18
Cobalto Total	0,00	0,07	0,07	0,01	0,00	0,00	0,09	17
Cromo Hexavalente Total	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	23
Demanda Química de Oxígeno	0,01	0,11	0,00	0,00	0,00	0,26	0,09	18

Aconcagua en Chacabucuito	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	26
Manganeso Total	0,20	0,01	0,01	0,02	0,06	0,02	0,03	29
Mercurio Total	0,01	0,04	0,02	0,03	0,02	0,01	0,00	18
Molibdeno Total	0,17	0,00	0,01	0,14	0,16	0,00	0,11	18
Níquel Total	0,06	0,00	0,09	0,02	0,07	0,03	0,45	22
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	22
Plomo Total	0,05	0,00	0,05	0,00	0,11	0,00	0,27	15
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	26
Zinc Total	0,22	0,01	0,01	0,01	0,14	0,02	0,01	26
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	29
Demanda Bioquimica de Oxigeno - 5 días	--	--	--	--	--	--	--	18
Aluminio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	19
Cadmio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	20
Calcio Total	0,01	0,46	0,33	0,82	0,36	0,09	0,09	21
Cromo Total	--	--	--	--	--	--	--	22
Cromo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	23
Fósforo Total	--	--	--	--	--	--	--	24
Magnesio Total	0,06	0,27	0,03	0,25	0,01	0,28	0,32	25
Níquel Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	26
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	--	--	--	--	--	--	--	27
Oxigeno Disuelto (% Saturacion)	0,98	0,46	0,77	0,43	0,11	0,23	0,43	28
Plomo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	29
Potasio Total	0,01	0,01	0,07	0,00	0,38	0,81	0,37	30
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	31
Sodio Total	0,95	0,63	0,49	0,08	0,09	0,00	0,24	32

Tabla 81: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Yerba Loca	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Arsenico Total	0,03	0,06	0,07	0,01	0,00	0,01	0,00	96
Bicarbonato	0,02	0,09	0,13	0,02	0,00	0,00	0,30	49
Boro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	80
CLoruro	0,08	0,06	0,07	0,01	0,00	0,12	0,00	94
Calcio disuelto	0,00	0,11	0,12	0,00	0,03	0,00	0,39	73
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	60
Cobre Total	0,01	0,22	0,19	0,03	0,02	0,02	0,17	86
Conductividad Específica	0,00	0,11	0,09	0,02	0,06	0,00	0,41	102
Fierro Total	0,00	0,11	0,09	0,02	0,06	0,00	0,41	98
Fósforo de Ortofosfato	0,22	0,15	0,14	0,01	0,05	0,01	0,03	73
Magnesio disuelto	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	73
Nitrógeno de Nitrato	0,08	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03	0,22	56
Oxígeno Disuelto	0,00	0,06	0,05	0,07	0,10	0,03	0,04	84
Ph	0,06	0,21	0,15	0,04	0,07	0,06	0,00	102
Potasio disuelto	0,19	0,32	0,29	0,13	0,01	0,05	0,14	73
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	73
Sodio disuelto	0,05	0,10	0,11	0,00	0,01	0,05	0,00	73
Sulfato	0,06	0,09	0,09	0,00	0,00	0,07	0,00	90
Temperatura	0,01	0,21	0,21	0,02	0,03	0,02	0,40	101
Aluminio Total	0,21	0,65	0,60	0,00	0,01	0,26	0,07	60
Cadmio Total	0,08	0,22	0,27	0,03	0,02	0,01	0,19	71
Cobre Total	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	87
Cromo Hexavalente Total	0,03	0,35	0,34	0,04	0,03	0,05	0,29	49
Demanda Química de Oxígeno	0,14	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	65
Manganeso Total	0,01	0,32	0,33	0,05	0,03	0,04	0,34	73

Yerba Loca	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Mercurio Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	69
Molib-o Total	0,05	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	64
Níquel Total	0,02	0,01	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	69
Plata Total	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	73
Plomo Total	0,04	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,02	67
Selenio disuelto	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	62
Zinc Total	0,01	0,29	0,30	0,03	0,02	0,03	0,31	69
Calcio Total	0,02	0,19	0,20	0,13	0,07	0,00	0,24	25
Cobalto Total	0,01	0,04	0,04	0,01	0,02	0,01	0,04	57
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	0
Cromo Total	0,14	0,33	0,39	0,18	--	0,06	0,01	9
Demanda Bioquímica de Oxígeno - 5 días	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio Total	0,01	0,15	0,20	0,05	0,03	0,01	0,30	25
Potasio Total	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,04	0,08	25
Sodio Total	0,27	0,35	0,35	0,14	0,03	0,30	0,02	22
Sólidos disueltos totales	0,00	0,11	0,09	0,02	0,06	0,00	0,41	102

Tabla 82: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Yerba Loca	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Arsenico Total	0,10	0,10	0,07	0,00	0,01	0,00	0,02	27
Bicarbonato	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,12	0,15	14
Boro	--	--	--	--	--	--	--	22
CLoruro	0,00	0,01	0,00	0,09	0,01	0,11	0,02	24
Calcio disuelto	0,03	0,10	0,11	0,02	0,21	0,02	0,00	18

Yerba Loca	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	15
Cobre Total	0,00	0,32	0,23	0,00	0,06	0,02	0,00	24
Conductividad Específica	0,13	0,05	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	28
Hierro Total	0,13	0,05	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	27
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	0,03	19
Magnesio disuelto	0,07	0,00	0,01	0,00	0,02	0,06	0,02	18
Nitrógeno de Nitrato	0,13	0,02	0,02	0,02	0,13	0,02	0,02	14
Oxígeno Disuelto	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	25
Ph	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	0,00	0,04	28
Potasio disuelto	0,00	0,24	0,29	0,08	0,01	0,02	0,01	18
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,05	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	18
Sodio disuelto	0,03	0,16	0,16	0,02	0,14	0,04	0,00	18
Sulfato	0,03	0,14	0,14	0,03	0,08	0,07	0,00	23
Temperatura	0,15	0,13	0,10	0,06	0,01	0,13	0,00	28
Aluminio Total	0,02	0,17	0,26	0,00	0,03	0,00	0,21	16
Cadmio Total	0,09	0,06	0,01	0,08	0,02	0,24	0,04	19
Cobre Total	--	--	--	--	--	--	--	23
Cromo Hexavalente Total	0,10	0,21	0,10	0,01	0,00	0,02	0,00	13
Demanda Química de Oxígeno	0,02	0,04	0,06	0,15	0,00	0,12	0,00	18
Manganeso Total	0,02	0,20	0,22	0,04	0,03	0,02	0,02	20
Mercurio Total	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	18
Molib-o Total	0,00	0,03	0,02	0,02	0,00	0,01	0,05	17
Níquel Total	0,08	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01	0,02	18
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	20
Plomo Total	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	18
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	18

Yerba Loca	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Zinc Total	0,07	0,38	0,28	0,03	0,05	0,06	0,03	19
Calcio Total	0,31	0,01	0,03	--	--	0,24	0,00	7
Cobalto Total	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,09	0,01	15
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	0
Cromo Total	0,66	0,01	0,05	--	--	0,37	0,16	4
Demanda Bioquimica de Oxigeno - 5 días	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio Total	0,05	0,36	0,27	--	--	0,02	0,48	7
Potasio Total	0,11	0,10	0,17	--	--	0,50	0,00	7
Sodio Total	0,04	0,47	0,52	--	--	0,03	0,10	6
Sólidos disueltos totales	0,13	0,05	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	28

Tabla 83: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Yerba Loca	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Arsenico Total	0,05	0,10	0,03	0,03	0,07	0,00	0,00	23
Bicarbonato	0,00	0,51	0,73	0,05	0,06	0,00	0,17	15
Boro	0,06	0,01	0,00	0,01	0,00	0,09	0,00	22
CLoruro	0,17	0,02	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	25
Calcio disuelto	0,01	0,10	0,10	0,01	0,02	0,05	0,27	19
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	15
Cobre Total	0,01	0,25	0,24	0,07	0,07	0,01	0,16	23
Conductividad Específica	0,08	0,08	0,04	0,02	0,02	0,00	0,22	26
Fierro Total	0,08	0,08	0,04	0,02	0,02	0,00	0,22	24
Fósforo de Ortofosfato	0,01	0,19	0,11	0,00	0,01	0,08	0,06	20
Magnesio disuelto	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	19

Yerba Loca	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Nitrógeno de Nitrato	0,28	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,10	18
Oxígeno Disuelto	0,01	0,09	0,02	0,57	0,54	0,06	0,00	22
Ph	0,05	0,01	0,01	0,05	0,06	0,00	0,06	26
Potasio disuelto	0,06	0,30	0,25	0,03	0,03	0,03	0,02	19
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,02	0,03	0,12	0,02	0,03	0,03	0,29	19
Sodio disuelto	0,04	0,15	0,49	0,00	0,00	0,01	0,11	19
Sulfato	0,10	0,08	0,37	0,00	0,00	0,03	0,02	23
Temperatura	0,02	0,25	0,18	0,03	0,04	0,00	0,33	26
Aluminio Total	0,00	0,52	0,38	0,00	0,06	0,07	0,05	16
Cadmio Total	0,00	0,17	0,42	0,03	0,06	0,00	0,33	19
Cobre Total	0,07	0,01	0,01	0,00	0,01	0,09	0,00	22
Cromo Hexavalente Total	0,00	0,28	0,39	0,05	0,08	0,00	0,40	14
Demanda Química de Oxígeno	0,10	0,00	0,01	0,02	0,04	0,03	0,08	19
Manganeso Total	0,01	0,33	0,28	0,08	0,10	0,07	0,42	19
Mercurio Total	0,05	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	19
Molib-o Total	0,00	0,13	0,15	0,05	0,00	0,08	0,06	17
Níquel Total	0,04	0,04	0,03	0,02	0,07	0,34	0,01	19
Plata Total	0,07	0,01	0,01	0,00	0,01	0,08	0,01	19
Plomo Total	0,00	0,03	0,13	0,05	0,07	0,01	0,10	17
Selenio disuelto	0,05	0,07	0,01	0,44	0,90	0,10	0,18	18
Zinc Total	0,00	0,38	0,48	0,07	0,10	0,04	0,40	18
Calcio Total	0,00	0,01	0,13	0,14	0,14	0,36	0,01	6
Cobalto Total	0,03	0,03	0,07	0,13	0,12	0,14	0,01	16
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	0
Cromo Total	0,59	0,22	0,91	0,00	--	0,62	0,78	3
Demanda Bioquímica de Oxígeno - 5 días	--	--	--	--	--	--	--	0

Yerba Loca	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Magnesio Total	0,20	0,24	0,55	0,09	0,10	0,07	0,00	6
Potasio Total	0,75	0,89	0,65	0,15	0,16	0,00	0,08	6
Sodio Total	0,68	0,79	0,80	0,10	0,12	0,00	0,12	5
Sólidos disueltos totales	0,08	0,08	0,04	0,02	0,02	0,00	0,22	26

Tabla 84: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Yerba Loca	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Arsenico Total	0,01	0,04	0,10	0,01	0,00	0,00	0,02	20
Bicarbonato	0,14	0,54	0,53	0,00	0,02	0,04	0,55	13
Boro	--	--	--	--	--	--	--	16
CLoruro	0,41	0,06	0,10	0,06	0,08	0,01	0,30	19
Calcio disuelto	0,69	0,05	0,08	0,11	0,29	0,00	0,30	15
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	13
Cobre Total	0,00	0,14	0,21	0,05	0,00	0,15	0,07	17
Conductividad Específica	0,51	0,01	0,01	0,00	0,42	0,00	0,15	21
Fierro Total	0,51	0,01	0,01	0,00	0,42	0,00	0,15	21
Fósforo de Ortofosfato	0,70	0,01	0,01	0,01	0,52	0,01	0,00	14
Magnesio disuelto	0,00	0,06	0,18	0,14	0,00	0,01	0,05	15
Nitrógeno de Nitrato	0,57	0,03	0,00	0,10	0,22	0,00	0,17	11
Oxígeno Disuelto	0,73	0,02	0,01	0,05	0,38	0,19	0,10	16
Ph	0,00	0,24	0,09	0,14	0,05	0,00	0,08	21
Potasio disuelto	0,03	0,04	0,08	0,20	0,01	0,01	0,06	15
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,07	0,00	0,04	0,09	0,04	0,02	0,03	15
Sodio disuelto	0,00	0,14	0,04	0,24	0,02	0,00	0,40	15
Sulfato	0,57	0,02	0,00	0,04	0,46	0,00	0,02	18

Yerba Loca	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Temperatura	0,59	0,13	0,11	0,03	0,27	0,00	0,21	20
Aluminio Total	0,15	0,32	0,36	0,19	0,23	0,03	0,03	12
Cadmio Total	0,10	0,05	0,01	0,02	0,00	0,02	0,05	15
Cobre Total	--	--	--	--	--	--	--	19
Cromo Hexavalente Total	0,04	0,00	0,00	0,03	0,06	0,03	0,00	9
Demanda Química de Oxígeno	0,23	0,01	0,22	0,65	0,22	0,18	0,04	12
Manganeso Total	0,18	0,04	0,00	0,00	0,02	0,06	0,17	15
Mercurio Total	0,03	0,06	0,14	0,18	0,21	0,21	0,07	14
Molib-o Total	0,21	0,00	0,05	0,19	0,14	0,28	0,01	13
Níquel Total	0,15	0,01	0,10	0,08	0,07	0,02	0,01	14
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	15
Plomo Total	0,23	0,04	0,23	0,15	0,10	0,10	0,07	14
Selenio disuelto	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11
Zinc Total	0,14	0,07	0,00	0,00	0,01	0,03	0,09	15
Calcio Total	0,11	0,15	0,00	0,04	0,00	0,33	0,00	6
Cobalto Total	0,02	0,02	0,13	0,02	0,05	0,08	0,02	12
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	0
Cromo Total	--	--	--	--	--	--	--	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno - 5 días	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio Total	0,30	0,04	0,23	0,37	0,28	0,62	0,91	6
Potasio Total	0,11	0,25	0,03	0,04	1,00	0,04	0,19	6
Sodio Total	0,13	0,56	0,57	0,99	0,00	0,97	0,71	5
Sólidos disueltos totales	0,51	0,01	0,01	0,00	0,42	0,00	0,15	21

Tabla 85: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Yerba Loca	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Arsenico Total	0,01	0,14	0,25	0,01	0,00	0,01	0,10	26
Bicarbonato	0,02	0,04	0,01	--	--	0,44	0,01	7
Boro	--	--	--	--	--	--	--	20
CLoruro	0,09	0,01	0,14	0,00	0,00	0,05	0,04	26
Calcio disuelto	0,20	0,10	0,07	0,45	0,00	0,00	0,18	21
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	17
Cobre Total	0,15	0,01	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	22
Conductividad Específica	0,49	0,01	0,09	0,02	0,00	0,03	0,04	27
Fierro Total	0,49	0,01	0,09	0,02	0,00	0,03	0,04	26
Fósforo de Ortofosfato	0,10	0,07	0,11	0,02	0,02	0,05	0,00	20
Magnesio disuelto	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,10	0,10	21
Nitrógeno de Nitrato	0,52	0,06	0,05	0,04	0,00	0,00	0,14	13
Oxígeno Disuelto	0,00	0,01	0,03	0,00	0,19	0,00	0,00	21
Ph	0,03	0,00	0,00	0,21	--	0,06	0,03	27
Potasio disuelto	0,09	0,09	0,09	0,05	0,00	0,02	0,00	21
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,10	0,18	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	21
Sodio disuelto	0,01	0,20	0,11	0,01	0,00	0,00	0,12	21
Sulfato	0,03	0,21	0,13	0,00	0,00	0,00	0,07	26
Temperatura	0,44	0,02	0,09	0,01	0,00	0,09	0,00	27
Aluminio Total	0,01	0,05	0,00	0,01	0,03	0,05	0,20	16
Cadmio Total	0,04	0,05	0,14	0,01	--	0,05	0,02	18
Cobre Total	--	--	--	--	--	--	--	23
Cromo Hexavalente Total	0,35	0,00	0,03	0,02	--	0,09	0,00	13
Demanda Química de Oxígeno	0,24	0,01	0,01	0,05	--	0,02	0,11	16
Manganeso Total	0,44	0,00	0,01	0,03	--	0,02	0,04	19

Yerba Loca	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Mercurio Total	0,01	0,04	0,07	0,01	--	0,01	0,04	18
Molib-o Total	0,34	0,11	0,22	0,07	--	0,00	0,03	17
Níquel Total	0,07	0,05	0,14	0,02	--	0,00	0,22	18
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	19
Plomo Total	0,37	0,05	0,09	0,02	--	0,02	0,06	18
Selenio disuelto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15
Zinc Total	0,31	0,02	0,03	0,00	--	0,02	0,15	17
Calcio Total	0,01	0,09	0,01	--	--	0,01	0,15	6
Cobalto Total	0,00	0,06	0,00	0,09	--	0,01	0,00	14
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	0
Cromo Total	--	--	--	--	--	--	--	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno - 5 días	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio Total	0,08	0,01	0,01	--	--	0,00	0,08	6
Potasio Total	0,48	0,69	0,70	--	--	0,50	0,49	6
Sodio Total	0,42	0,07	0,44	--	--	0,23	0,06	6
Sólidos disueltos totales	0,49	0,01	0,09	0,02	0,00	0,03	0,04	27

Tabla 86: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Maipo en el Manzano	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Bicarbonato	0,30	0,33	0,35	0,00	0,02	0,14	0,08	72
Boro	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,02	0,02	85
CLoruro	0,66	0,38	0,42	0,00	0,00	0,17	0,01	108
Calcio disuelto	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,17	85
Carbonato	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	71
Cobre Total	0,07	0,14	0,17	0,00	0,00	0,02	0,01	127

Maipo en el Manzano	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Magnesio disuelto	0,04	0,07	0,05	0,00	0,00	0,06	0,01	85
Ph	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	137
Potasio disuelto	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	85
Sodio disuelto	0,72	0,44	0,46	0,00	0,00	0,23	0,03	85
Sulfato	0,15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,26	103
Arsenico Total	0,05	0,21	0,25	0,01	0,00	0,08	0,08	97
Fierro Total	0,07	0,19	0,26	0,00	0,01	0,03	0,06	108
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	81
Oxígeno Disuelto	0,06	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	83
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,66	0,42	0,48	0,00	0,00	0,18	0,11	85
Temperatura	0,25	0,59	0,55	0,03	0,08	0,22	0,05	116
Aluminio Total	0,13	0,31	0,37	0,02	0,00	0,15	0,06	61
Cadmio Total	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	73
Cobalto Total	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	74
Cromo Hexavalente Total	0,05	0,10	0,09	0,01	0,01	0,05	0,04	51
Manganeso Total	0,05	0,25	0,31	0,01	0,00	0,10	0,06	76
Mercurio Total	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,12	0,01	73
Molibdeno Total	0,02	0,01	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	64
Nitrógeno de Amonio	0,79	0,00	0,00	0,38	0,34	0,04	0,30	6
Nitrógeno de Nitrito	0,20	0,02	0,13	0,11	0,04	0,18	0,00	13
Níquel Total	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	71
Plata Total	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,06	75
Plomo Total	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,03	69
Selenio disuelto	0,00	0,03	0,04	0,00	0,02	0,01	0,19	62
Zinc Total	0,09	0,20	0,21	0,02	0,00	0,09	0,06	71
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	1

Maipo en el Manzano	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Demanda Química de Oxígeno	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	59
Conductividad Específica	0,56	0,25	0,29	0,01	0,00	0,17	0,01	137
SDT [mg/L]	0,56	0,25	0,29	0,01	0,00	0,17	0,01	137

Tabla 87: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Maipo en el Manzano	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Bicarbonato	0,18	0,06	0,00	0,02	0,03	0,01	0,00	14
Boro	--	--	--	--	--	--	--	21
CLoruro	0,78	0,16	0,07	0,08	0,14	0,14	0,00	23
Calcio disuelto	0,16	0,00	0,09	0,02	0,00	0,13	0,02	17
Carbonato	0,20	0,02	0,01	0,01	0,02	0,07	0,02	13
Cobre Total	0,06	0,00	0,00	0,01	0,04	0,01	0,01	30
Magnesio disuelto	0,31	0,01	0,00	0,08	0,01	0,11	0,16	17
Ph	0,21	0,02	0,11	0,00	0,13	0,01	0,07	30
Potasio disuelto	0,32	0,03	0,00	0,11	0,09	0,19	0,00	17
Sodio disuelto	0,81	0,06	0,04	0,07	0,07	0,00	0,01	17
Sulfato	0,58	0,34	0,41	0,04	0,29	0,22	0,02	22
Arsenico Total	0,12	0,04	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	23
Fierro Total	0,33	0,21	0,05	0,07	0,23	0,17	0,03	25
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,00	0,11	0,00	0,01	0,05	0,02	18
Oxígeno Disuelto	0,17	0,18	0,17	0,04	0,03	0,14	0,00	20
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,76	0,07	0,02	0,06	0,09	0,01	0,04	17
Temperatura	0,01	0,09	0,08	0,02	0,16	0,01	0,07	24
Aluminio Total	0,48	0,34	0,10	0,03	0,59	0,08	0,06	16
Cadmio Total	0,06	0,17	0,10	0,01	0,01	0,15	0,00	19

Maipo en el Manzano	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Cobalto Total	0,00	0,25	0,11	0,02	0,00	0,02	0,01	19
Cromo Hexavalente Total	0,14	0,13	0,01	0,01	0,01	0,05	0,02	13
Manganeso Total	0,19	0,05	0,09	0,03	0,26	0,03	0,09	20
Mercurio Total	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,17	0,01	18
Molibdeno Total	0,01	0,14	0,05	0,16	0,07	0,03	0,05	17
Nitrógeno de Amonio	--	--	--	--	--	--	--	1
Nitrógeno de Nitrito	1,00	1,00	1,00	--	1,00	1,00	1,00	2
Níquel Total	0,02	0,13	0,15	0,00	0,00	0,02	0,02	18
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	19
Plomo Total	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	18
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	17
Zinc Total	0,02	0,03	0,01	0,10	0,03	0,01	0,04	18
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	0
Demanda Química de Oxígeno	0,02	0,03	0,03	0,00	0,00	0,04	0,06	17
Conductividad Específica	0,66	0,17	0,06	0,01	0,23	0,06	0,00	30
SDT [mg/L]	0,66	0,17	0,06	0,01	0,23	0,06	0,00	30

Tabla 88: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Maipo en el Manzano	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Bicarbonato	0,11	0,07	0,03	0,03	0,06	0,10	0,01	20
Boro	--	--	--	--	--	--	--	21
CLoruro	0,68	0,17	0,19	0,02	0,06	0,01	0,07	29
Calcio disuelto	0,27	0,08	0,00	0,10	0,00	0,08	0,26	23
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	20
Cobre Total	0,01	0,09	0,10	0,03	0,01	0,06	0,00	32

Maipo en el Manzano	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Magnesio disuelto	0,16	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	23
Ph	0,01	0,11	0,03	0,01	0,01	0,03	0,07	38
Potasio disuelto	0,10	0,11	0,21	0,00	0,00	0,00	0,05	23
Sodio disuelto	0,71	0,11	0,09	0,01	0,01	0,01	0,18	23
Sulfato	0,29	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,23	27
Arsenico Total	0,01	0,35	0,32	0,05	0,02	0,06	0,19	23
Fierro Total	0,00	0,32	0,40	0,01	0,03	0,00	0,10	27
Fósforo de Ortofosfato	0,10	0,01	0,02	0,03	0,01	0,08	0,08	21
Oxígeno Disuelto	0,08	0,01	0,01	0,03	0,02	0,17	0,03	22
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,56	0,10	0,12	0,03	0,03	0,00	0,08	23
Temperatura	0,08	0,27	0,14	0,12	0,03	0,03	0,03	32
Aluminio Total	0,12	0,42	0,47	0,05	0,02	0,19	0,21	14
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	18
Cobalto Total	0,19	0,00	0,05	0,03	0,12	0,09	0,01	19
Cromo Hexavalente Total	0,07	0,19	0,45	0,05	0,03	0,16	0,39	13
Manganeso Total	0,00	0,36	0,61	0,03	0,03	0,00	0,21	18
Mercurio Total	0,23	0,00	0,08	0,00	0,05	0,06	0,00	19
Molibdeno Total	0,01	0,00	0,03	0,06	0,02	0,03	0,02	15
Nitrógeno de Amonio	0,87	0,01	0,10	0,25	0,76	0,89	0,56	3
Nitrógeno de Nitrito	0,47	0,01	0,11	0,14	0,05	0,16	0,06	6
Níquel Total	0,20	0,00	0,01	0,09	0,19	0,17	0,04	18
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	18
Plomo Total	0,06	0,08	0,02	0,02	0,00	0,10	0,25	16
Selenio disuelto	0,22	0,29	0,31	0,35	0,69	0,08	0,13	15
Zinc Total	0,00	0,23	0,49	0,02	0,01	0,00	0,13	17
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	1

Maipo en el Manzano	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Demanda Química de Oxígeno	0,31	0,02	0,00	0,02	0,01	0,15	0,02	14
Conductividad Específica	0,63	0,12	0,17	0,06	0,07	0,02	0,14	37
SDT [mg/L]	0,63	0,12	0,17	0,06	0,07	0,02	0,14	37

Tabla 89: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Maipo en el Manzano	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Bicarbonato	0,00	0,01	0,10	0,15	0,00	0,05	0,00	18
Boro	0,10	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,07	21
CLoruro	0,62	0,00	0,02	0,01	0,03	0,00	0,23	27
Calcio disuelto	0,58	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,35	21
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	18
Cobre Total	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,06	0,00	32
Magnesio disuelto	0,09	0,04	0,03	0,00	0,01	0,02	0,01	21
Ph	0,03	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	34
Potasio disuelto	0,08	0,01	0,03	0,01	0,00	0,08	0,06	21
Sodio disuelto	0,56	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,15	21
Sulfato	0,70	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,39	25
Arsenico Total	0,24	0,07	0,03	0,03	0,21	0,00	0,18	24
Fierro Total	0,18	0,03	0,02	0,01	0,04	0,01	0,11	26
Fósforo de Ortofosfato	0,10	0,09	0,01	0,01	0,00	0,00	0,05	19
Oxígeno Disuelto	0,20	0,12	0,04	0,00	0,02	0,02	0,06	23
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,38	0,08	0,07	0,00	0,01	0,00	0,04	21
Temperatura	0,17	0,45	0,32	0,00	0,04	0,01	0,12	28
Aluminio Total	0,00	0,23	0,09	0,00	0,86	0,12	0,05	13
Cadmio Total	0,17	0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,08	16

Maipo en el Manzano	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Cobalto Total	0,04	0,07	0,01	0,00	0,01	0,01	0,05	16
Cromo Hexavalente Total	0,01	0,19	0,04	0,00	0,00	0,25	0,15	10
Manganeso Total	0,01	0,19	0,08	0,01	0,95	0,03	0,03	17
Mercurio Total	0,27	0,16	0,03	0,01	0,01	0,02	0,12	16
Molibdeno Total	0,40	0,00	0,04	0,01	0,15	0,42	0,00	14
Nitrógeno de Amonio	--	--	--	--	--	--	--	0
Nitrógeno de Nitrito	1,00	1,00	1,00	1,00	--	1,00	1,00	2
Níquel Total	0,19	0,19	0,05	0,00	0,05	0,04	0,08	15
Plata Total	0,17	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,08	17
Plomo Total	0,15	0,15	0,02	0,06	0,12	0,12	0,08	15
Selenio disuelto	0,53	0,02	0,01	0,01	0,72	0,13	0,33	14
Zinc Total	0,00	0,20	0,13	0,03	0,80	0,02	0,04	16
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	0
Demanda Química de Oxígeno	0,01	0,05	0,15	0,11	0,03	0,01	0,06	14
Conductividad Específica	0,55	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,15	34
SDT [mg/L]	0,55	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,15	34

Tabla 90: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Maipo en el Manzano	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Bicarbonato	0,03	0,01	0,07	0,08	0,15	0,03	0,00	20
Boro	0,09	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,10	22
CLoruro	0,66	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,13	29
Calcio disuelto	0,08	0,00	0,03	0,01	0,00	0,06	0,03	24
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	20
Cobre Total	0,01	0,12	0,16	0,04	0,00	0,01	0,04	33

Maipo en el Manzano	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Magnesio disuelto	0,18	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,08	24
Ph	0,01	0,04	0,05	0,15	0,00	0,11	0,11	35
Potasio disuelto	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,09	0,00	24
Sodio disuelto	0,60	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,25	24
Sulfato	0,32	0,04	0,00	0,02	0,01	0,06	0,03	29
Arsenico Total	0,05	0,12	0,17	0,01	0,01	0,15	0,00	27
Fierro Total	0,11	0,20	0,22	0,00	0,03	0,02	0,00	30
Fósforo de Ortofosfato	0,10	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	23
Oxígeno Disuelto	0,04	0,01	0,02	0,26	0,04	0,01	0,01	18
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,47	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,18	24
Temperatura	0,02	0,08	0,08	0,03	0,01	0,11	0,11	32
Aluminio Total	0,03	0,03	0,11	0,26	0,02	0,00	0,11	18
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	20
Cobalto Total	0,03	0,03	0,02	0,20	0,00	0,01	0,02	20
Cromo Hexavalente Total	0,01	0,00	0,01	0,03	0,02	0,21	0,38	15
Manganeso Total	0,10	0,09	0,17	0,15	0,01	0,02	0,00	21
Mercurio Total	0,06	0,00	0,02	0,16	0,00	0,02	0,01	20
Molibdeno Total	0,08	0,03	0,05	0,10	0,13	0,00	0,02	18
Nitrógeno de Amonio	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2
Nitrógeno de Nitrito	0,13	0,52	0,78	0,25	0,99	0,84	0,02	3
Níquel Total	0,05	0,01	0,08	0,13	0,01	0,00	0,10	20
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	21
Plomo Total	0,19	0,00	0,06	0,22	0,09	0,00	0,03	20
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	16
Zinc Total	0,00	0,02	0,01	0,03	0,00	0,01	0,11	20
Coliformes Fecales	--	--	--	--	--	--	--	0

Maipo en el Manzano	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Demanda Química de Oxígeno	0,04	0,00	0,04	0,03	0,05	0,15	0,02	14
Conductividad Específica	0,48	0,01	0,09	0,00	0,01	0,02	0,13	36
SDT [mg/L]	0,48	0,01	0,09	0,00	0,01	0,02	0,13	36

Tabla 91: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Río Claro	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,42	0,00	0,01	0,22	0,63	0,02	0,02	42
Arsenico Total	0,00	0,09	0,10	0,00	0,01	0,07	0,11	50
Bicarbonato	0,19	0,14	0,19	0,04	0,01	0,03	0,03	29
Boro	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,02	0,01	38
CLoruro	0,14	0,05	0,05	0,01	0,02	0,11	0,27	51
Cadmio Total	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	46
Calcio disuelto	0,17	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,27	38
Cobalto Total	0,00	0,00	0,00	0,16	0,14	0,01	0,00	46
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	27
Cobre Total	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,05	0,03	63
Conductividad Específica	0,20	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	--	92
SDT	0,20	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	--	92
Cromo Hexavalente Total	0,05	0,03	0,02	0,00	0,01	0,11	0,06	34
Demanda Química de Oxígeno	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	46
Fierro Total	0,08	0,05	0,06	0,02	0,03	0,07	0,08	59
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01	37
Magnesio disuelto	0,17	0,07	0,04	0,03	0,04	0,08	0,44	54
Manganeso Total	0,33	0,01	0,01	0,08	0,32	0,03	0,02	50
Mercurio Total	0,01	0,00	0,02	0,12	0,05	0,02	0,01	46

Río Claro	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Molibdeno Total	0,06	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,04	41
Nitrógeno de Amonio	--	--	--	--	--	--	--	0
Nitrógeno de Nitrato	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	35
Níquel Total	0,06	0,01	0,00	0,04	0,02	0,00	0,02	45
Oxígeno Disuelto	0,02	0,08	0,07	0,04	0,01	0,05	0,01	44
Nitrógeno de Nitrito	--	--	--	--	--	--	--	0
Ph	0,04	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	--	93
Plata Total	0,04	0,08	0,04	0,00	0,00	0,12	0,00	46
Plomo Total	0,12	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,03	44
Potasio disuelto	0,19	0,13	0,08	0,07	0,02	0,14	0,40	38
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,41	0,27	0,21	0,13	0,01	0,29	0,67	19
Selenio disuelto	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,03	0,00	41
Sodio disuelto	0,29	0,08	0,06	0,08	0,04	0,17	0,35	38
Sulfato	0,17	0,17	0,14	0,05	0,05	0,19	0,37	45
Temperatura	0,02	0,59	0,55	0,08	0,06	0,30	0,04	74
Zinc Total	0,13	0,06	0,06	0,03	0,15	0,06	0,06	48

Tabla 92: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Río Claro	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,24	0,23	0,98	--	--	0,05	0,00	3
Arsenico Total	--	--	--	--	--	--	--	3
Bicarbonato	0,89	0,19	0,57	1,00	0,72	0,60	0,40	4
Boro	--	--	--	--	--	--	--	3
CLoruro	0,87	0,00	0,09	0,68	0,92	0,99	0,49	5
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	3

Río Claro	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Calcio disuelto	0,79	0,02	0,02	0,57	0,87	0,99	0,23	4
Cobalto Total	--	--	--	--	--	--	--	3
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	4
Cobre Total	0,81	0,01	0,01	0,11	0,11	0,45	0,16	5
Conductividad Específica	0,49	0,23	0,01	0,45	0,34	0,45	0,02	14
SDT	0,49	0,23	0,01	0,45	0,34	0,45	0,02	14
Cromo Hexavalente Total	--	--	--	--	--	--	--	2
Demanda Química de Oxígeno	0,17	0,98	0,23	--	--	0,44	0,61	3
Fierro Total	0,95	0,67	0,63	0,92	0,92	0,54	0,01	4
Fósforo de Ortofosfato	0,08	0,44	0,88	--	--	0,00	0,03	3
Magnesio disuelto	0,61	0,02	0,06	0,48	0,63	0,88	0,60	5
Manganeso Total	--	--	--	--	--	--	--	3
Mercurio Total	--	--	--	--	--	--	--	3
Molibdeno Total	0,26	1,00	0,15	--	--	0,55	0,71	3
Nitrógeno de Amonio	--	--	--	--	--	--	--	0
Nitrógeno de Nitrato	0,01	0,79	0,56	--	--	0,13	0,27	3
Níquel Total	0,26	1,00	0,15	--	--	0,55	0,71	3
Oxígeno Disuelto	0,82	0,01	0,78	--	--	0,55	0,38	3
Nitrógeno de Nitrito	--	--	--	--	--	--	--	0
Ph	0,05	0,01	0,10	0,09	0,00	0,00	0,23	14
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	3
Plomo Total	0,26	1,00	0,15	--	--	0,55	0,71	3
Potasio disuelto	0,60	0,05	0,00	0,33	0,76	0,90	0,22	4
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	--	--	--	--	--	--	--	1
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	3
Sodio disuelto	0,77	0,04	0,01	0,59	0,80	0,96	0,15	4

Río Claro	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Sulfato	0,23	0,10	0,02	0,16	0,26	0,19	0,03	5
Temperatura	0,19	0,57	0,54	0,10	0,01	0,16	0,04	8
Zinc Total	--	--	--	--	--	--	--	3

Tabla 93: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Río Claro	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,33	0,10	0,24	0,00	0,05	0,05	0,02	12
Arsenico Total	0,33	0,08	0,21	0,00	0,02	0,05	0,01	15
Bicarbonato	0,30	0,01	0,14	0,11	0,08	0,02	0,20	7
Boro	0,00	0,06	0,15	0,02	0,04	0,23	0,01	11
CLoruro	0,12	0,15	0,17	0,03	0,30	0,00	0,02	12
Cadmio Total	0,01	0,04	0,07	0,02	0,03	0,13	0,00	14
Calcio disuelto	0,00	0,00	0,01	0,02	0,09	0,07	0,47	10
Cobalto Total	0,00	0,01	0,15	0,01	0,02	0,03	0,06	14
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	7
Cobre Total	0,02	0,00	0,09	0,02	0,03	0,01	0,02	18
Conductividad Específica	0,16	0,02	0,11	0,09	0,00	0,01	0,04	24
SDT	0,16	0,02	0,11	0,09	0,00	0,01	0,04	24
Cromo Hexavalente Total	0,01	0,04	0,10	0,03	0,05	0,15	0,01	11
Demanda Química de Oxígeno	0,02	0,00	0,01	0,01	0,14	0,22	0,01	13
Fierro Total	0,13	0,05	0,11	0,00	0,09	0,06	0,09	17
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,05	0,00	0,02	0,08	0,02	0,02	11
Magnesio disuelto	0,53	0,01	0,10	0,32	0,04	0,04	0,20	14
Manganeso Total	0,20	0,05	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	15
Mercurio Total	0,00	0,00	0,12	0,02	0,03	0,01	0,06	14

Río Claro	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Molibdeno Total	0,09	0,00	0,01	0,07	0,01	0,15	0,23	12
Nitrógeno de Amonio	--	--	--	--	--	--	--	0
Nitrógeno de Nitrato	0,20	0,07	0,00	0,00	0,12	0,03	0,00	11
Níquel Total	0,06	0,00	0,01	0,06	0,04	0,13	0,06	14
Oxígeno Disuelto	0,14	0,08	0,05	0,00	0,16	0,18	0,00	14
Nitrógeno de Nitrito	--	--	--	--	--	--	--	0
Ph	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,15	25
Plata Total	0,01	0,04	0,07	0,02	0,03	0,13	0,00	14
Plomo Total	0,07	0,09	0,08	0,09	0,01	0,00	0,00	13
Potasio disuelto	0,19	0,00	0,03	0,21	0,02	0,06	0,15	10
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,10	0,04	0,06	0,64	0,01	0,03	0,40	5
Selenio disuelto	0,00	0,04	0,06	0,02	0,02	0,15	0,00	13
Sodio disuelto	0,29	0,00	0,06	0,18	0,07	0,00	0,07	10
Sulfato	0,27	0,01	0,01	0,12	0,00	0,07	0,03	10
Temperatura	0,00	0,42	0,27	0,10	0,12	0,00	0,08	22
Zinc Total	0,00	0,10	0,04	0,01	0,01	0,03	0,06	14

Tabla 94: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Rio Claro	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,04	0,33	0,26	0,07	0,03	0,09	0,01	13
Arsenico Total	0,06	0,09	0,16	0,02	0,01	0,23	0,03	16
Bicarbonato	0,01	0,06	0,02	0,48	0,13	0,04	0,18	8
Boro	--	--	--	--	--	--	--	12
CLoruro	0,09	0,10	0,09	0,17	0,01	0,11	0,22	17
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	14

Rio Claro	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Calcio disuelto	0,02	0,24	0,15	0,00	0,02	0,03	0,12	11
Cobalto Total	0,15	0,05	0,00	0,29	0,39	0,00	0,17	14
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	8
Cobre Total	0,09	0,00	0,02	0,16	0,01	0,29	0,25	21
Conductividad Específica	0,11	0,00	0,00	0,10	0,00	0,12	0,23	26
SDT	0,11	0,00	0,00	0,10	0,00	0,12	0,23	26
Cromo Hexavalente Total	0,50	0,16	0,22	0,02	0,24	0,05	0,22	10
Demanda Química de Oxígeno	0,23	0,20	0,02	0,03	0,02	0,15	0,01	16
Fierro Total	0,07	0,22	0,10	0,08	0,28	0,00	0,01	20
Fósforo de Ortofosfato	0,01	0,08	0,03	0,20	0,22	0,00	0,03	11
Magnesio disuelto	0,47	0,12	0,13	0,20	0,05	0,17	0,14	17
Manganeso Total	0,01	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01	0,07	16
Mercurio Total	0,10	0,12	0,00	0,21	0,21	0,00	0,02	14
Molibdeno Total	0,35	0,02	0,04	0,01	0,01	0,19	0,24	12
Nitrógeno de Amonio	--	--	--	--	--	--	--	0
Nitrógeno de Nitrato	0,34	0,04	0,06	0,04	0,18	0,01	0,15	10
Níquel Total	0,32	0,11	0,03	0,25	0,34	0,03	0,27	13
Oxígeno Disuelto	0,19	0,05	0,04	0,00	0,04	0,06	0,08	14
Nitrógeno de Nitrito	--	--	--	--	--	--	--	0
Ph	0,21	0,07	0,10	0,06	0,00	0,23	0,07	26
Plata Total	0,26	0,09	0,00	0,02	0,01	0,16	0,01	14
Plomo Total	0,49	0,03	0,01	0,12	0,17	0,08	0,35	13
Potasio disuelto	0,01	0,25	0,23	0,00	0,10	0,09	0,18	11
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,74	0,02	0,03	0,04	--	0,47	0,22	6
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	12
Sodio disuelto	0,37	0,17	0,19	0,01	0,00	0,47	0,09	11

Rio Claro	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Sulfato	0,22	0,04	0,06	0,06	0,04	0,21	0,05	14
Temperatura	0,10	0,22	0,15	0,00	0,04	0,02	0,32	23
Zinc Total	--	--	--	--	--	--	--	16

Tabla 95: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Rio Claro	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,95	0,30	0,26	0,97	0,93	0,01	0,04	14
Arsenico Total	0,03	0,00	0,03	0,05	0,03	0,06	0,02	16
Bicarbonato	0,07	0,91	0,32	0,58	0,05	0,01	0,02	10
Boro	--	--	--	--	--	--	--	12
CLoruro	0,31	0,23	0,29	0,15	0,03	0,02	0,33	17
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	15
Calcio disuelto	0,38	0,59	0,53	0,42	0,00	0,00	0,22	13
Cobalto Total	0,05	0,06	0,22	0,06	0,06	0,03	0,00	15
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	8
Cobre Total	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	19
Conductividad Específica	0,31	0,00	0,05	0,04	0,07	0,20	--	28
SDT	0,31	0,00	0,05	0,04	0,07	0,20	--	28
Cromo Hexavalente Total	--	--	--	--	--	--	--	11
Demanda Química de Oxígeno	0,00	0,32	0,07	0,01	0,06	0,06	0,06	14
Fierro Total	0,48	0,02	0,01	0,17	0,50	0,01	0,00	18
Fósforo de Ortofosfato	0,05	0,02	0,01	0,04	0,05	0,05	0,29	12
Magnesio disuelto	0,57	0,00	0,16	0,08	0,03	0,13	0,15	18
Manganeso Total	0,89	0,23	0,11	0,93	0,88	0,00	0,01	16
Mercurio Total	0,01	0,20	0,39	0,01	0,01	0,05	0,01	15

Rio Claro	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Molibdeno Total	0,10	0,00	0,03	0,06	0,04	0,03	0,01	14
Nitrógeno de Amonio	--	--	--	--	--	--	--	0
Nitrógeno de Nitrato	0,00	0,09	0,26	0,00	0,00	0,06	0,16	11
Níquel Total	0,05	0,21	0,23	0,03	0,03	0,10	0,14	15
Oxígeno Disuelto	0,11	0,00	0,00	0,11	0,09	0,01	0,11	13
Nitrógeno de Nitrito	--	--	--	--	--	--	--	0
Ph	0,03	0,00	0,00	0,05	0,01	0,02	--	28
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	15
Plomo Total	0,09	0,06	0,15	0,06	0,04	0,07	0,04	15
Potasio disuelto	0,47	0,00	0,28	0,12	0,01	0,35	0,58	13
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,56	0,00	0,10	0,21	0,21	0,55	0,72	7
Selenio disuelto	0,01	0,21	0,39	0,01	0,01	0,05	0,02	13
Sodio disuelto	0,57	0,17	0,49	0,02	0,02	0,17	0,47	13
Sulfato	0,55	0,00	0,05	0,06	0,00	0,05	0,34	16
Temperatura	0,21	0,07	0,15	0,14	0,10	0,01	0,06	21
Zinc Total	0,57	0,02	0,00	0,60	0,56	0,01	0,00	15

Tabla 96: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Rio Pedernal en Tejada	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,14	0,02	0,01	0,06	0,00	0,02	0,07	55
Arsenico Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	65
Bicarbonato	0,43	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,19	32
CLoruro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	56
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	61
Calcio disuelto	0,37	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,29	41

Rio Pedernal en Tejada	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Carbonato	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	28
Cobalto Total	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	66
Cobre Total	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	67
Conductividad Específica	0,21	0,02	0,02	0,01	0,00	0,03	0,28	68
SDT [mg/L]	0,21	0,02	0,02	0,01	0,00	0,03	0,28	68
Cromo Hexavalente Total	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	49
Demanda Química de Oxígeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	53
Fierro Total	0,48	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,21	67
Fósforo de Ortofosfato	0,01	0,03	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	45
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	1
Magnesio disuelto	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,37	41
Manganeso Total	0,12	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	66
Mercurio Total	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,14	0,08	63
Molibdeno Total	0,09	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,01	59
Nitrógeno de Nitrato	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	40
Níquel Total	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	62
Oxígeno Disuelto	0,00	0,27	0,26	0,00	0,00	0,00	0,05	63
Ph	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	68
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	67
Plomo Total	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	0,01	60
Potasio disuelto	0,05	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,07	41
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,23	0,01	0,03	0,03	0,00	0,00	0,33	41
Selenio disuelto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	50
Sodio disuelto	0,33	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,39	41
Sulfato	0,12	0,02	0,01	0,00	0,01	0,07	0,37	50
Temperatura	0,09	0,58	0,68	0,01	0,02	0,22	0,20	67

Rio Pedernal en Tejada	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Zinc Total	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	63
Boro	--	--	--	--	--	--	--	46
Aluminio Total ICP-OES	0,41	0,47	0,86	--	--	1,00	0,96	3
Cadmio Total ICP-OES	0,41	0,47	0,86	--	--	1,00	0,96	3
Calcio Total	0,07	0,00	0,00	0,00	--	0,00	0,35	17
Cromo Total	0,52	0,01	0,00	0,29	--	0,12	0,01	5
Cromo Total ICP-OES	0,41	0,47	0,86	--	--	1,00	0,96	3
Fluoruro Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Fósforo de Ortofosfato	0,11	0,11	0,08	0,06	--	0,30	0,54	5
Magnesio Total	0,24	0,04	0,03	0,05	--	0,12	0,17	17
Niquel Total ICP-OES	0,41	0,47	0,86	--	--	1,00	0,96	3
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	0,51	0,04	0,03	--	--	0,33	0,52	4
Oxígeno Disuelto (% Saturacion)	0,05	0,01	0,01	--	--	0,01	0,65	6
Plomo Total ICP-OES	0,41	0,47	0,86	--	--	1,00	0,96	3
Potasio Total	0,93	0,11	0,15	0,01	--	0,78	0,04	17
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Sodio Total	0,31	0,04	0,02	0,01	--	0,11	0,39	17

Tabla 97: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Rio Pedernal en Tejada	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,10	0,09	0,02	--	--	0,14	0,04	8
Arsenico Total	0,09	0,13	0,50	--	--	0,53	0,02	8
Bicarbonato	0,75	0,01	0,17	--	--	0,00	0,08	7
CLoruro	0,24	0,12	0,09	--	--	0,04	0,07	7
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	8

Rio Pedernal en Tejada	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Calcio disuelto	0,38	0,05	0,00	--	--	0,02	0,00	7
Carbonato	0,59	0,26	0,39	--	--	0,13	0,00	6
Cobalto Total	--	--	--	--	--	--	--	8
Cobre Total	0,08	0,04	0,01	--	--	0,11	0,06	8
Conductividad Específica	0,47	0,22	0,13	--	--	0,02	0,02	9
SDT [mg/L]	0,47	0,22	0,13	--	--	0,02	0,02	9
Cromo Hexavalente Total	--	--	--	--	--	--	--	8
Demanda Química de Oxígeno	0,02	0,15	0,00	--	--	0,79	0,30	5
Fierro Total	0,78	0,09	0,03	--	--	0,13	0,01	8
Fósforo de Ortofosfato	0,15	0,23	0,01	--	--	0,25	0,16	6
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio disuelto	0,37	0,13	0,01	--	--	0,08	0,03	7
Manganeso Total	0,59	0,17	0,09	--	--	0,10	0,02	8
Mercurio Total	0,09	0,13	0,50	--	--	0,54	0,02	8
Molibdeno Total	0,00	0,24	0,21	--	--	0,04	0,03	8
Nitrógeno de Nitrato	0,15	0,53	0,73	--	--	0,09	0,01	5
Níquel Total	0,13	0,31	0,27	--	--	0,01	0,09	8
Oxígeno Disuelto	0,02	0,55	0,36	--	--	0,08	0,00	8
Ph	0,25	0,01	0,04	--	--	0,03	0,44	9
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	8
Plomo Total	--	--	--	--	--	--	--	8
Potasio disuelto	0,02	0,62	0,42	--	--	0,16	0,02	7
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,24	0,15	0,06	--	--	0,10	0,05	7
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	5
Sodio disuelto	0,48	0,21	0,06	--	--	0,13	0,03	7
Sulfato	0,48	0,05	0,00	--	--	0,00	0,09	7

Rio Pedernal en Tejada	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Temperatura	0,01	0,25	0,61	--	--	0,29	0,01	9
Zinc Total	--	--	--	--	--	--	--	8
Boro	--	--	--	--	--	--	--	4
Aluminio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	0
Cadmio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	0
Calcio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Cromo Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Cromo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	0
Fluoruro Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Fósforo de Ortofosfato	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Niquel Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	0
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	--	--	--	--	--	--	--	0
Oxígeno Disuelto (% Saturacion)	--	--	--	--	--	--	--	0
Plomo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	0
Potasio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Sodio Total	--	--	--	--	--	--	--	0

Tabla 98: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Rio Pedernal en Tejada	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,04	0,11	0,11	0,78	--	0,06	0,13	12
Arsenico Total	0,03	0,04	0,01	0,00	--	0,04	0,02	16
Bicarbonato	0,50	0,10	0,00	--	--	0,00	0,08	9
CLoruro	0,24	0,06	0,10	--	--	0,06	0,21	15

Rio Pedernal en Tejada	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	15
Calcio disuelto	0,26	0,11	0,00	--	--	0,00	0,10	11
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	8
Cobalto Total	0,03	0,00	0,10	0,01	--	0,45	0,00	17
Cobre Total	0,00	0,04	0,03	0,08	--	0,00	0,02	18
Conductividad Específica	0,35	0,04	0,05	0,02	--	0,01	0,51	18
SDT [mg/L]	0,35	0,04	0,05	0,02	--	0,01	0,51	18
Cromo Hexavalente Total	0,07	0,09	0,19	0,01	--	0,17	0,00	12
Demanda Química de Oxígeno	0,00	0,02	0,04	0,41	--	0,01	0,18	14
Hierro Total	0,45	0,14	0,07	0,00	--	0,29	0,56	18
Fósforo de Ortofosfato	0,08	0,07	0,19	0,01	--	0,13	0,00	12
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	1
Magnesio disuelto	0,40	0,09	0,00	--	--	0,00	0,15	11
Manganeso Total	0,16	0,13	0,08	0,01	--	0,48	0,29	17
Mercurio Total	0,01	0,05	0,03	0,02	--	0,01	0,04	16
Molibdeno Total	0,42	0,00	0,00	0,06	--	0,05	0,16	15
Nitrógeno de Nitrato	0,06	0,08	0,22	0,00	--	0,34	0,00	11
Níquel Total	0,17	0,01	0,02	0,02	--	0,40	0,01	17
Oxígeno Disuelto	0,04	0,13	0,17	0,28	--	0,12	0,01	17
Ph	0,00	0,00	0,02	0,00	--	0,04	0,00	18
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	18
Plomo Total	0,24	0,18	0,29	0,00	--	0,00	0,28	14
Potasio disuelto	0,04	0,39	0,01	--	--	0,12	0,03	11
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,23	0,21	0,00	--	--	0,14	0,05	11
Selenio disuelto	0,03	0,35	0,11	--	--	0,58	0,19	13
Sodio disuelto	0,31	0,17	0,00	--	--	0,04	0,09	11

Rio Pedernal en Tejada	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Sulfato	0,32	0,07	0,04	--	--	0,00	0,54	14
Temperatura	0,29	0,03	0,37	0,12	--	0,00	0,27	18
Zinc Total	0,05	0,02	0,12	0,01	--	0,05	0,06	16
Boro	--	--	--	--	--	--	--	11
Aluminio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Cadmio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Calcio Total	0,53	0,35	0,46	--	--	0,83	0,75	5
Cromo Total	--	--	--	--	--	--	--	1
Cromo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Fluoruro Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Fósforo de Ortofosfato	--	--	--	--	--	--	--	1
Magnesio Total	0,86	0,00	0,04	--	--	0,60	0,09	5
Niquel Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	--	--	--	--	--	--	--	1
Oxigeno Disuelto (% Saturacion)	--	--	--	--	--	--	--	1
Plomo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Potasio Total	0,00	0,98	0,03	--	--	0,09	0,57	5
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Sodio Total	0,53	0,33	0,43	--	--	0,87	0,71	5

Tabla 99: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Rio Pedernal en Tejada	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,00	0,00	0,06	0,01	0,03	0,10	0,00	17
Arsenico Total	0,08	0,00	0,01	0,00	0,00	0,12	0,53	21
Bicarbonato	0,48	0,34	0,30	0,04	0,01	0,12	0,62	7

Rio Pedernal en Tejada	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
CLoruro	0,03	0,12	0,13	0,00	0,02	0,07	0,01	16
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	20
Calcio disuelto	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	10
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	7
Cobalto Total	0,09	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	21
Cobre Total	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,05	0,04	21
Conductividad Específica	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,20	21
SDT [mg/L]	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,20	21
Cromo Hexavalente Total	--	--	--	--	--	--	--	14
Demanda Química de Oxígeno	0,00	0,14	0,03	0,04	0,06	0,09	0,04	17
Hierro Total	0,45	0,01	0,00	0,02	0,02	0,29	0,10	21
Fósforo de Ortofosfato	0,00	0,39	0,29	0,01	0,01	0,00	0,06	14
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio disuelto	0,10	0,00	0,03	0,02	0,05	0,19	0,05	10
Manganeso Total	0,46	0,01	0,03	0,01	0,01	0,14	0,05	21
Mercurio Total	0,15	0,07	0,00	0,02	0,01	0,09	0,30	20
Molibdeno Total	0,15	0,00	0,05	0,02	0,07	0,27	0,10	18
Nitrógeno de Nitrato	0,05	0,09	0,05	0,02	0,04	0,13	0,10	12
Níquel Total	0,03	0,02	0,00	0,03	0,00	0,08	0,06	19
Oxígeno Disuelto	0,13	0,01	0,00	0,03	0,03	0,27	0,01	20
Ph	0,05	0,01	0,15	0,01	0,00	0,06	0,01	21
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	21
Plomo Total	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,13	0,07	19
Potasio disuelto	0,01	0,00	0,03	0,11	0,04	0,00	0,00	10
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,02	0,13	0,03	0,15	0,01	0,61	0,06	10
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	16

Rio Pedernal en Tejada	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Sodio disuelto	0,05	0,04	0,01	0,08	0,01	0,35	0,06	10
Sulfato	0,17	0,02	0,05	0,00	0,02	0,26	0,41	13
Temperatura	0,00	0,37	0,37	0,01	0,00	0,00	0,00	20
Zinc Total	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,05	20
Boro	--	--	--	--	--	--	--	16
Aluminio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Cadmio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Calcio Total	0,31	0,04	0,01	0,01	--	0,32	0,25	7
Cromo Total	0,70	1,00	0,51	0,75	--	0,45	0,99	3
Cromo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Fluoruro Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Fósforo de Ortofosfato	--	--	--	--	--	--	--	2
Magnesio Total	0,44	0,25	0,12	0,07	--	0,50	0,32	7
Niquel Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	1,00	1,00	1,00	--	--	1,00	1,00	2
Oxigeno Disuelto (% Saturacion)	0,93	0,92	0,44	--	--	0,92	0,87	3
Plomo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Potasio Total	0,98	0,13	0,25	0,04	--	0,96	0,55	7
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Sodio Total	0,58	0,05	0,00	0,00	--	0,53	0,62	7

Tabla 100: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Rio Pedernal en Tejada	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,00	0,01	0,01	--	--	0,26	0,11	18
Arsenico Total	0,02	0,01	0,01	--	--	0,01	0,02	20

Rio Pedernal en Tejada	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Bicarbonato	0,80	0,45	0,18	--	--	0,12	0,01	9
CLoruro	0,05	0,00	0,02	--	--	0,00	0,01	18
Cadmio Total	--	--	--	--	--	--	--	18
Calcio disuelto	0,47	0,38	0,03	--	--	0,00	0,00	13
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	7
Cobalto Total	0,01	0,00	0,06	--	--	0,01	0,52	20
Cobre Total	0,08	0,23	0,29	--	--	0,09	0,11	20
Conductividad Específica	0,69	0,47	0,38	--	--	0,00	0,02	20
SDT [mg/L]	0,69	0,47	0,38	--	--	0,00	0,02	20
Cromo Hexavalente Total	--	--	--	--	--	--	--	15
Demanda Química de Oxígeno	0,01	0,02	0,08	--	--	0,01	0,02	17
Fierro Total	0,01	0,00	0,01	--	--	0,00	0,03	20
Fósforo de Ortofosfato	0,04	0,17	0,01	--	--	0,00	0,13	13
Litio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	0
Magnesio disuelto	0,11	0,24	0,10	--	--	0,01	0,02	13
Manganeso Total	0,09	0,11	0,04	--	--	0,01	0,00	20
Mercurio Total	0,06	0,03	0,05	--	--	0,00	0,03	19
Molibdeno Total	0,11	0,20	0,32	--	--	0,06	0,05	18
Nitrógeno de Nitrato	0,03	0,24	0,03	--	--	0,02	0,49	12
Níquel Total	0,01	0,14	0,56	--	--	0,12	0,35	18
Oxígeno Disuelto	0,28	0,43	0,31	--	--	0,02	0,00	18
Ph	0,01	0,11	0,06	--	--	0,00	0,08	20
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	20
Plomo Total	0,10	0,30	0,62	--	--	0,18	0,23	19
Potasio disuelto	0,03	0,01	0,00	--	--	0,01	0,22	13
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,55	0,12	0,02	--	--	0,11	0,05	13

Rio Pedernal en Tejada	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	16
Sodio disuelto	0,67	0,30	0,03	--	--	0,07	0,03	13
Sulfato	0,47	0,73	0,60	--	--	0,04	0,01	16
Temperatura	0,16	0,02	0,03	--	--	0,05	0,02	20
Zinc Total	0,01	0,03	0,00	--	--	0,01	0,03	19
Boro	--	--	--	--	--	--	--	15
Aluminio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Cadmio Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Calcio Total	0,01	0,02	0,01	--	--	0,15	0,16	5
Cromo Total	--	--	--	--	--	--	--	1
Cromo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Fluoruro Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Fósforo de Ortofosfato	1,00	1,00	1,00	--	--	--	1,00	2
Magnesio Total	0,01	0,19	0,78	--	--	0,04	0,00	5
Niquel Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	--	--	--	--	--	--	--	1
Oxígeno Disuelto (% Saturacion)	1,00	1,00	1,00	--	--	1,00	1,00	2
Plomo Total ICP-OES	--	--	--	--	--	--	--	1
Potasio Total	0,84	0,60	0,10	--	--	0,91	0,41	5
Selenio Total	--	--	--	--	--	--	--	0
Sodio Total	0,38	0,33	0,10	--	--	0,60	0,02	5

Tabla 101: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Río Cruces	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,13	0,01	0,01	0,12	0,23	0,04	0,00	56

Río Cruces	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Arsenico Total	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	97
Bicarbonato	0,52	0,25	0,15	0,09	0,03	0,04	0,36	37
Boro	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	79
CLoruro	0,08	0,06	0,08	0,03	0,02	0,06	0,07	67
Cadmio Total	0,03	0,03	0,04	0,00	0,00	0,01	0,06	67
Calcio disuelto	0,12	0,06	0,07	0,00	0,00	0,01	0,27	48
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	37
Cobalto Total	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	68
Cobre Total	0,00	0,00	0,01	0,00	0,18	0,01	0,01	99
Conductividad Específica	0,11	0,09	0,10	0,03	0,03	0,04	0,05	97
SDT	0,11	0,09	0,10	0,03	0,03	0,04	0,05	97
Cromo Hexavalente Total	0,00	0,02	0,04	0,21	0,02	0,01	0,01	48
Demanda Química de Oxígeno	0,02	0,01	0,02	0,14	0,15	0,00	0,01	62
Fierro Total	0,01	0,00	0,00	0,11	0,56	0,00	0,03	98
Fósforo de Ortofosfato	0,02	0,04	0,05	0,01	0,01	0,05	0,03	73
Magnesio disuelto	0,38	0,18	0,10	0,07	0,05	0,05	0,37	48
Manganeso Total	0,00	0,03	0,01	0,21	0,22	0,00	0,07	69
Mercurio Total	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	66
Molibdeno Total	0,02	0,03	0,05	0,00	0,03	0,01	0,01	58
Nitrógeno de Nitrato	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	76
Oxígeno Disuelto (% Saturacion)	0,29	0,02	0,06	0,30	0,28	0,11	0,01	13
Oxígeno Disuelto	0,00	0,00	0,01	0,31	0,02	0,00	0,01	81
Níquel Total	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	66
Ph	0,17	0,09	0,12	0,03	0,02	0,12	0,05	96
Plata Total	0,00	0,04	0,05	0,00	0,01	0,04	0,06	54
Plomo Total	0,03	0,00	0,02	0,00	0,01	0,05	0,01	49

Río Cruces	Completo							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Potasio disuelto	0,10	0,08	0,10	0,01	0,17	0,05	0,22	48
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,09	0,04	0,05	0,03	0,01	0,02	0,00	44
Selenio disuelto	0,00	0,04	0,05	0,00	0,01	0,04	0,07	51
Sodio disuelto	0,12	0,02	0,03	0,03	0,01	0,00	0,05	48
Sulfato	0,11	0,06	0,07	0,02	0,03	0,04	0,07	62
Temperatura	0,23	0,68	0,62	0,06	0,04	0,42	0,02	95
Zinc Total	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	66

Tabla 102: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Río Cruces	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,06	0,02	0,00	0,31	0,13	0,05	0,00	16
Arsenico Total	0,12	0,04	0,06	0,00	0,12	0,02	0,09	26
Bicarbonato	0,59	0,16	0,19	0,24	0,32	0,09	0,04	13
Boro	0,02	0,01	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	22
CLoruro	0,14	0,01	0,02	0,06	0,06	0,00	0,04	19
Cadmio Total	0,01	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	17
Calcio disuelto	0,23	0,01	0,00	0,19	0,31	0,21	0,10	15
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	13
Cobalto Total	0,02	0,07	0,13	0,00	0,00	0,02	0,03	18
Cobre Total	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07	26
Conductividad Específica	0,20	0,01	0,03	0,10	0,10	0,01	0,00	25
SDT	0,20	0,01	0,03	0,10	0,10	0,01	0,00	25
Cromo Hexavalente Total	0,03	0,01	0,00	0,10	0,10	0,05	0,01	13
Demanda Química de Oxígeno	0,10	0,01	0,00	0,27	0,50	0,06	0,07	15
Fierro Total	0,12	0,01	0,00	0,14	0,54	0,11	0,01	25

Río Cruces	Otoño							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Fósforo de Ortofosfato	0,07	0,00	0,00	0,01	0,48	0,10	0,02	20
Magnesio disuelto	0,67	0,11	0,21	0,19	0,28	0,07	0,03	15
Manganeso Total	0,06	0,09	0,02	0,30	0,24	0,08	0,00	17
Mercurio Total	0,00	0,05	0,05	0,02	0,03	0,00	0,12	18
Molibdeno Total	0,06	0,09	0,06	0,00	0,04	0,39	0,12	16
Nitrógeno de Nitrato	0,16	0,14	0,10	0,22	0,32	0,02	0,18	22
Oxígeno Disuelto (% Saturacion)	0,83	0,93	0,67	1,00	1,00	0,22	0,02	3
Oxígeno Disuelto	0,01	0,02	0,00	0,42	0,01	0,09	0,03	20
Níquel Total	0,03	0,09	0,01	0,00	0,01	0,09	0,00	17
Ph	0,12	0,13	0,16	0,05	0,01	0,01	0,03	24
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	14
Plomo Total	0,04	0,18	0,03	0,01	0,01	0,42	0,02	13
Potasio disuelto	0,03	0,04	0,07	0,00	0,11	0,00	0,11	15
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,11	0,02	0,08	0,03	0,01	0,05	0,13	14
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	15
Sodio disuelto	0,13	0,01	0,07	0,04	0,04	0,09	0,09	15
Sulfato	0,14	0,03	0,05	0,03	0,06	0,01	0,11	18
Temperatura	0,41	0,59	0,64	0,01	0,08	0,10	0,03	24
Zinc Total	0,02	0,10	0,09	0,00	0,06	0,04	0,01	17

Tabla 103: R₂ del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Río Cruces	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,35	0,16	0,24	0,02	0,04	0,27	0,01	17
Arsenico Total	0,01	0,09	0,07	0,01	0,06	0,01	0,08	24
Bicarbonato	0,87	0,24	0,13	0,34	0,10	0,03	0,48	6

Río Cruces	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Boro	0,00	0,18	0,27	0,04	0,06	0,01	0,09	21
CLoruro	0,13	0,00	0,01	0,02	0,00	0,04	0,11	16
Cadmio Total	0,02	0,31	0,25	0,03	0,05	0,14	0,00	20
Calcio disuelto	0,04	0,00	0,00	0,09	0,04	0,02	0,19	10
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	6
Cobalto Total	0,01	0,02	0,00	0,03	0,03	0,00	0,11	20
Cobre Total	0,06	0,01	0,00	0,13	0,14	0,04	0,05	25
Conductividad Específica	0,19	0,08	0,09	0,06	0,10	0,06	0,04	25
SDT	0,19	0,08	0,09	0,06	0,10	0,06	0,04	25
Cromo Hexavalente Total	0,00	0,30	0,12	0,02	0,36	0,06	0,04	14
Demanda Química de Oxígeno	0,00	0,00	0,03	0,41	0,08	0,01	0,00	20
Fierro Total	0,02	0,12	0,06	0,08	0,13	0,00	0,00	25
Fósforo de Ortofosfato	0,02	0,01	0,03	0,04	0,02	0,02	0,39	18
Magnesio disuelto	0,19	0,01	0,01	0,13	0,02	0,03	0,47	10
Manganeso Total	0,05	0,05	0,04	0,12	0,05	0,04	0,24	21
Mercurio Total	0,00	0,01	0,00	0,03	0,04	0,09	0,01	20
Molibdeno Total	0,04	0,12	0,16	0,06	0,02	0,00	0,03	17
Nitrógeno de Nitrato	0,00	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	0,11	16
Oxígeno Disuelto (% Saturacion)	1,00	0,99	0,98	--	0,99	0,58	0,01	3
Oxígeno Disuelto	0,10	0,10	0,01	0,02	0,05	0,09	0,01	23
Níquel Total	0,04	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	20
Ph	0,29	0,01	0,01	0,21	0,11	0,17	0,01	25
Plata Total	0,01	0,17	0,20	0,01	0,03	0,06	0,33	18
Plomo Total	0,07	0,18	0,13	0,00	0,01	0,06	0,04	16
Potasio disuelto	0,19	0,04	0,05	0,00	0,00	0,05	0,35	10
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,05	0,05	0,06	0,00	0,01	0,06	0,01	10

Río Cruces	Primavera							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Selenio disuelto	0,01	0,21	0,24	0,01	0,04	0,06	0,33	16
Sodio disuelto	0,14	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,35	10
Sulfato	0,16	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,41	14
Temperatura	0,23	0,44	0,36	0,22	0,13	0,11	0,00	25
Zinc Total	0,00	0,09	0,05	0,00	0,00	0,05	0,00	20

Tabla 104: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

Río Cruces	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,15	0,00	0,00	0,02	0,77	0,02	0,03	17
Arsenico Total	0,02	0,04	0,11	0,00	0,02	0,06	0,00	31
Bicarbonato	0,53	0,50	0,00	0,40	0,30	0,63	0,14	10
Boro	0,04	0,23	0,26	0,03	0,01	0,01	0,04	24
CLoruro	0,04	0,11	0,19	0,00	0,03	0,01	0,39	19
Cadmio Total	0,07	0,13	0,08	0,02	0,03	0,13	0,07	20
Calcio disuelto	0,00	0,39	0,34	0,07	0,01	0,03	0,00	13
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	10
Cobalto Total	0,01	0,01	0,05	0,00	0,00	0,09	0,14	20
Cobre Total	0,04	0,12	0,02	0,00	0,10	0,07	0,11	31
Conductividad Específica	0,02	0,04	0,02	0,01	0,06	0,00	0,00	30
SDT	0,02	0,04	0,02	0,01	0,06	0,00	0,00	30
Cromo Hexavalente Total	0,08	0,00	0,04	0,39	0,05	0,39	0,26	15
Demanda Química de Oxígeno	0,09	0,22	0,40	0,00	0,02	0,03	0,08	19
Fierro Total	0,06	0,05	0,01	0,07	0,38	0,02	0,03	31
Fósforo de Ortofosfato	0,02	0,14	0,18	0,04	0,04	0,01	0,07	22
Magnesio disuelto	0,61	0,09	0,03	0,52	0,73	0,26	0,03	13

Río Cruces	Invierno							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Manganeso Total	0,01	0,00	0,00	0,05	0,38	0,01	0,00	21
Mercurio Total	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,10	0,07	20
Molibdeno Total	0,00	0,48	0,33	0,05	0,08	0,07	0,07	18
Nitrógeno de Nitrato	0,03	0,18	0,10	0,08	0,08	0,01	0,04	24
Oxígeno Disuelto (% Saturacion)	0,28	0,34	0,95	0,10	0,14	0,03	0,09	4
Oxígeno Disuelto	0,03	0,26	0,46	0,00	0,01	0,01	0,02	24
Níquel Total	0,00	0,03	0,14	0,00	0,26	0,10	0,15	19
Ph	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,08	0,10	30
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	16
Plomo Total	0,02	0,12	0,28	0,02	0,12	0,17	0,46	14
Potasio disuelto	0,01	0,09	0,02	0,04	0,05	0,01	0,19	13
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,23	0,08	0,37	0,06	0,12	0,05	0,05	11
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	14
Sodio disuelto	0,32	0,00	0,23	0,11	0,23	0,14	0,03	13
Sulfato	0,12	0,15	0,38	0,00	0,01	0,02	0,05	17
Temperatura	0,02	0,34	0,58	0,04	0,00	0,00	0,00	29
Zinc Total	0,04	0,14	0,04	0,07	0,00	0,09	0,01	20

Tabla 105: R2 del ajuste lineal entre parámetros de calidad del agua y predictores hidroclimáticos

RioCruces	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Aluminio Total	0,05	0,44	0,61	0,04	0,02	0,00	0,45	6
Arsenico Total	0,10	0,00	0,03	0,00	0,02	0,12	0,11	16
Bicarbonato	0,30	0,21	0,44	0,01	0,00	0,75	0,21	8
Boro	0,17	0,00	0,03	0,46	0,11	0,18	0,24	12
CLoruro	0,15	0,05	0,20	0,09	0,04	0,75	0,07	13

RioCruces	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Cadmio Total	0,04	0,13	0,14	0,13	0,01	0,00	0,03	10
Calcio disuelto	0,00	0,01	0,07	0,11	0,09	0,16	0,14	10
Carbonato	--	--	--	--	--	--	--	8
Cobalto Total	0,24	0,04	0,14	0,04	0,06	0,42	0,01	10
Cobre Total	0,13	0,00	0,02	0,05	0,77	0,01	0,04	17
Conductividad Específica	0,12	0,04	0,11	0,09	0,02	0,53	0,05	17
SDT	0,12	0,04	0,11	0,09	0,02	0,53	0,05	17
Cromo Hexavalente Total	--	--	--	--	--	--	--	6
Demanda Química de Oxígeno	0,00	0,01	0,00	0,03	0,06	0,08	0,03	8
Fierro Total	0,40	0,01	0,03	0,14	0,87	0,06	0,06	17
Fósforo de Ortofosfato	0,06	0,03	0,03	0,05	0,51	0,02	0,02	13
Magnesio disuelto	0,46	0,05	0,14	0,26	0,69	0,11	0,26	10
Manganeso Total	0,24	0,60	0,68	0,00	0,11	0,20	0,46	10
Mercurio Total	0,29	0,11	0,35	0,10	0,05	0,41	0,03	8
Molibdeno Total	0,02	0,79	0,50	0,05	0,19	0,01	0,45	7
Nitrógeno de Nitrato	0,20	0,01	0,07	0,01	0,07	0,06	0,14	14
Oxígeno Disuelto (% Saturacion)	0,99	0,02	0,83	0,12	--	0,99	0,92	3
Oxígeno Disuelto	0,23	0,01	0,00	0,07	0,02	0,07	0,00	14
Níquel Total	0,23	0,00	0,05	0,07	0,04	0,38	0,00	10
Ph	0,40	0,02	0,07	0,03	0,17	0,57	0,28	17
Plata Total	--	--	--	--	--	--	--	6
Plomo Total	0,79	0,00	0,27	0,18	0,00	0,70	0,08	6
Potasio disuelto	0,04	0,14	0,01	0,02	0,31	0,11	0,09	10
Razon de Absorción de Sodio (RAS)	0,09	0,11	0,04	0,09	0,01	0,35	0,03	9
Selenio disuelto	--	--	--	--	--	--	--	6
Sodio disuelto	0,09	0,13	0,02	0,06	0,01	0,41	0,01	10

RioCruces	Verano							
	Caudal	temperatura	temperatura_	Pdiaria	P_	Pacumulada	Pestacion_	n
Sulfato	0,17	0,01	0,11	0,12	0,05	0,69	0,05	13
Temperatura	0,26	0,32	0,11	0,19	0,08	0,32	0,03	17
Zinc Total	0,12	0,00	0,03	0,02	0,03	0,09	0,06	9

Anexos B: Zona de estudio

A continuación se presentan las distintas figuras utilizadas para llevar a cabo el análisis y documentación del capítulo Zona de estudio.

I. Región de Coquimbo

Río Toro antes junta Río La Laguna

Tabla 106: parámetros físicos de la cuenca Río Toro antes junta Río La Laguna

Área [km ²]	467,39
Elevación promedio [m.s.n.m]	3904,57
Elevación máxima [m.s.n.m]	6114,00
Elevación mínima [m.s.n.m]	2104,00
Pendiente media [m/km]	216,82

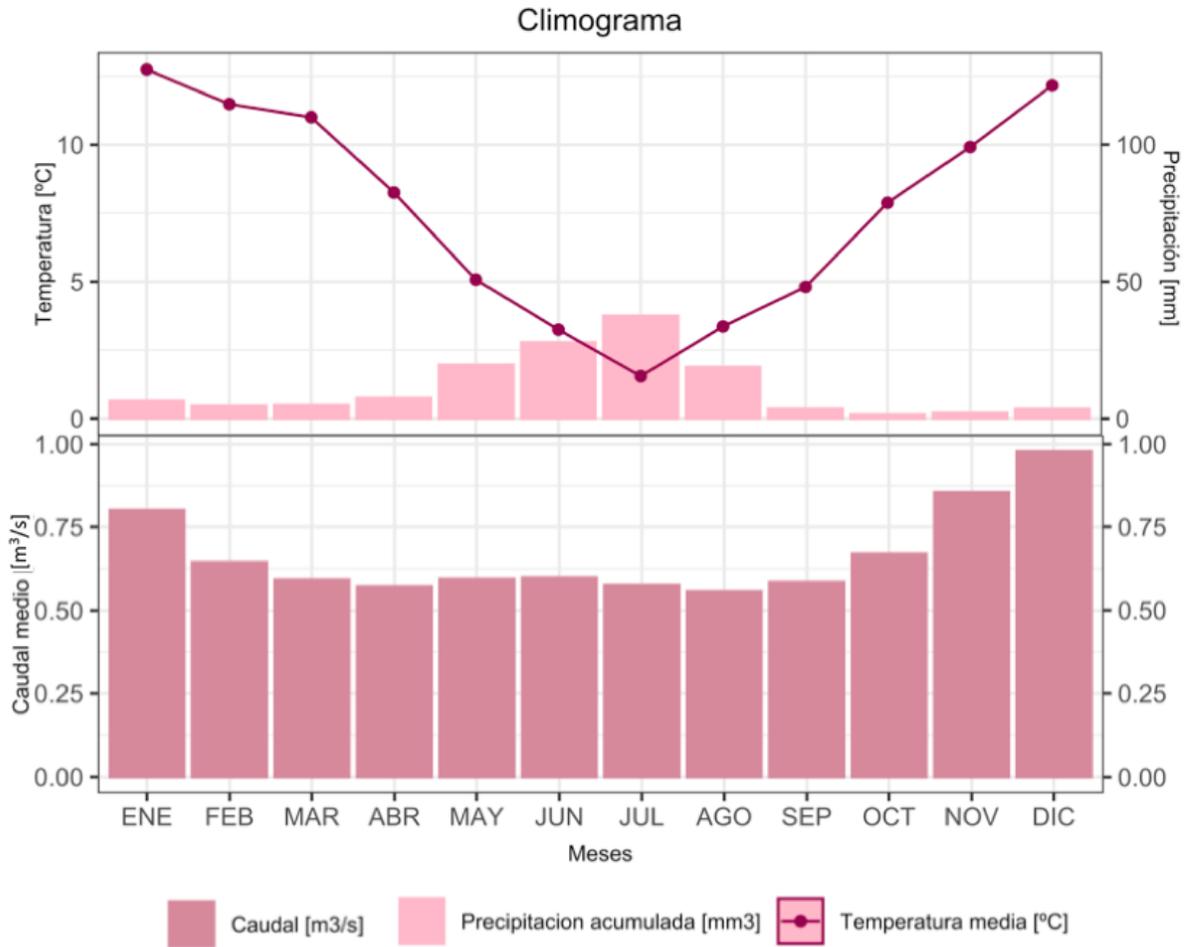


Figura 68: Climograma de la cuenca Río Toro antes de la Junta Río La Laguna, en la figura superior se presenta el promedio de la temperatura media diaria en forma mensual el periodo de información va desde 1979 a 2016 y se presenta la precipitación diaria acumulada en forma mensual, el periodo de información va desde 1979 a 2016. En la figura inferior se presenta el promedio de los caudales medios diarios mensuales, el periodo de información va desde 1937 a 2017 (FUENTE: CAMELS -CL)

Análisis de tendencia histórico de forzantes hidroclimáticas

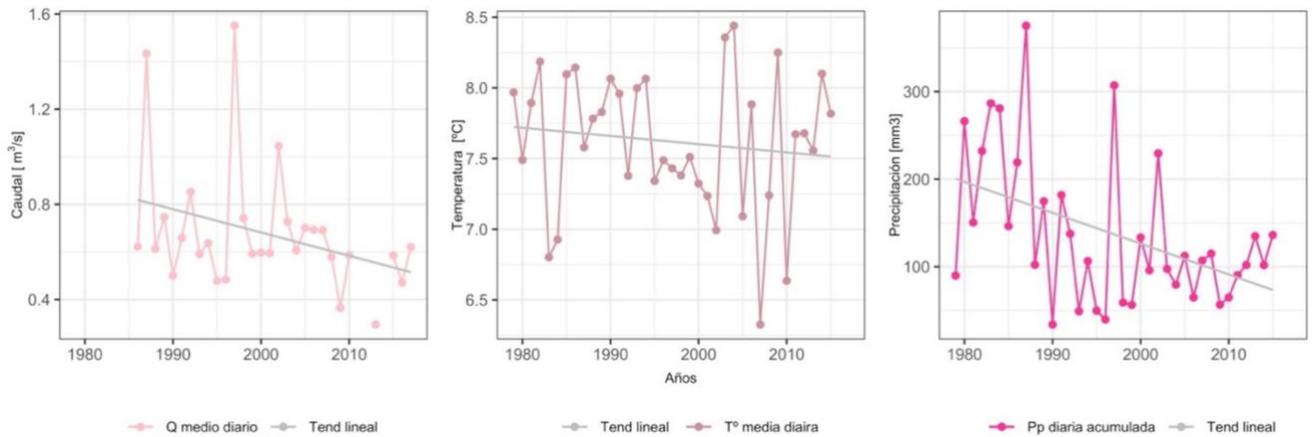


Figura 69 Análisis de tendencia de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Río Toro antes de la Junta Río La Laguna según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 1985 a 2018. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 1979 a 2016. Precipitación diaria acumulada del año información disponible

desde 1979 a 2016. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidrológico a través de los años para cada uno de los gráficos(Fuente: CAMELS-CL)

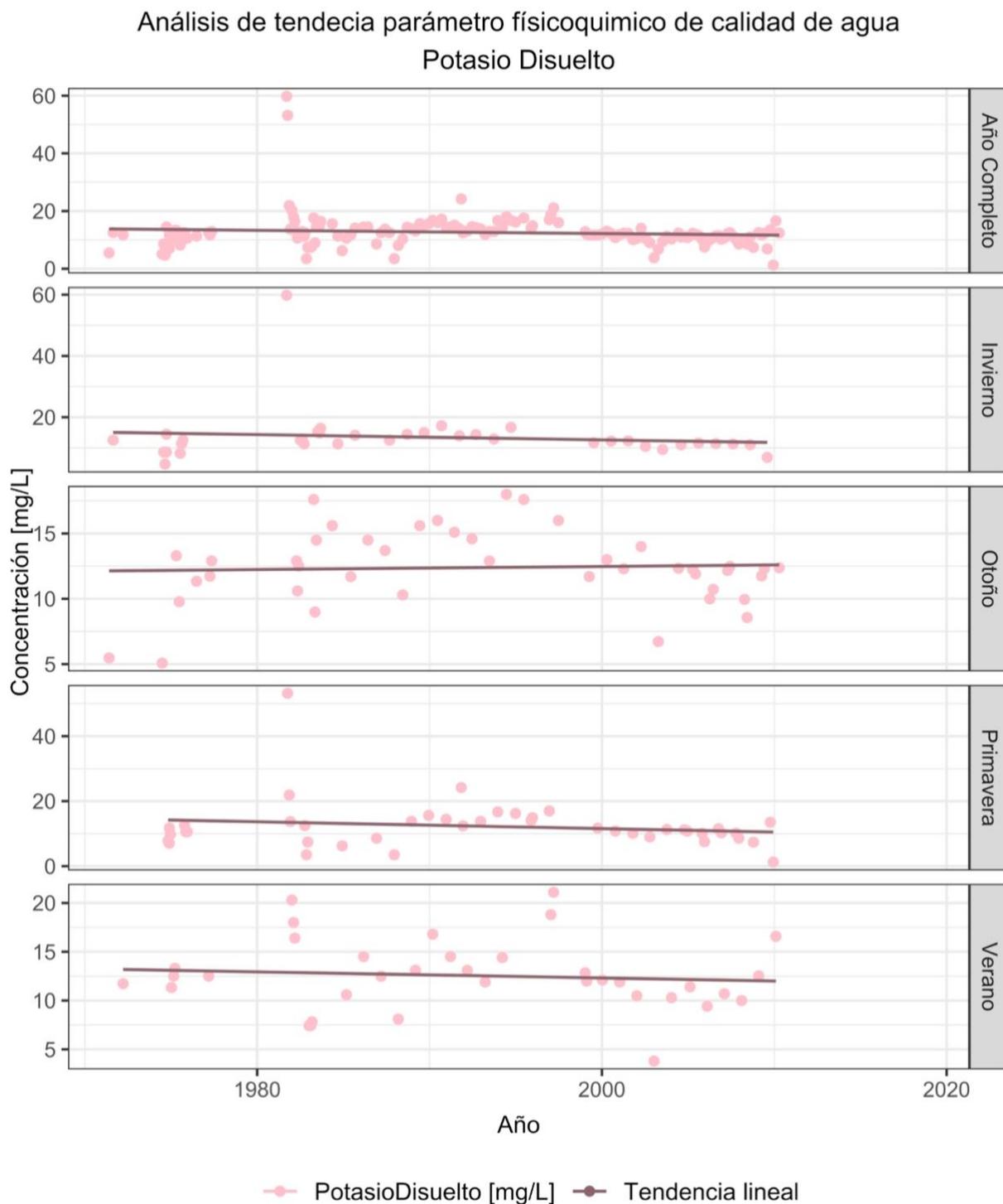
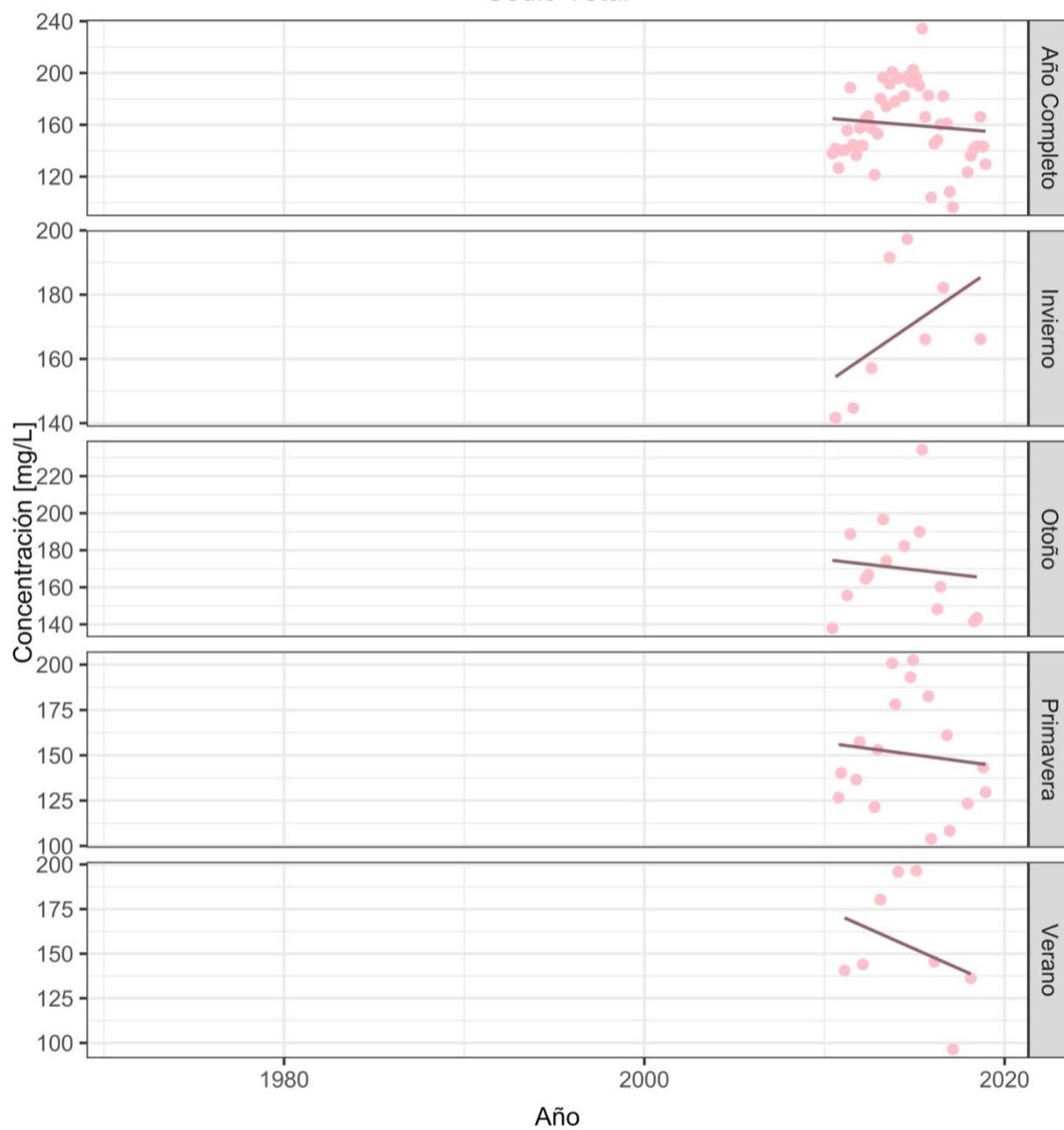


Figura 70: Análisis de tendencia de concentración de potasio disuelto para la cuenca Río Toro antes de la Junta Río La Laguna. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-1,770e-09$, invierno: $-2,717e-09$, otoño: $3,716e-10$, primavera: $-3,346e-09$ y verano: $-9,901e-10$. Años de información desde 1971 a 2010 (Fuente: DGA)

Análisis de tendecia parámetro físicoquímico de calidad de agua Sodio Total



● Sodio Total [mg/L]
 — Tendencia lineal

Figura 71: Análisis de tendecia de concentración de sodio total para la cuenca Río Toro antes de la Junta Río La Laguna. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendecia por estación meteorológica del año y la tendecia lineal entre concentración y tiempo, las pendientes son para año completo: $-3,62e-08$, invierno: $1,219e-07$, otoño: $-3,520e-08$, primavera: $-4,278e-08$ y verano: $-1,423e-07$. Años de información desde 2010 a 2018 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático
CSIRO

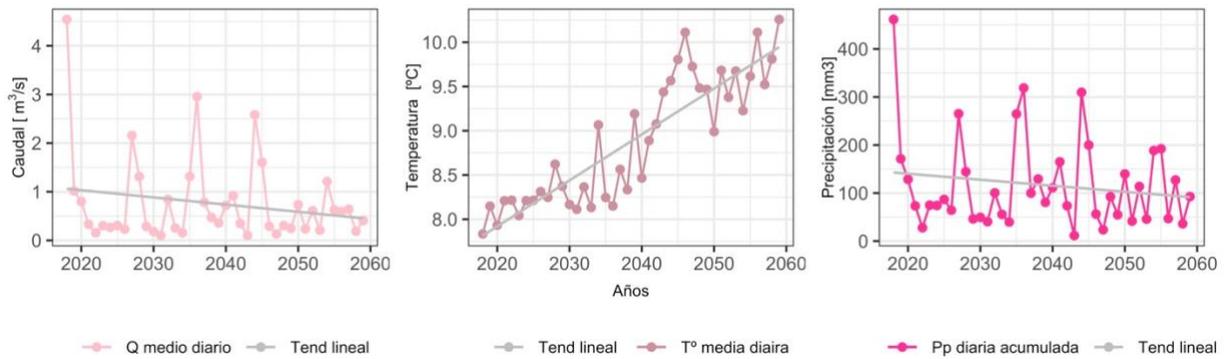


Figura 72: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo CSIRO de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Río Toro antes de la Junta Río La Laguna según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060.. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático
IPSL

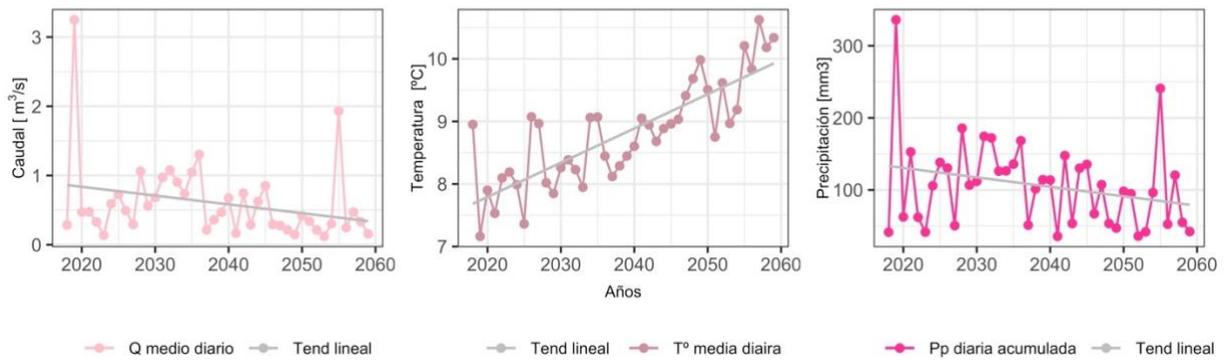


Figura 73: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo IPSL de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Río Toro antes de la Junta Río La Laguna según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060.. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

IPSL

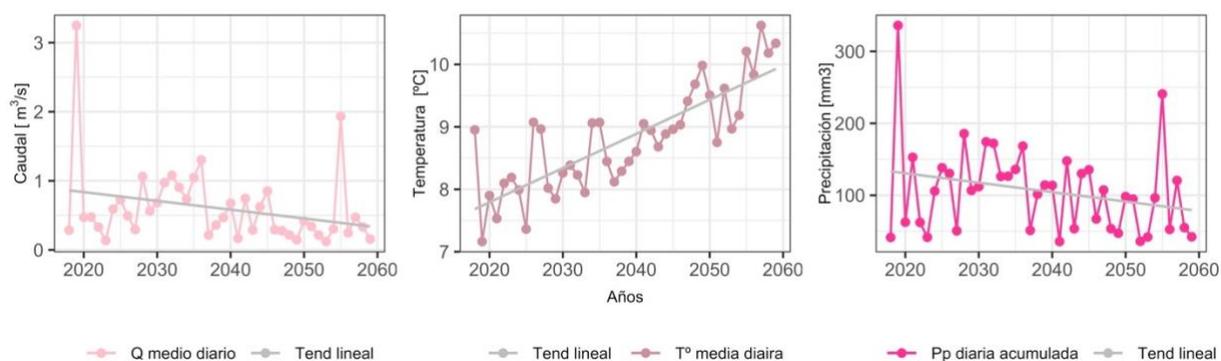


Figura 74: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo MIROC de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Río Toro antes de la Junta Río La Laguna según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual de temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060.. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060.. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Estero Derecho en Alcohuaz

Tabla 107: parámetros físicos de la cuenca Estero Derecho en Alcohuaz

Área [km ²]	3904,57
Elevación promedio [m.s.n.m]	3544,45
Elevación máxima [m.s.n.m]	5540,00
Elevación mínima [m.s.n.m]	1647,00
Pendiente media [m/km]	255,36

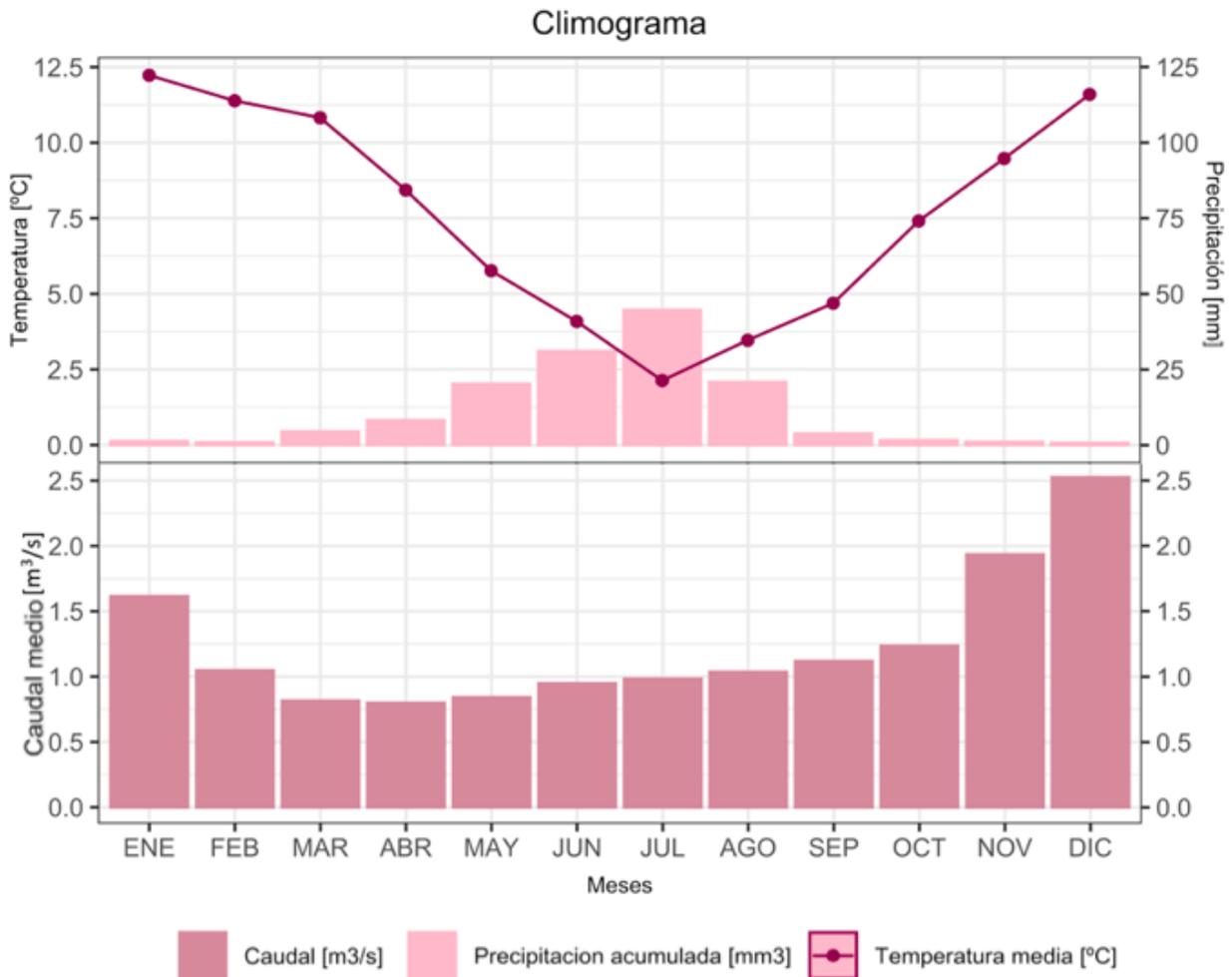


Figura 75: Climograma de la cuenca Estero Derecho en Alcohuaz, en la figura superior se presenta el promedio de la temperatura media diaria en forma mensual el periodo de información va desde 1979 a 2016 y se presenta la precipitación diaria acumulada en forma mensual, el periodo de información va desde 1979 a 2016. En la figura inferior se presenta el promedio de los caudales medios diarios mensuales, el periodo de información va desde 1983 a 2017 (FUENTE: CAMELS -CL)

Análisis de tendencia histórico de forzantes hidroclimáticas

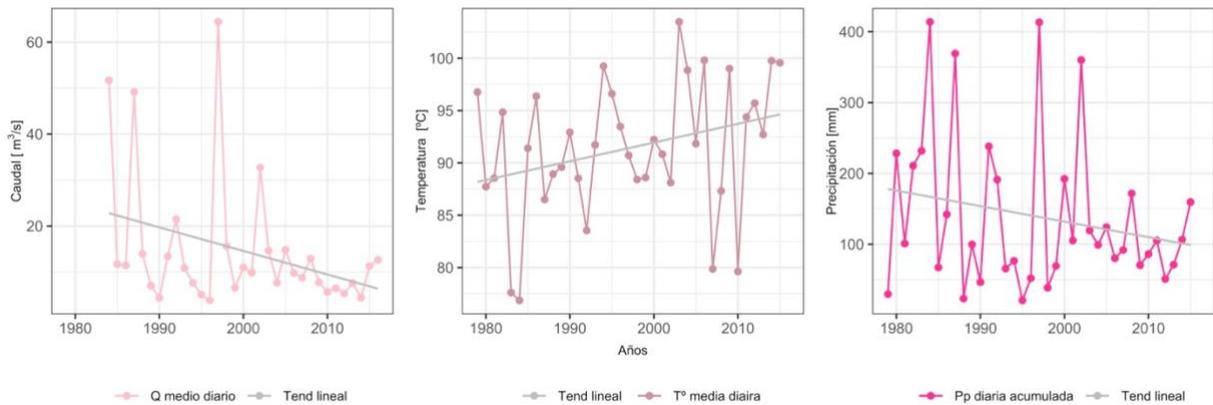


Figura 76: Análisis de tendencia de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Estero Derecho en Alcohuaz según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 1983 a 2017. Promedio anual del temperatura media, información disponible desde 1979 a 2016. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 1979 a

2016. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos(Fuente: CAMELS-CL)

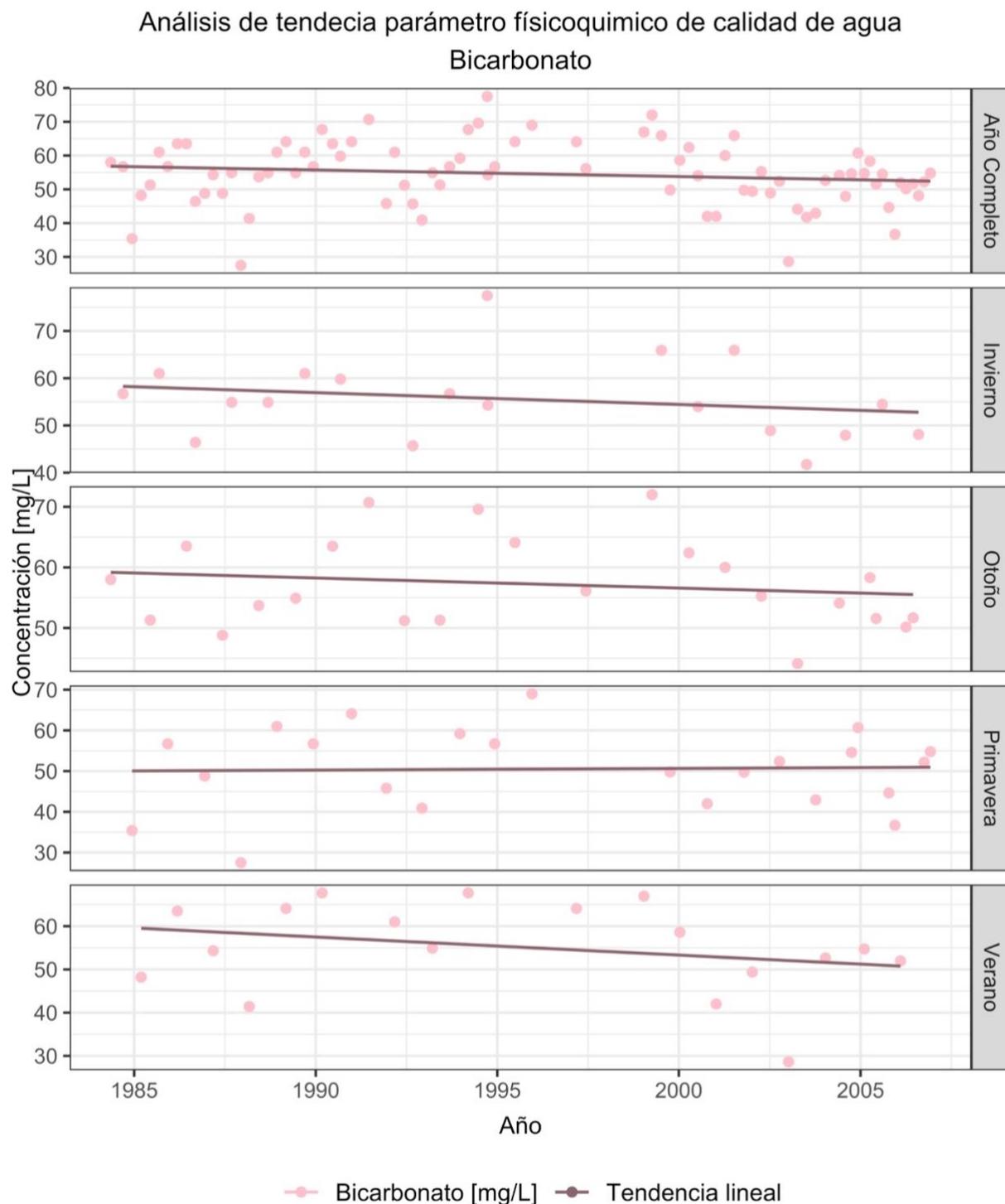


Figura 77: Análisis de tendencia de concentración de bicarbonato para la cuenca Estero Derecho en Alcohuaz. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia por estación meteorológica del año y la tendencia lineal entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-6,15e-09$, invierno: $-7,933e-09$, otoño: $-5,260e-09$, primavera: $1,302e-09$ y verano: $-1,326e-08$. Años de información desde 1984 a 2006 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático
IPSL

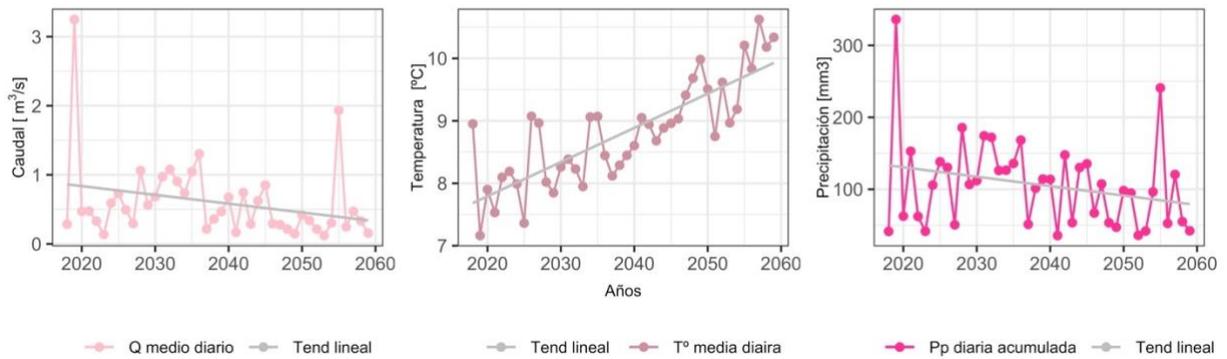


Figura 78: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo CSIRO de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Estero Derecho en Alcohuaz según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático
IPSL

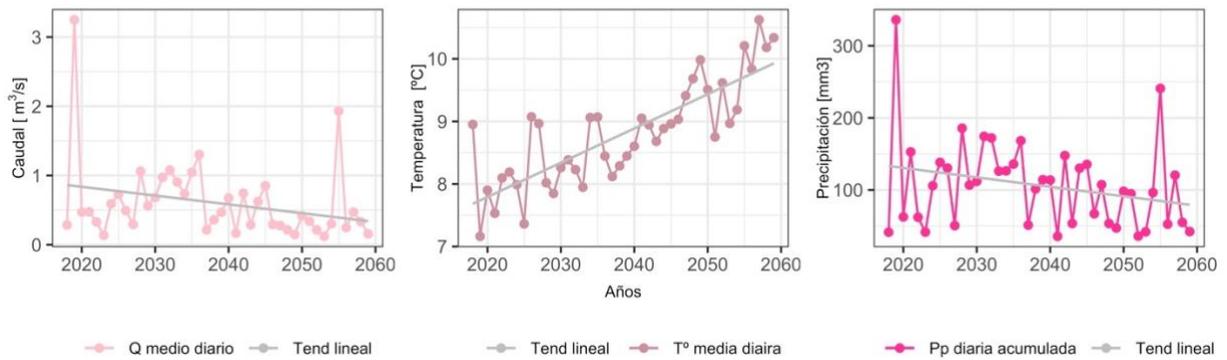


Figura 79: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo IPSL de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Estero Derecho en Alcohuaz según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

IPSL

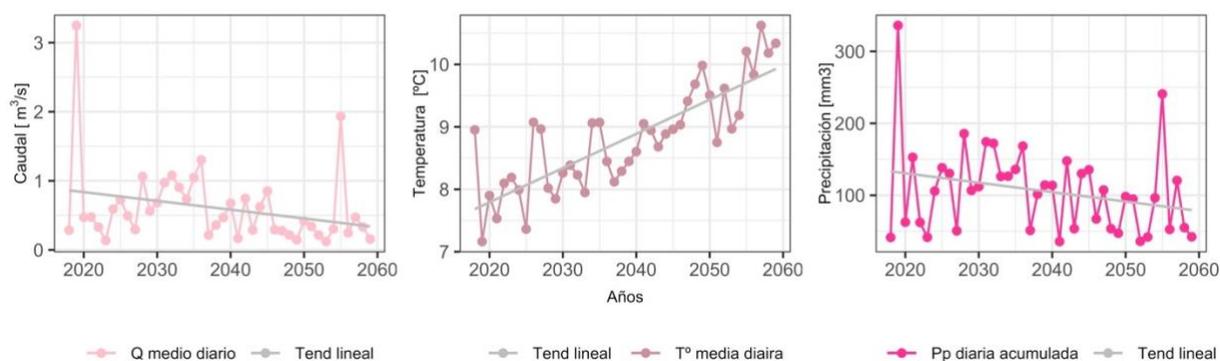


Figura 80: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo MIROC de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Estero Derecho en Alcohuaz según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

II. Región de Valparaíso

Río Aconcagua en Chacabuquito

Tabla 108: parámetros físicos de la cuenca Aconcagua en Chacabuquito (Fuente: CAMELS-CL)

Área [km ²]	2113,42
Elevación promedio [m.s.n.m]	3177,58
Elevación máxima [m.s.n.m]	5924
Elevación mínima [m.s.n.m]	936
Pendiente media [m/km]	279,86

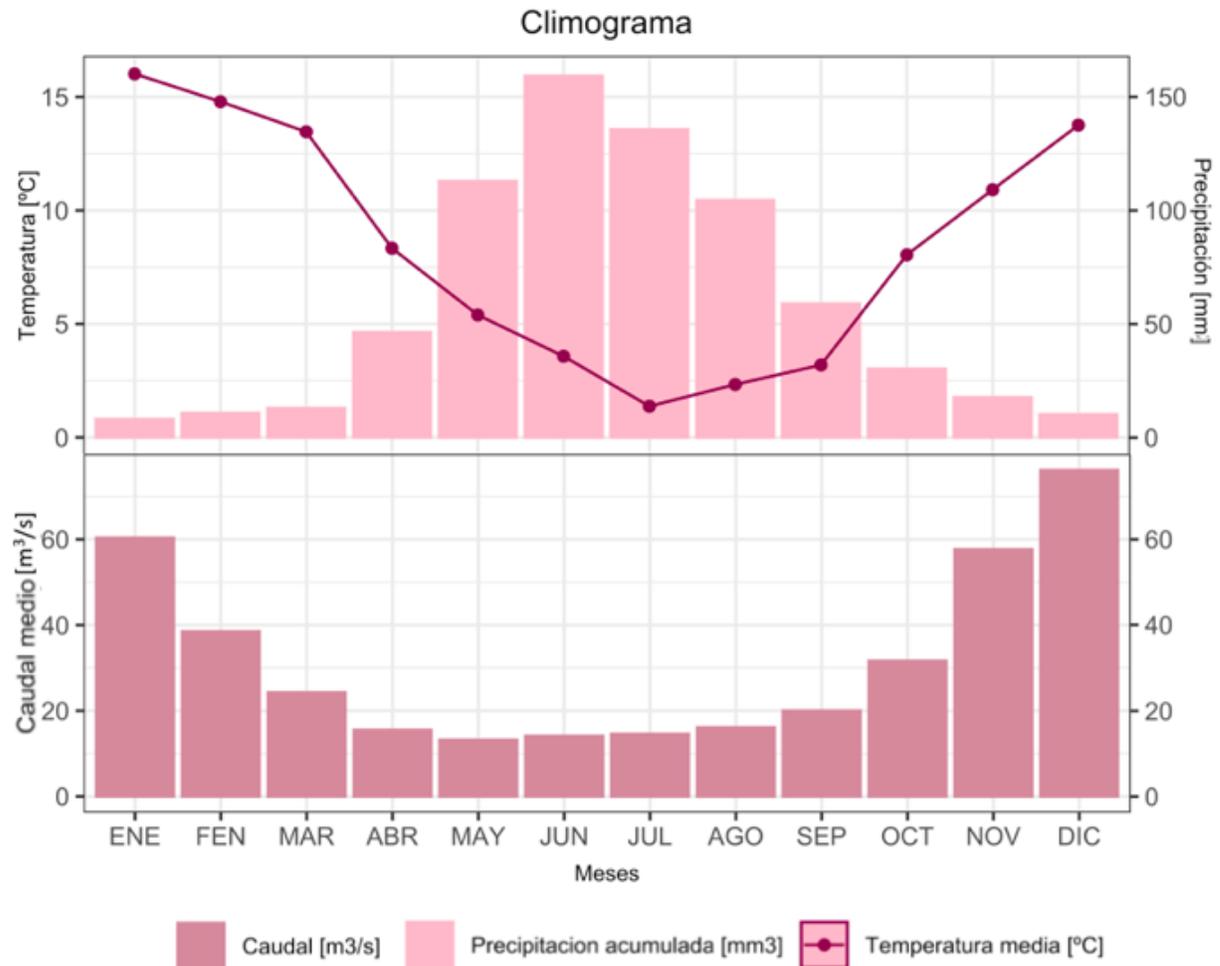


Figura 81: Climograma de la cuenca Aconcagua en Chacabucuito, en la figura superior se presenta el promedio de la temperatura media diaria en forma mensual el periodo de información va desde 1979 a 2016 y se presenta la precipitación diaria acumulada en forma mensual, el periodo de información va desde 1979 a 2016. En la figura inferior se presenta el promedio de los caudales medios diarios mensuales, el periodo de información va desde 1936 a 2017 (FUENTE: CAMELS -CL)

Análisis de tendencia histórico de forzantes hidroclimáticas

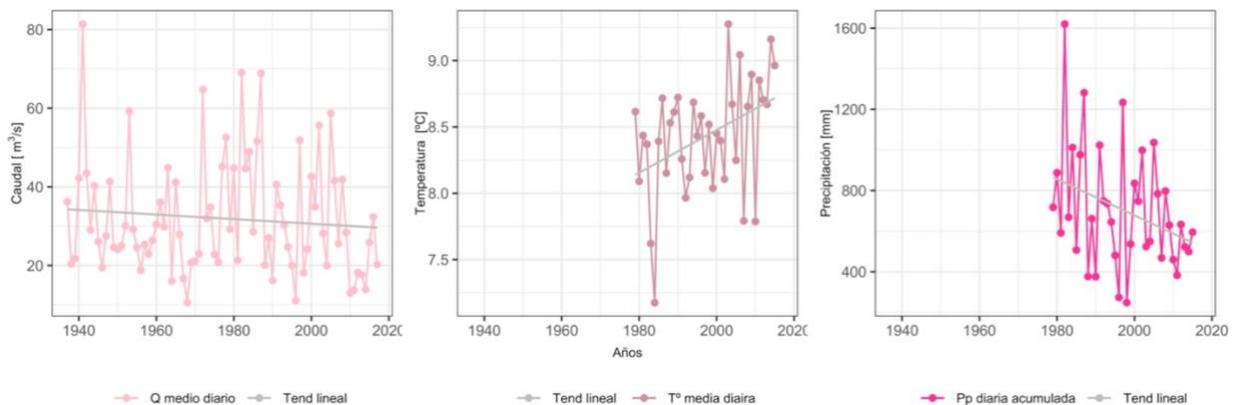


Figura 82: Análisis de tendencia de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Aconcagua en Chacabucuito según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 19836 a 2018. Promedio anual del temperatura media, información disponible desde 1979 a 2016. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 1979 a

2016. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos(Fuente: CAMELS-CL)

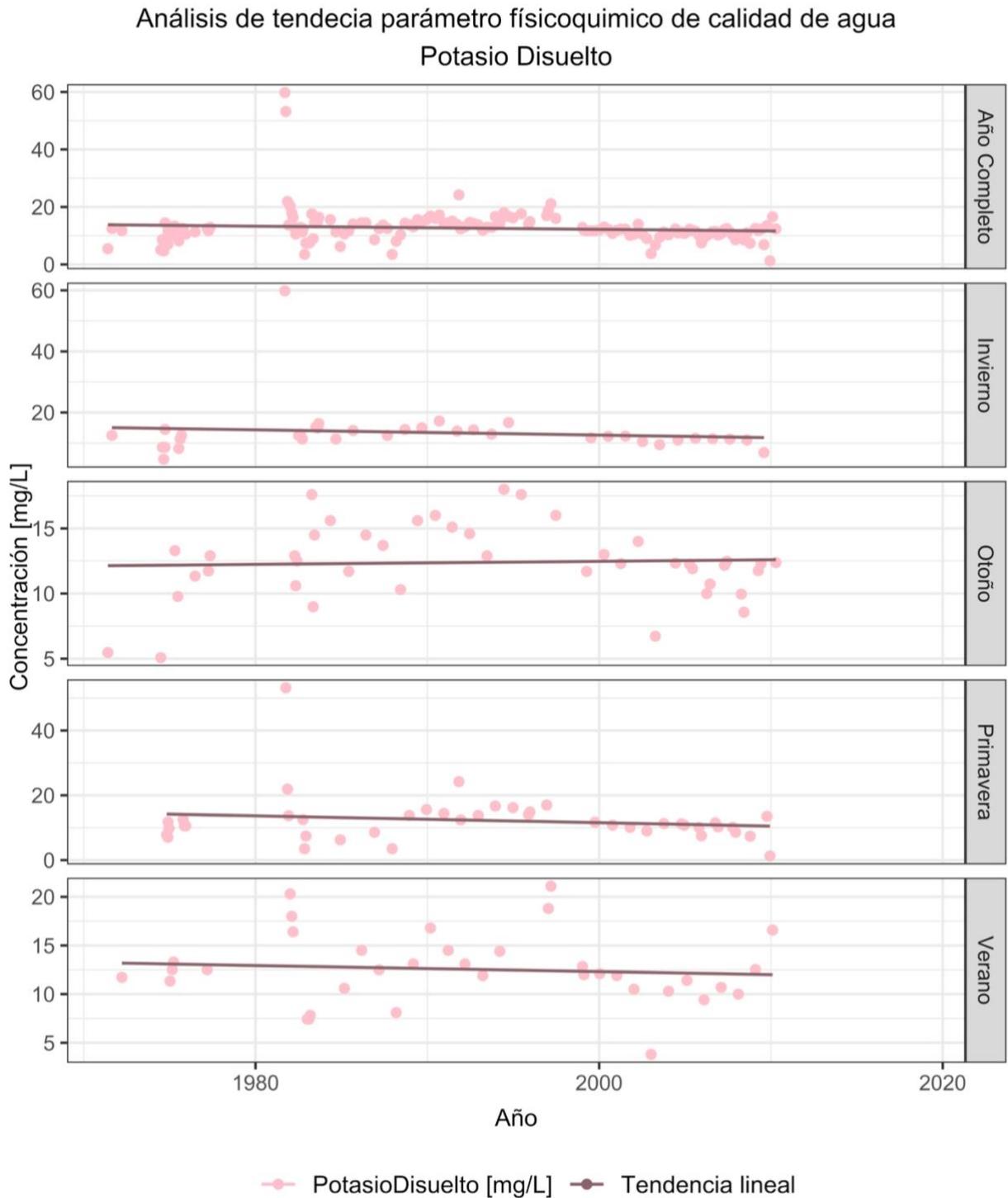


Figura 83: Análisis de tendencia de concentración cloruro para la cuenca Aconcagua en Chacabucito Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $6,524e-09$, invierno: $3,988e-09$, otoño: $1,327e-08$, primavera: $6,668e-09$ y verano: $4,191e-09$. Años de información desde 1984 a 2019 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua
Sólidos disueltos totales

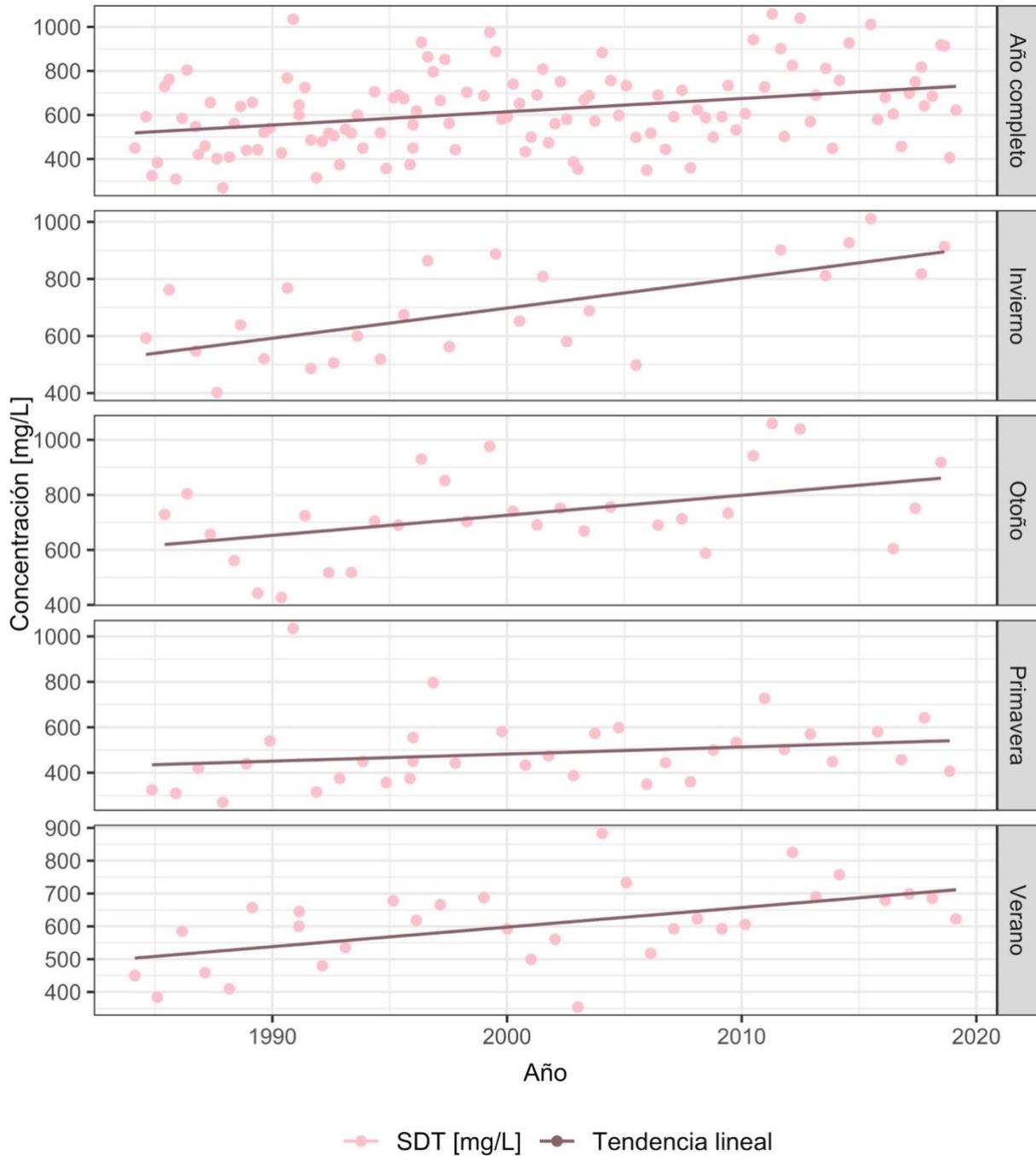
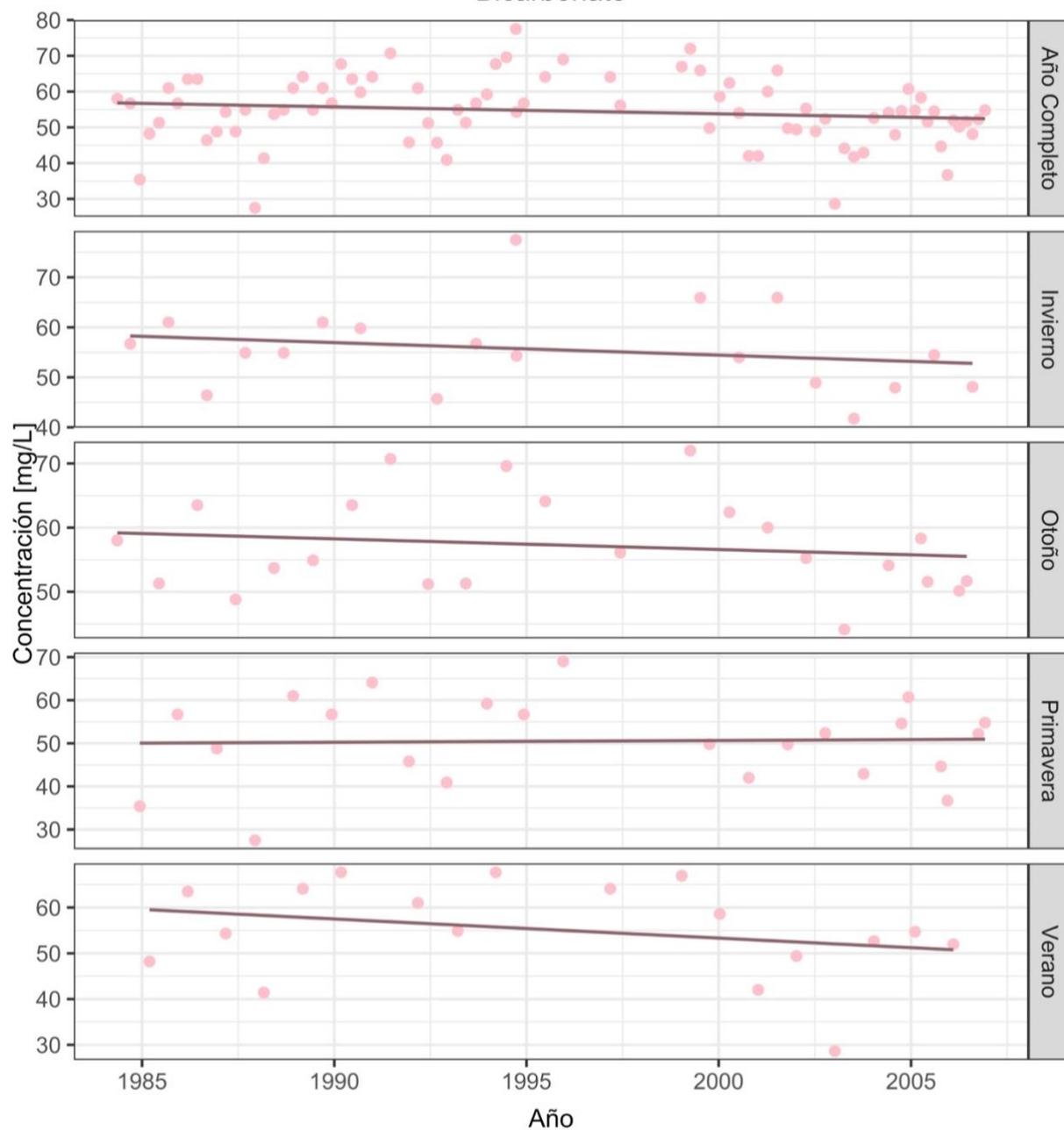


Figura 84: Análisis de tendencia de concentración sólidos disueltos totales para la cuenca Aconcagua en Chacabucuito. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia por estación meteorológica del año y la tendencia lineal entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $1,910e-07$, invierno: $3,349e-07$, otoño: $2,310e-07$, primavera: $9,858e-08$ y verano: $1,886e-07$. Años de información desde 1984 a 2019 (Fuente: DGA)

Análisis de tendecia parámetro físicoquímico de calidad de agua Bicarbonato



● Bicarbonato [mg/L] — Tendencia lineal

Figura 85: Análisis de tendencia de concentración sodio total totales para la cuenca Aconcgua en Chacabuquito Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia por estación meteorológica del año y la tendencia lineal entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-1,617e-08$, invierno: $-5,555e-08$, otoño: $9,496e-09$, primavera: $1,344e-08$ y verano: $-3,545e-08$. Años de información desde 2010 a 2019 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático
IPSL

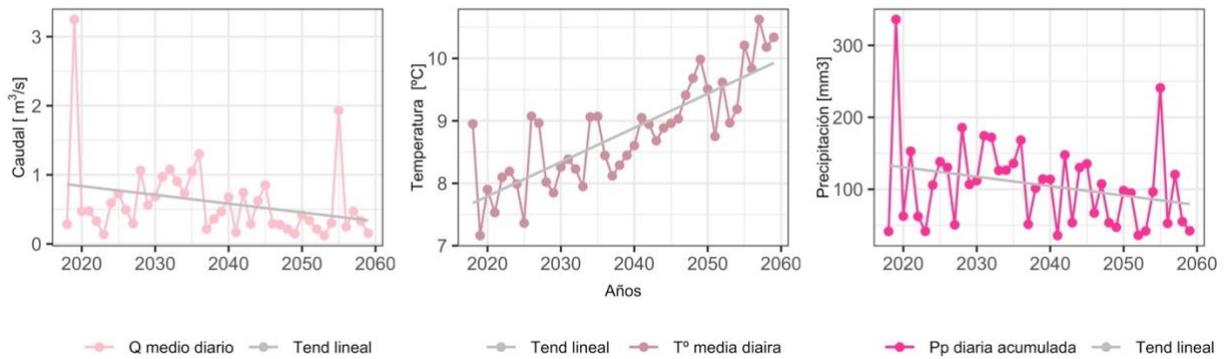


Figura 86: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo CSIRO de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Aconcagua en Chacabuquito según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático
CSIRO

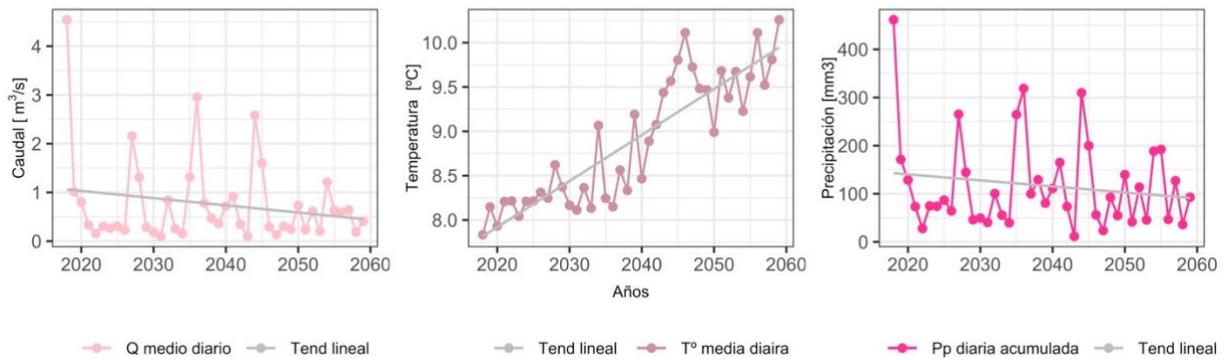


Figura 87: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo IPSL de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Aconcagua en Chacabuquito según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

IPSL

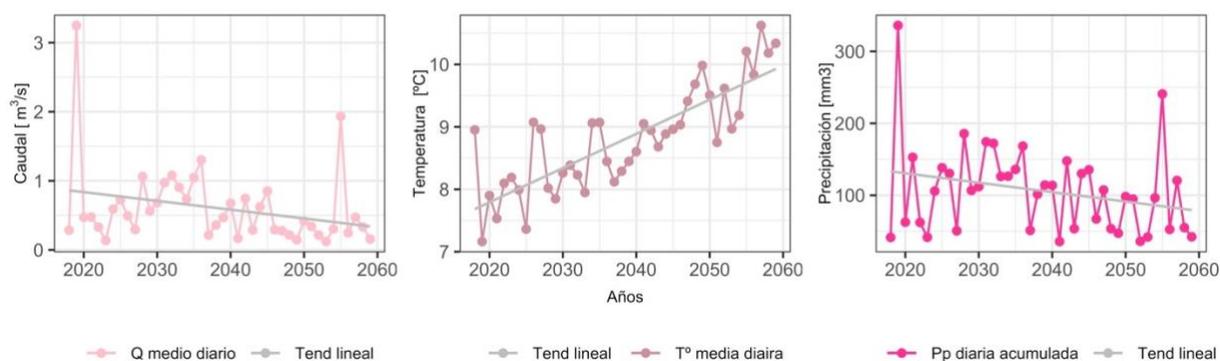


Figura 88: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo MIROC de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Aconcagua en Chacabucuito según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Río Pedernal en Tejada

Tabla 109: parámetros físicos de la cuenca Río Pedernal en Tejada (Fuente: CAMELS-CL)

Área [km ²]	56,11
Elevación promedio [m.s.n.m]	1624,57
Elevación máxima [m.s.n.m]	2653
Elevación mínima [m.s.n.m]	991
Pendiente media [m/km]	186,41

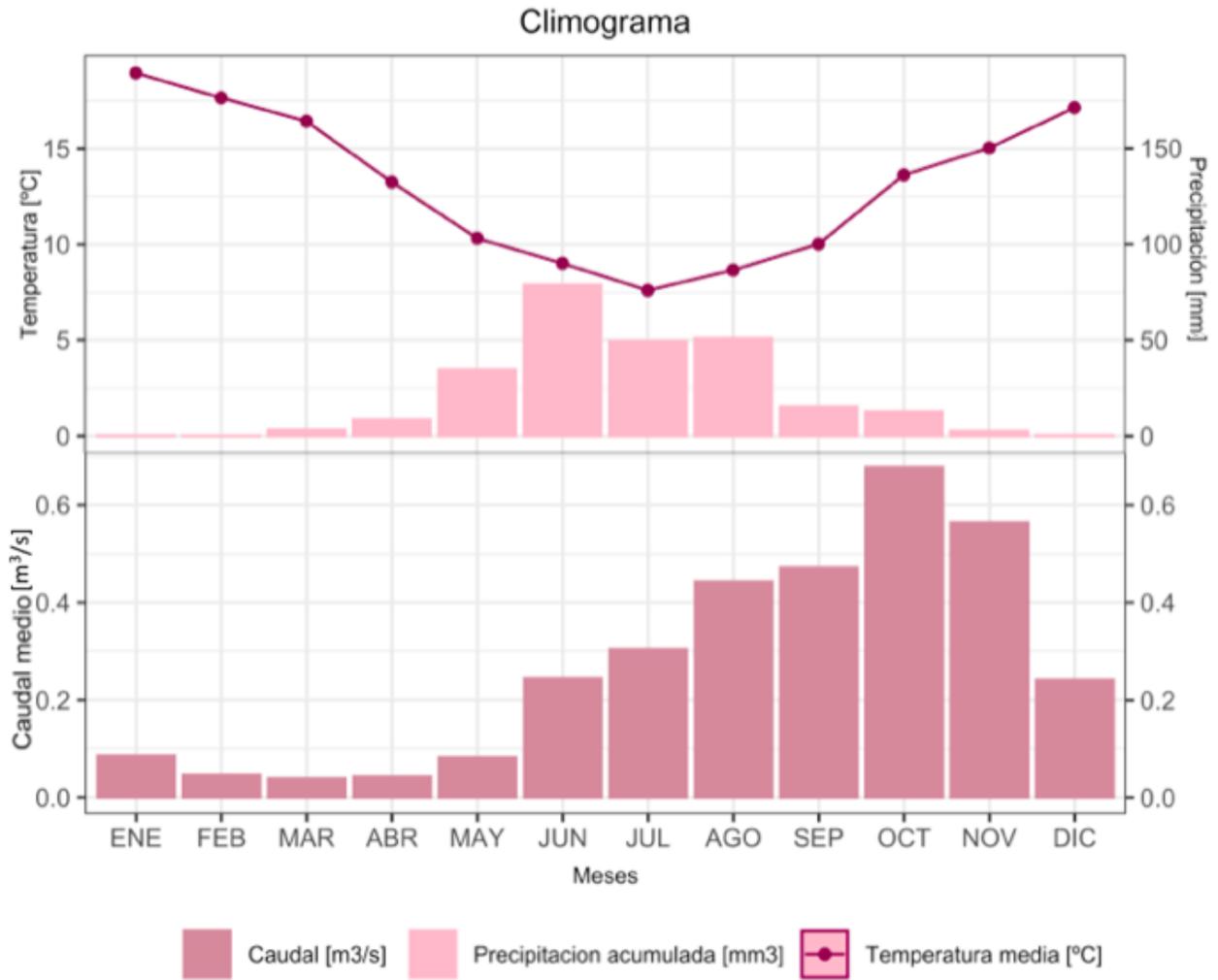


Figura 89: Climograma de la cuenca Río Perdernal en Tejada, en la figura superior se presenta el promedio de la temperatura media diaria en forma mensual el periodo de información va desde 1979 a 2016 y se presenta la precipitación diaria acumulada en forma mensual, el periodo de información va desde 1994 a 2016. En la figura inferior se presenta el promedio de los caudales medios diarios mensuales, el periodo de información va desde 1962 a 2017 (FUENTE: CAMELS -CL)

Análisis de tendencia histórico de forzantes hidroclimáticas

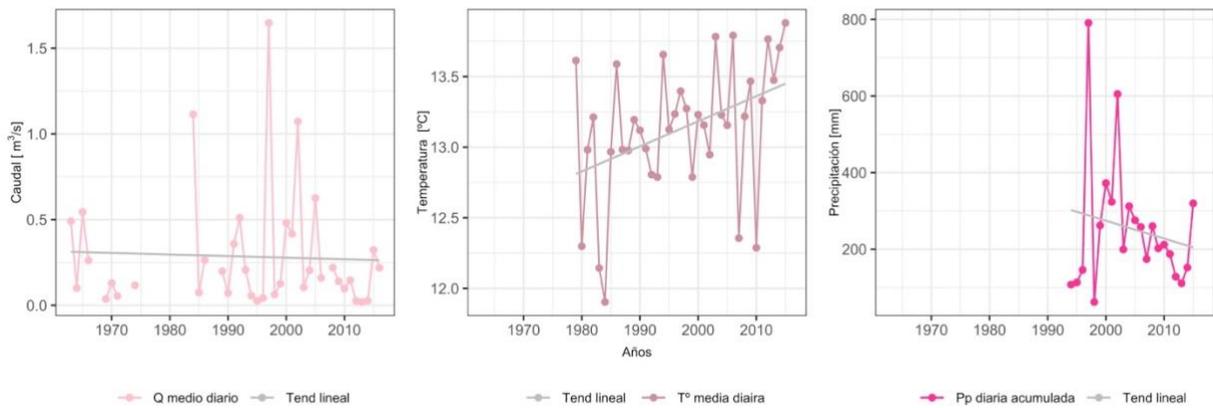


Figura 90: Análisis de tendencia de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Río Pedernal en Tejada según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 1962 a 2017. Promedio anual del temperatura medio,

información disponible desde 1979 a 2016. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 1994 a 2016. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos (Fuente: CAMELS-CL)

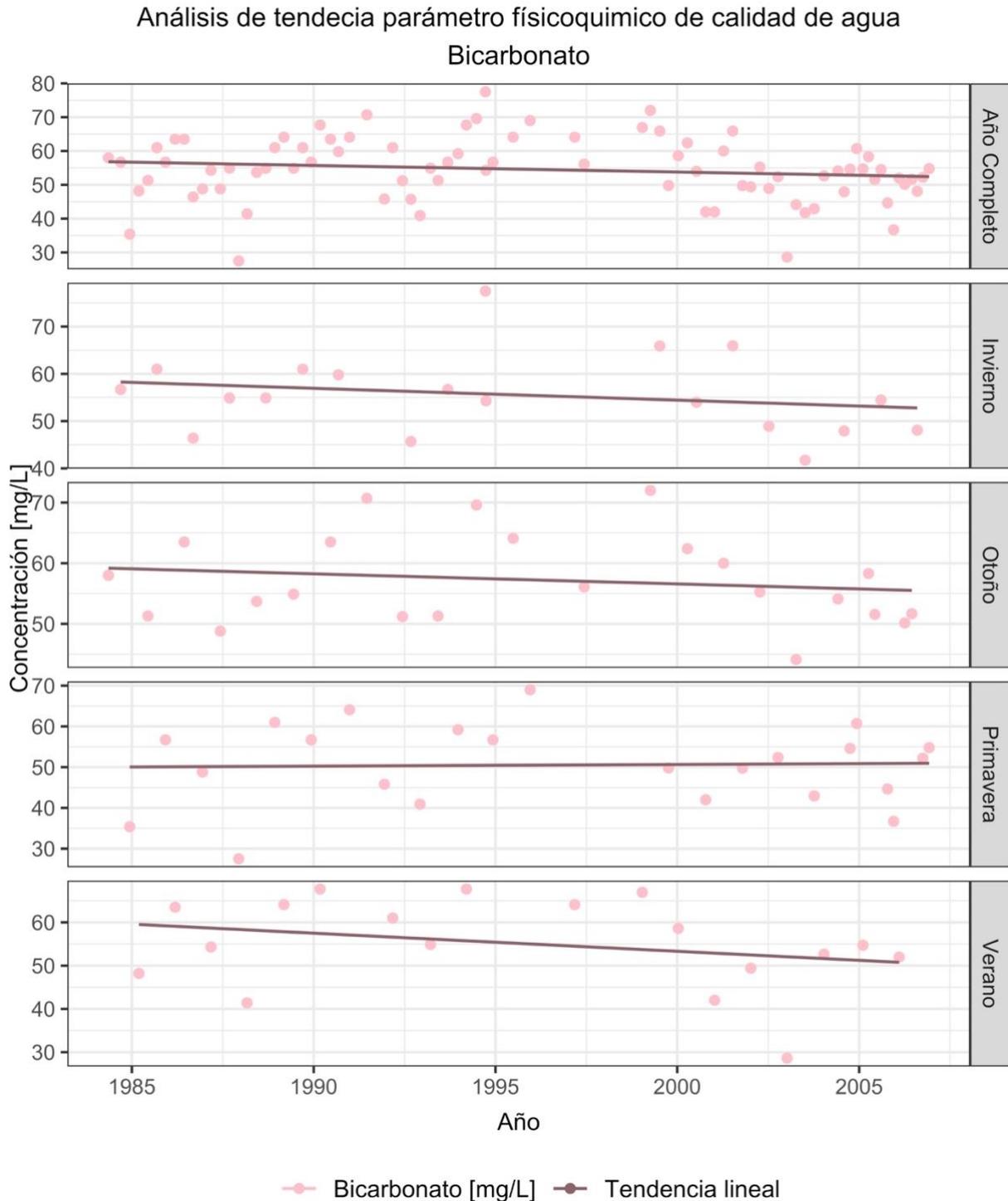


Figura 91: Análisis de tendencia de concentración de bicarbonato para la cuenca Pedernal en Tejada. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia por estación meteorológica del año y la tendencia lineal entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-5,472e-08$, invierno: $-8,149e-08$, otoño: $-5,99e-09$, primavera: $-2,376e-08$ y verano: $-4,789e-08$. Años de información desde 1996 a 2006 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Sólidos disueltos totales

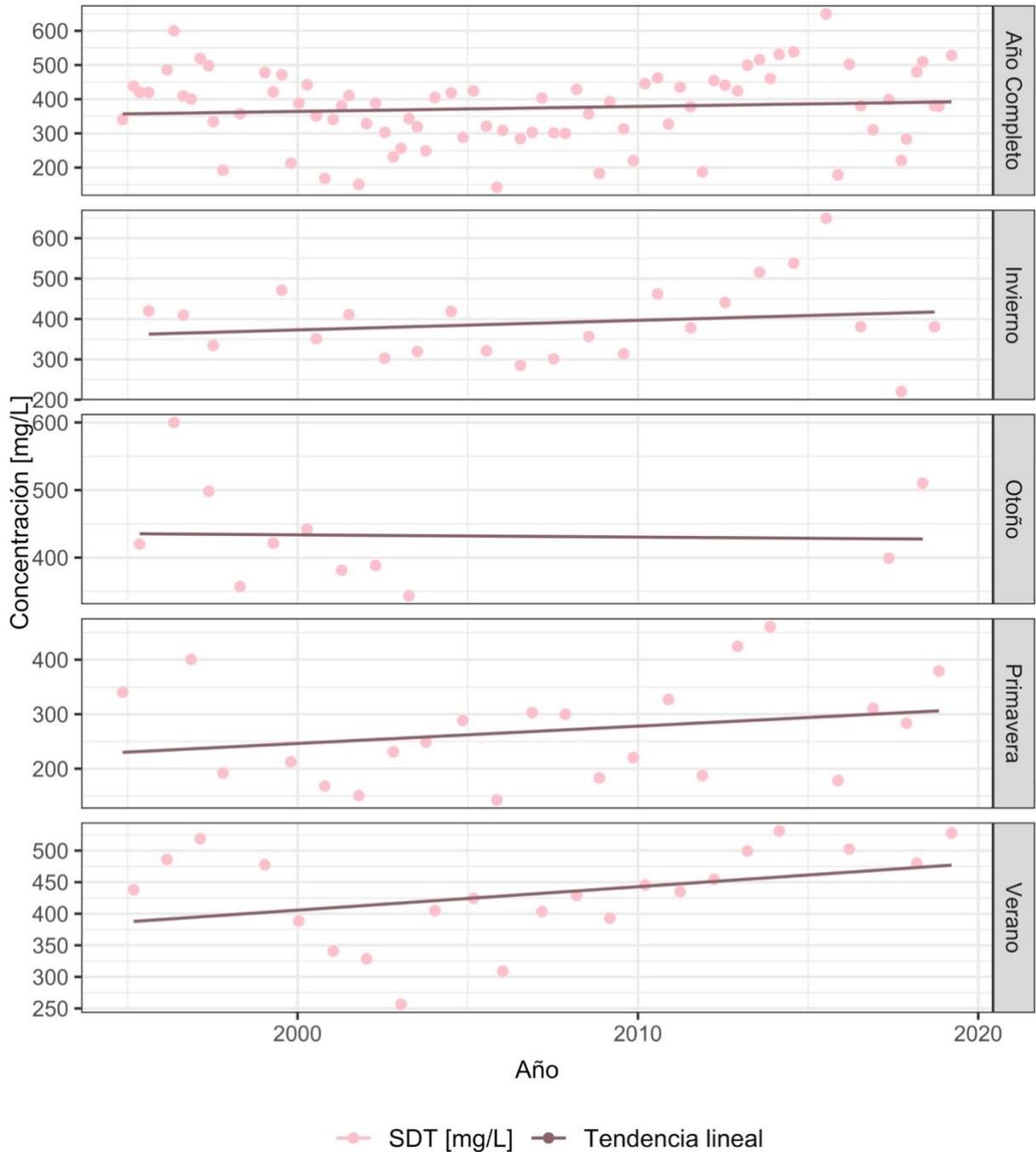


Figura 92: Análisis de tendencia de concentración de sólidos disueltos totales para la cuenca Pedernal en Tejada. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $4,625e-08$, invierno: $7,515e-08$, otoño: $-1,070e-08$, primavera: $1,006e-07$ y verano: $1,176e-07$. Años de información desde 1994 a 2019 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Temperatura

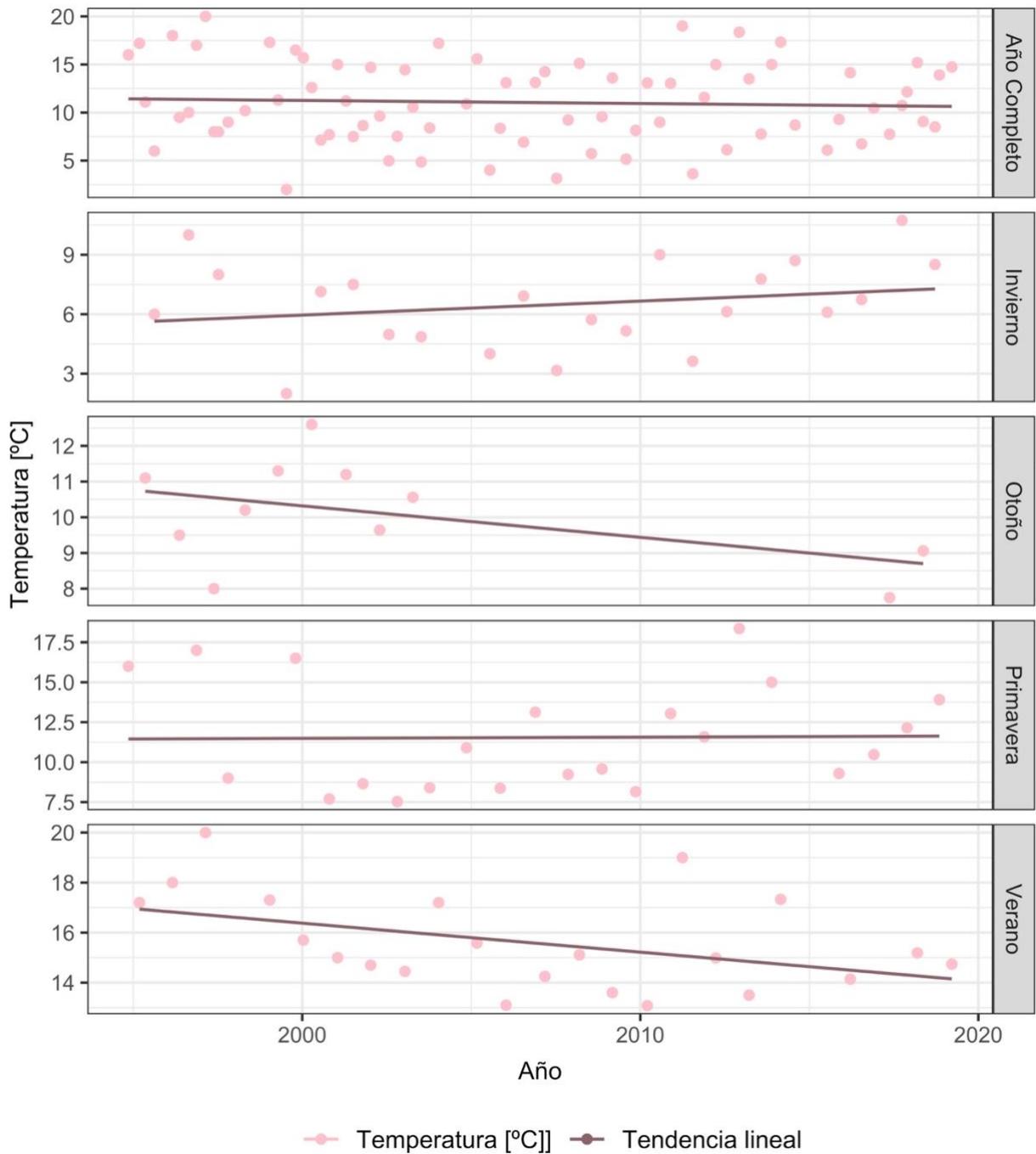


Figura 93: Análisis de tendencia de temperatura del agua para la cuenca Pedernal en Tejada. Corresponde a datos puntuales de temperatura. Se presenta la tendencia lineal entre temperatura y tiempo por estación meteorológica del año, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-1,021e-09$, invierno: $2,233e-09$, otoño: $-2,793e-09$, primavera: $2,361e-10$ y verano: $-3,675e-09$. Años de información desde 1994 a 2019 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Potasio Total

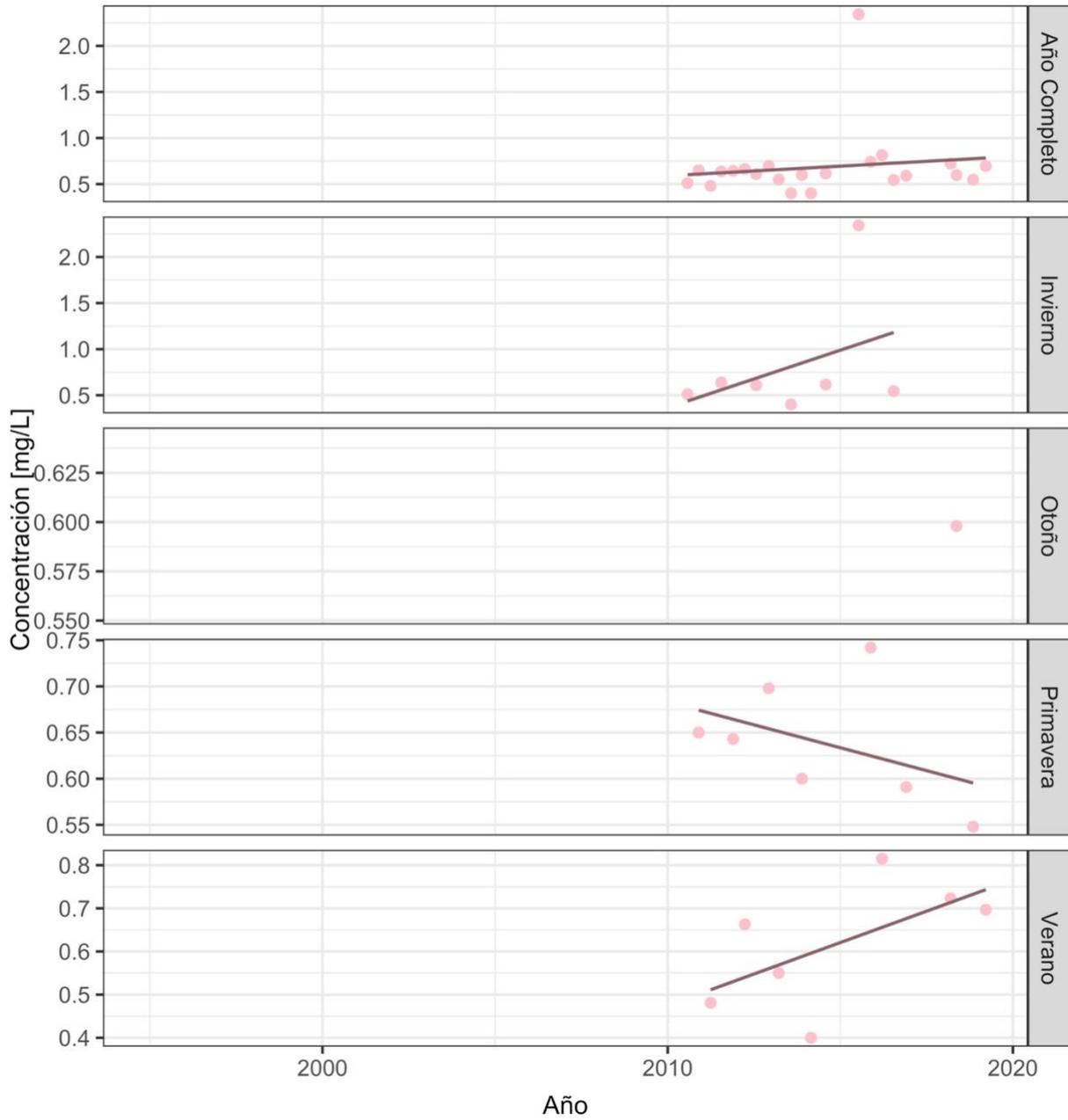


Figura 94: Análisis de tendencia de concentración de potasio total para la cuenca Pedernal en Tejada. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $6,654e-10$, invierno: $3,952e-09$, primavera: $-3,144e-10$ y verano: $9,228e-10$. Años de información desde 1996 a 2019 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua
Sodio Total

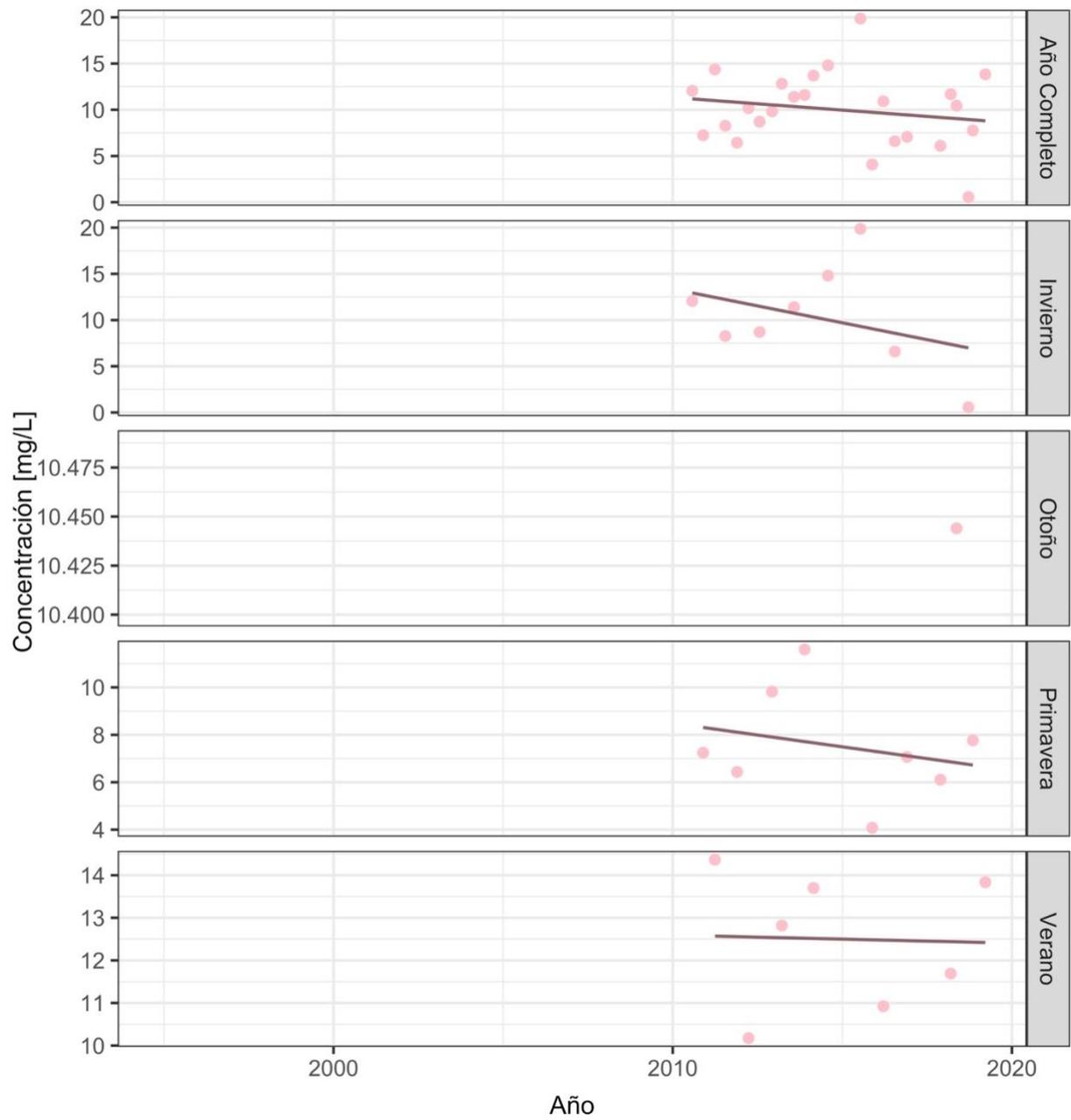


Figura 95: Análisis de tendencia de concentración de sodio total para la cuenca Pedernal en Tejada. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-8,672e-09$, invierno: $-2,316e-08$, primavera: $-6,306e-09$ y verano: $-5,928e-10$. Años de información desde 1996 a 2019 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático
IPSL

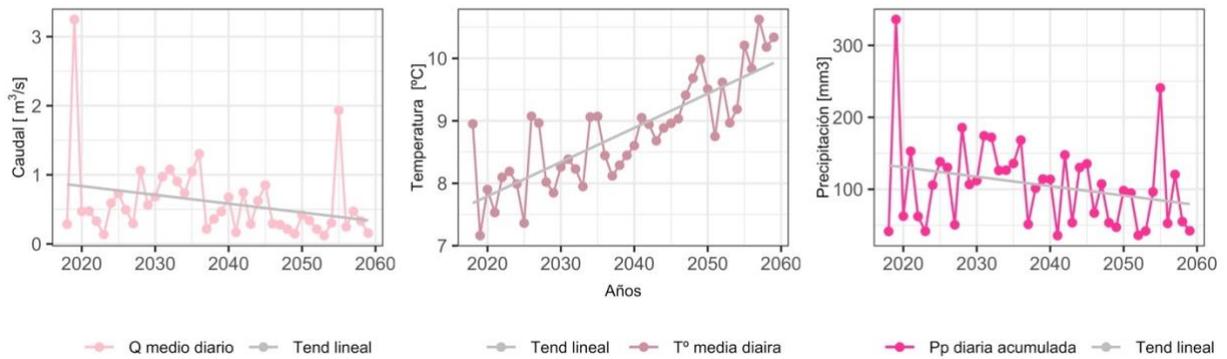


Figura 96: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo CSIRO de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Pedernal en Tejada según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático
IPSL

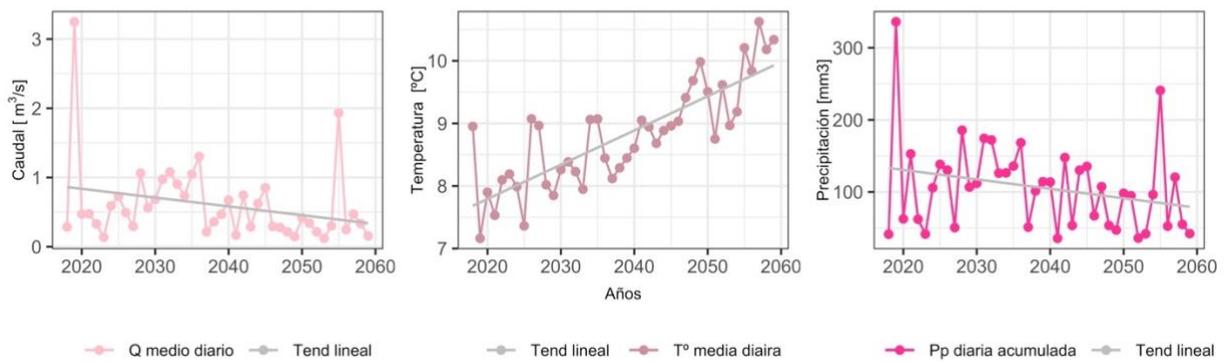


Figura 97: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo IPSL de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Pedernal en Tejada según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

IPSL

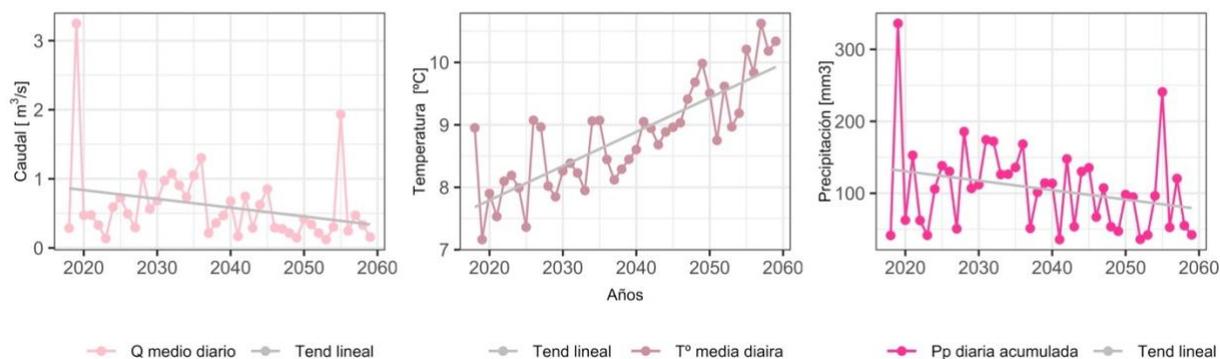


Figura 98: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo MIROC de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Pedernal en Tejada según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

III. Región Metropolitana

Maipo en el Manzano

Tabla 110: parámetros físicos de la cuenca Maipo en el Manzano (Fuente: CAMELS-CL)

Área [km ²]	4839,05
Elevación promedio [m.s.n.m]	3181,02
Elevación máxima [m.s.n.m]	6550
Elevación mínima [m.s.n.m]	872
Pendiente media [m/km]	275,98

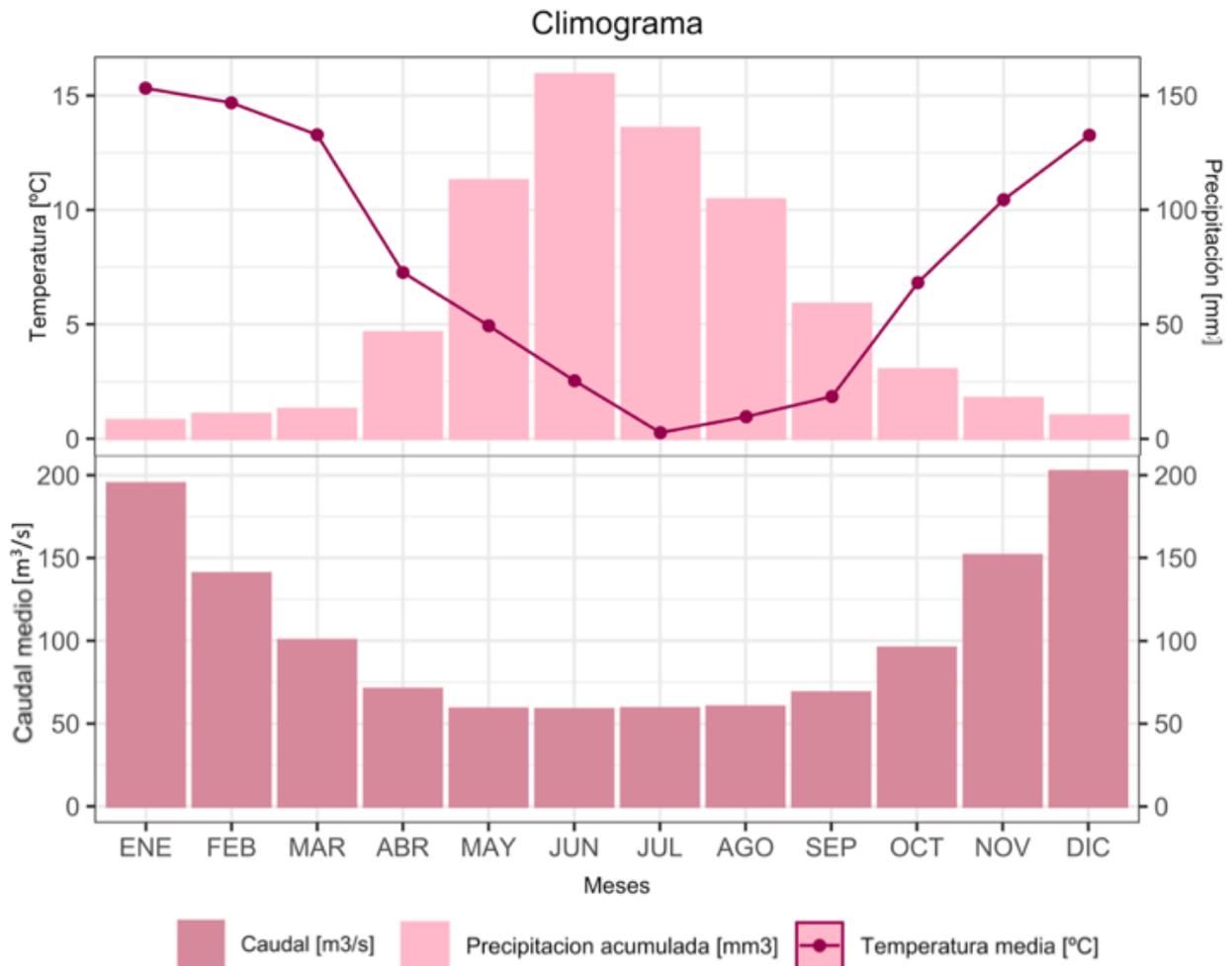


Figura 99: Climograma de la cuenca de Maipo en el Manzano en la figura superior se presenta el promedio de la temperatura media diaria en forma mensual el periodo de información va desde 1979 a 2016 y se presenta la precipitación diaria acumulada en forma mensual, el periodo de información va desde 1979 a 2016. En la figura inferior se presenta el promedio de los caudales medios diarios mensuales, el periodo de información va desde 1949 a 2018 (FUENTE: CAMELS -CL)

Análisis de tendencia histórico de forzantes hidroclimáticas

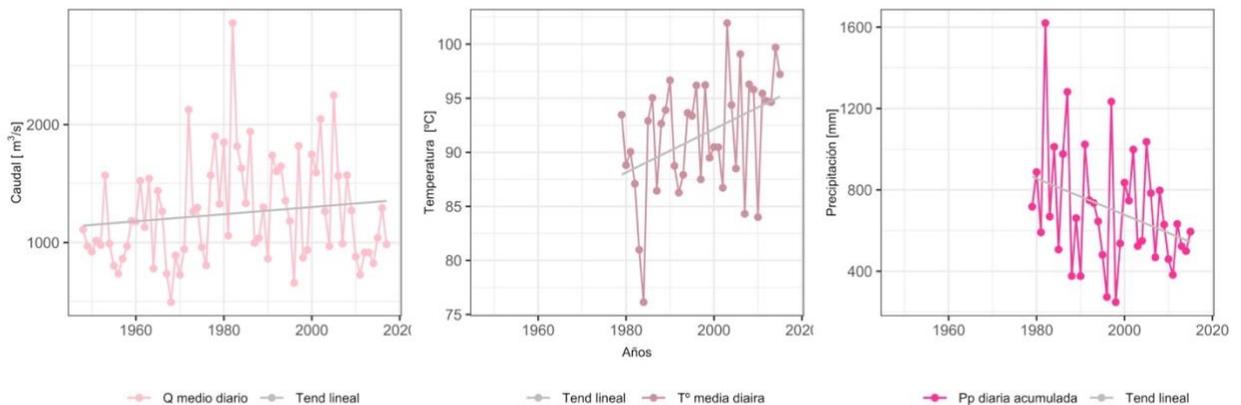


Figura 100: Análisis de tendencia de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Maipo en el Manzano según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 1949 a 2018. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 1979 a 2016. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 1979 a 2016. Se

presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos (Fuente: CAMELS-CL)

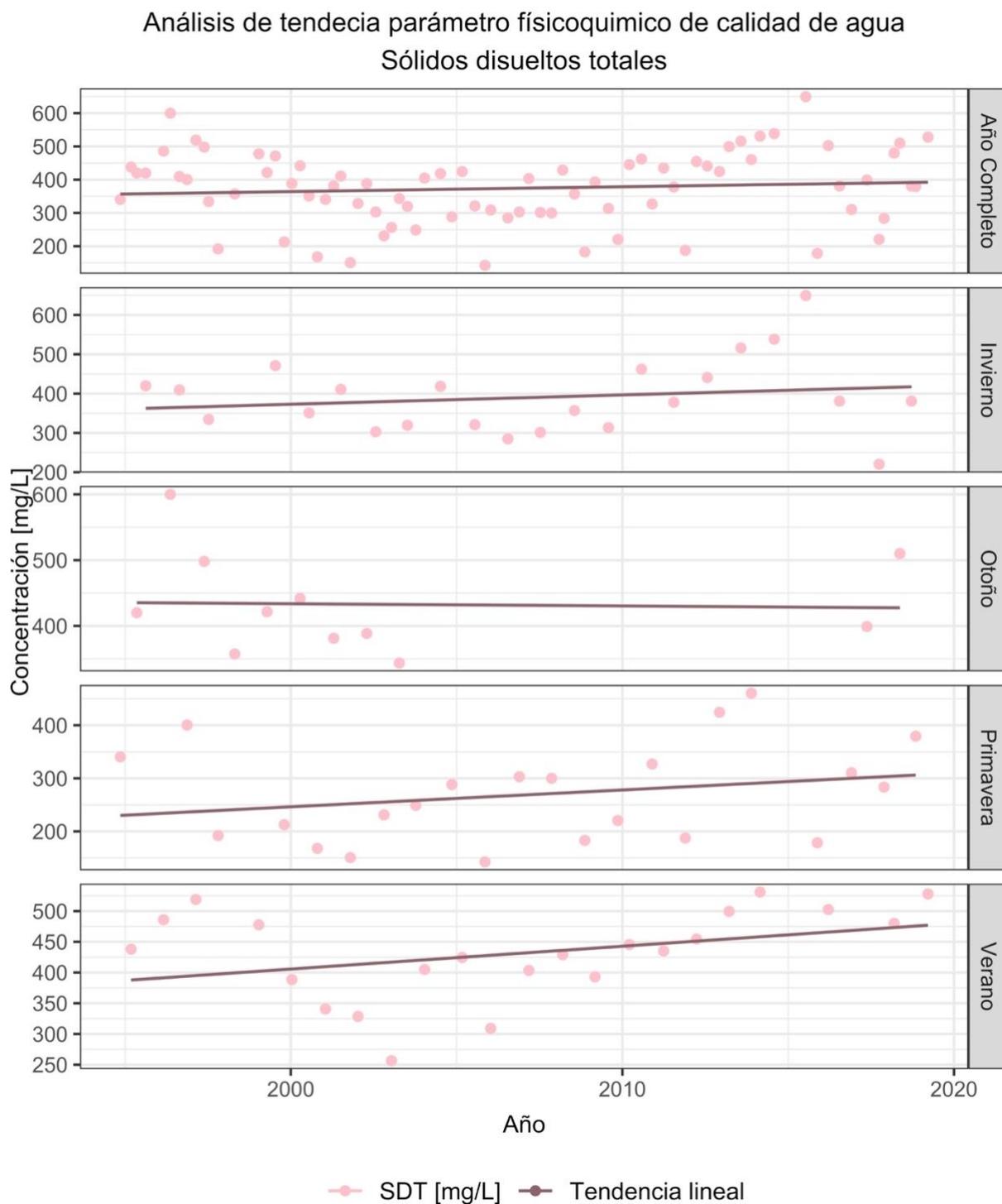


Figura 101: Análisis de tendencia de concentración cloruro para la cuenca Maipo en el Manzano. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $1,717e-09$, invierno: $2,724e-08$, otoño: $-1,589e-08$, primavera: $1,814e-08$ y verano: $-2,543e-08$. Años de información desde 1971 a 2018 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Sólidos disueltos totales

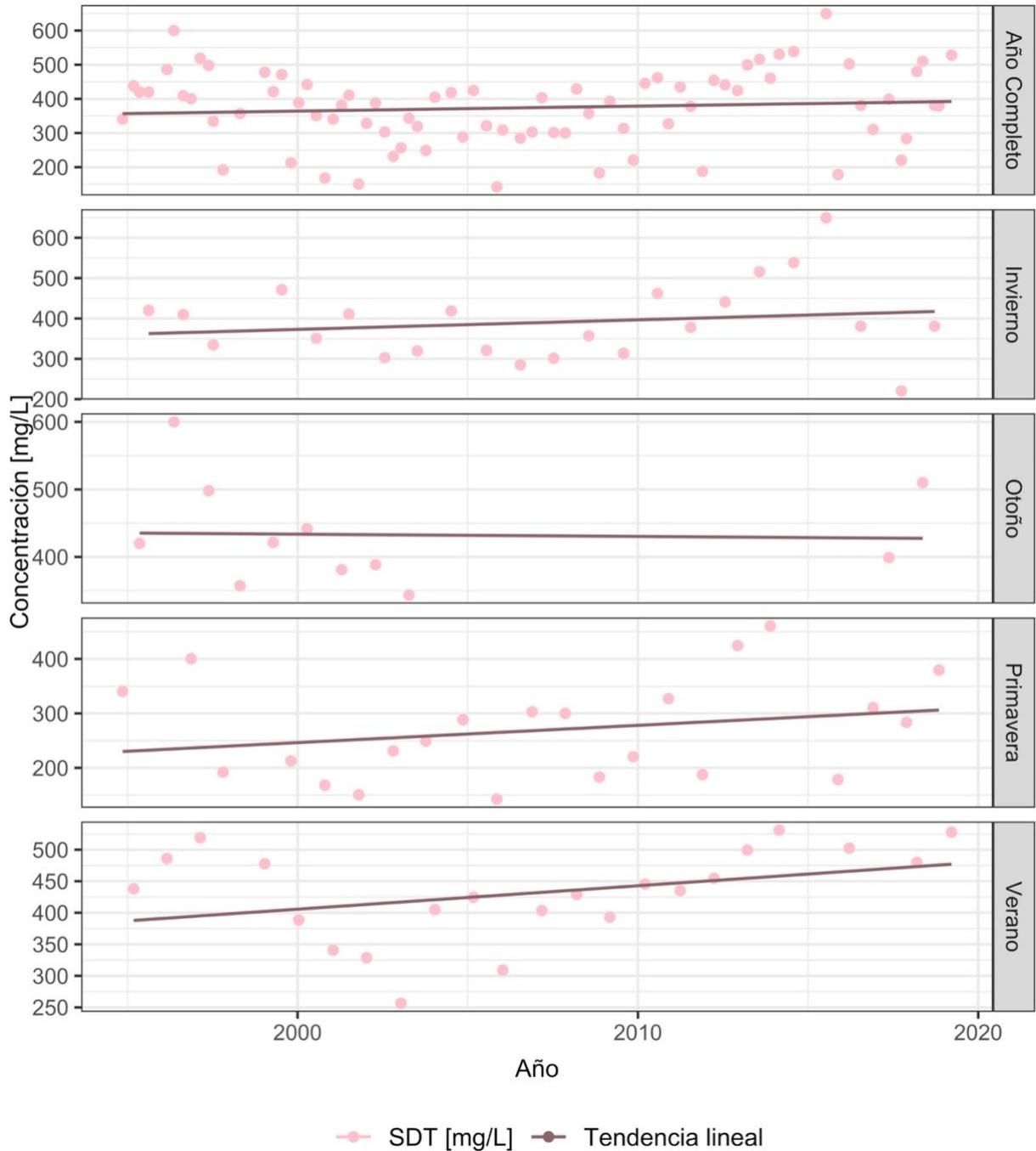


Figura 102: Análisis de tendencia de concentración calcio disuelto para la cuenca Maipo en el Manzano. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $1,186e-08$, invierno: $-8,107e-09$, otoño: $1,908e-08$, primavera: $1,741e-08$ y verano: $2,160e-08$. Años de información desde 1971 a 2011 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Temperatura

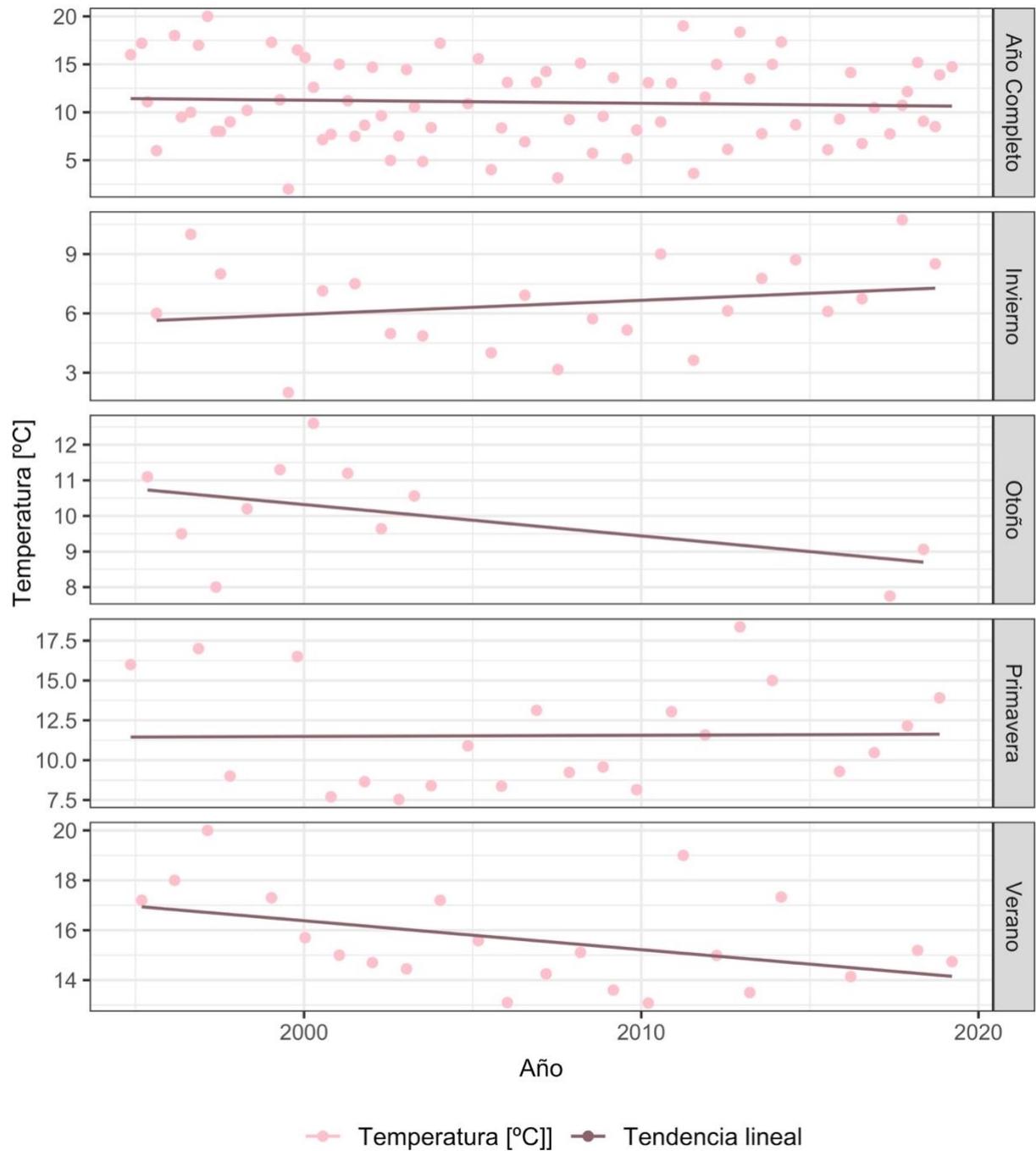


Figura 103: Análisis de tendencia de concentración magnesio disuelto para la cuenca Maipo en el Manzano. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-4,624e-09$, invierno: $-6,936e-09$, otoño: $-4,941e-09$, primavera: $-4,036e-09$ y verano: $-3,646e-09$. Años de información desde 1971 a 2011 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Sólidos disueltos totales

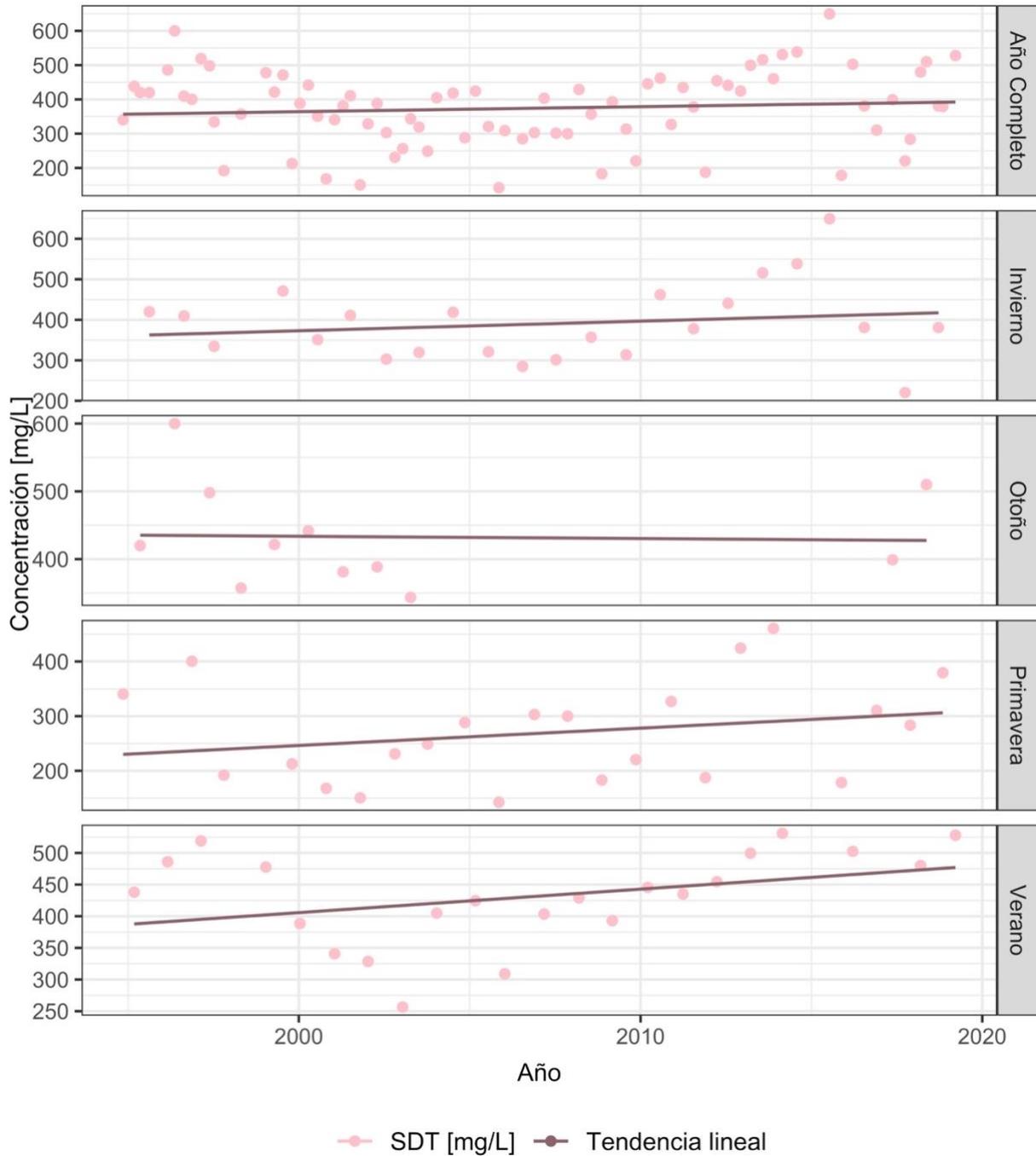


Figura 104: Análisis de tendencia de concentración de sulfato para la cuenca Maipo en el Manzano. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $2,652e-08$, invierno: $6,409e-08$, otoño: $5,072e-08$, primavera: $2,549e-08$ y verano: $-3,030e-09$. Años de información desde 1971 a 2018 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Temperatura

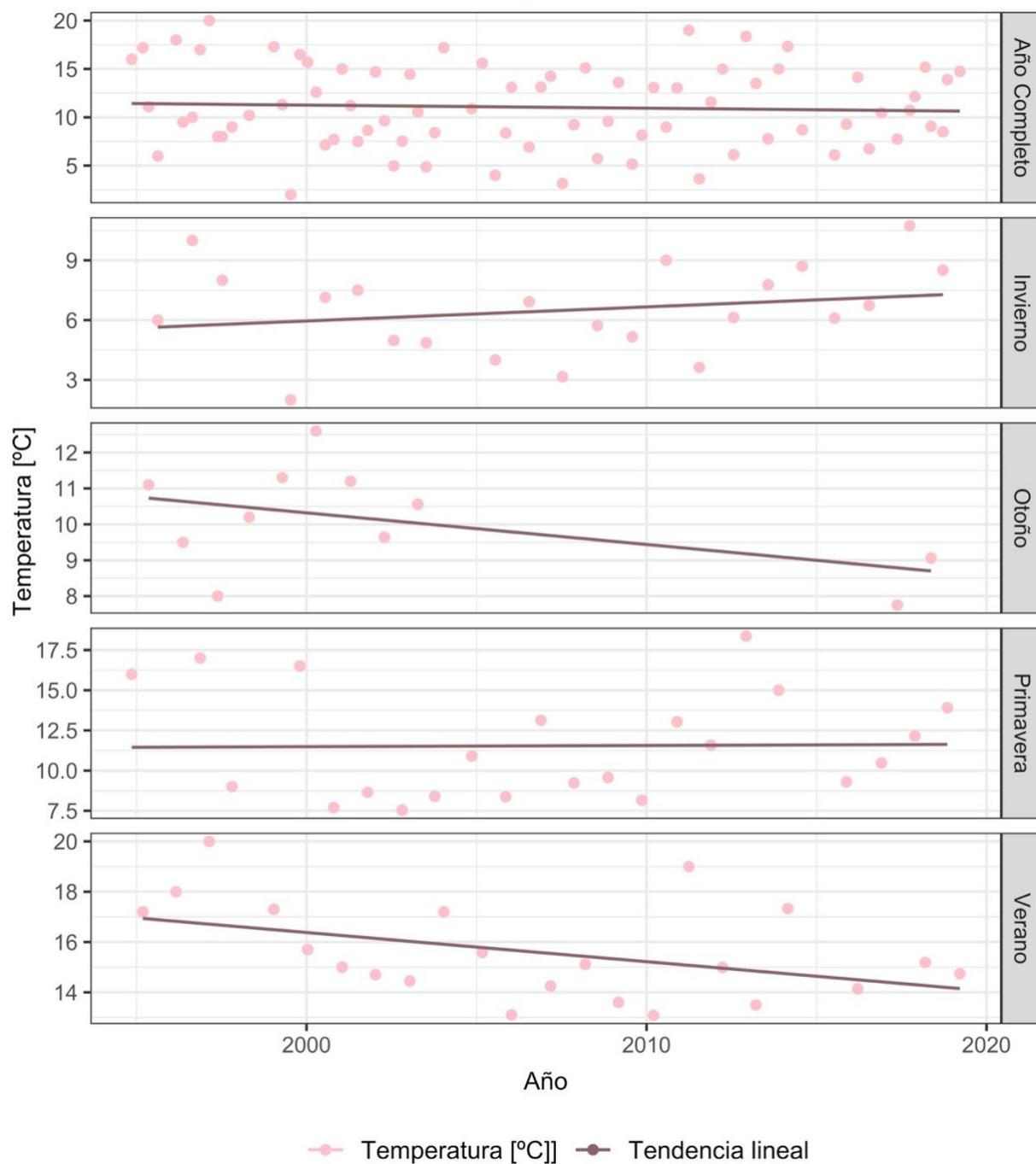


Figura 105: Análisis de tendencia de temperatura del agua para la cuenca Maipo en el Manzano. Corresponde a datos puntuales de temperatura. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre temperatura y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-9,610e-10$, invierno: $-1,144e-09$, otoño: $-3,025e-09$, primavera: $2,861e-10$ y verano: $-1,004e-11$. Años de información desde 1982 a 2018 (Fuente: DGA)

Análisis de tendecia parámetro físicoquimico de calidad de agua
Bicarbonato

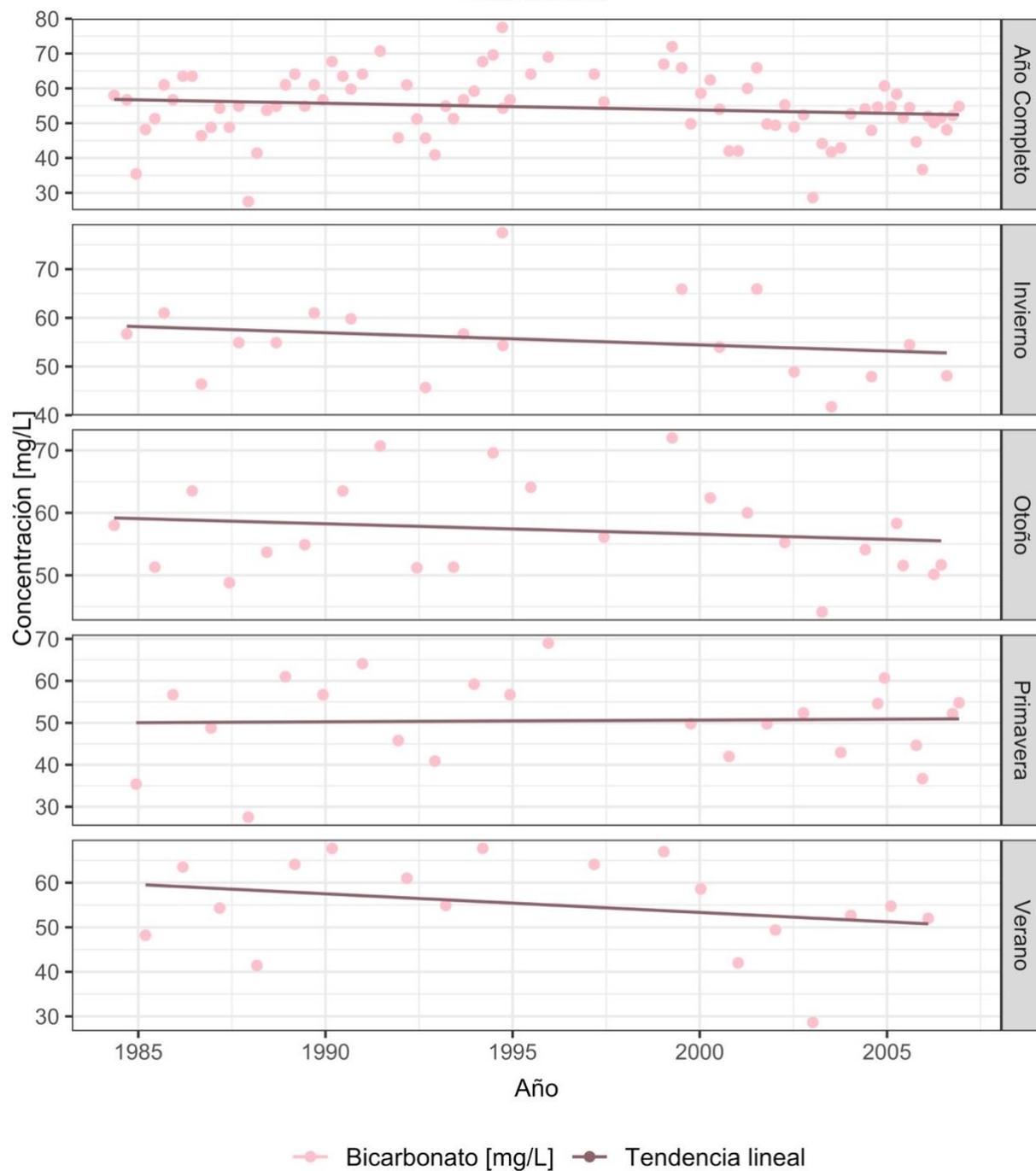


Figura 106: Análisis de tendencia de concentración de aluminio total para la cuenca Maipo en el Manzano. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $2,269e-08$, invierno: $-9,422e-09$, otoño: $2,595e-09$, primavera: $-2,502e-08$ y verano: $6,762e-08$. Años de información desde 1971 a 2011 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Sólidos disueltos totales

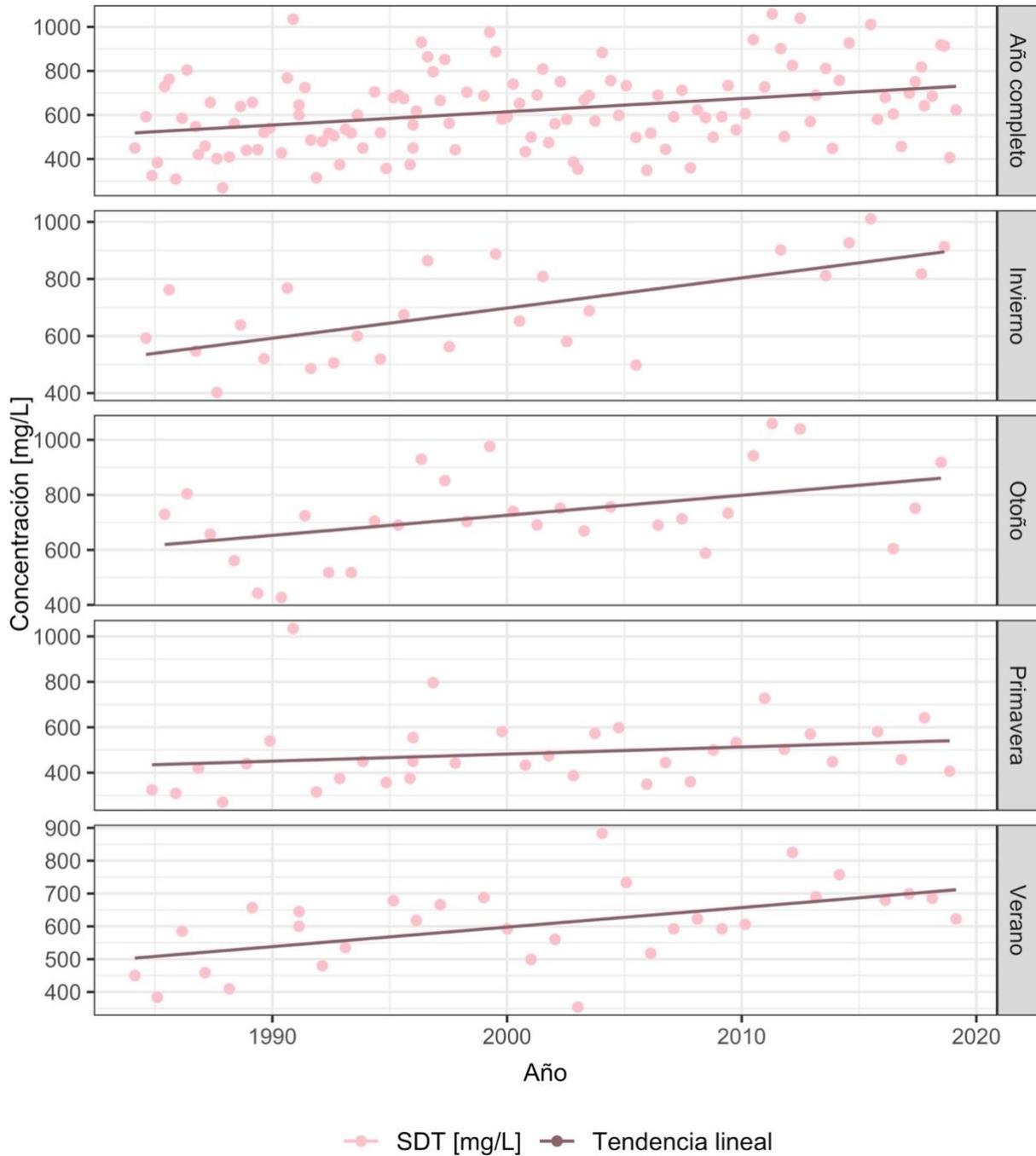


Figura 107: Análisis de tendencia de concentración de sólidos disueltos totales para la cuenca Maipo en el Manzano. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $1,159e-07$, invierno: $1,895e-07$, otoño: $1,819e-07$, primavera: $2,501e-07$ y verano: $-8,452e-08$. Años de información desde 1971 a 2011 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

CSIRO

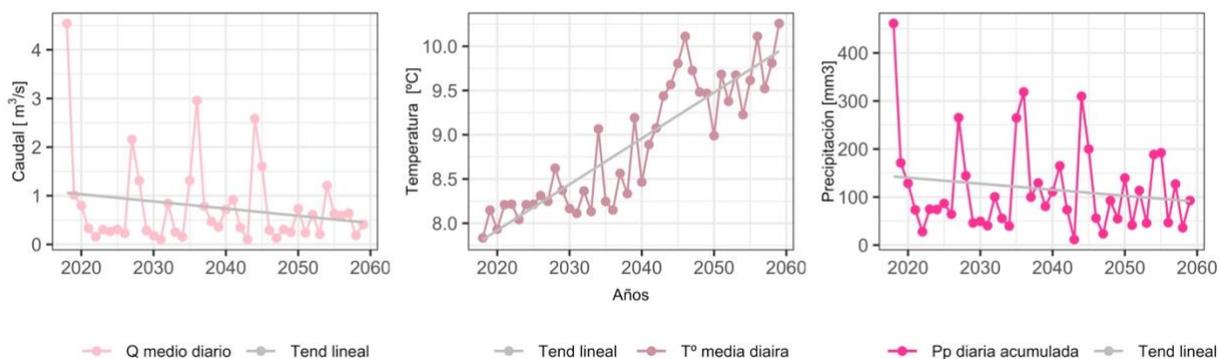


Figura 108: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo CSIRO de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Maipo en el Manzano según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

IPSL

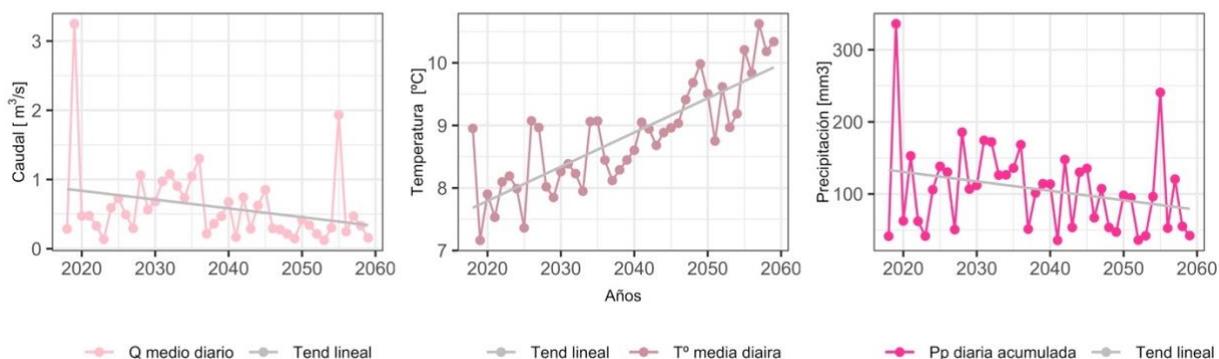


Figura 109: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo IPSL de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Maipo en el Manzano según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

IPSL

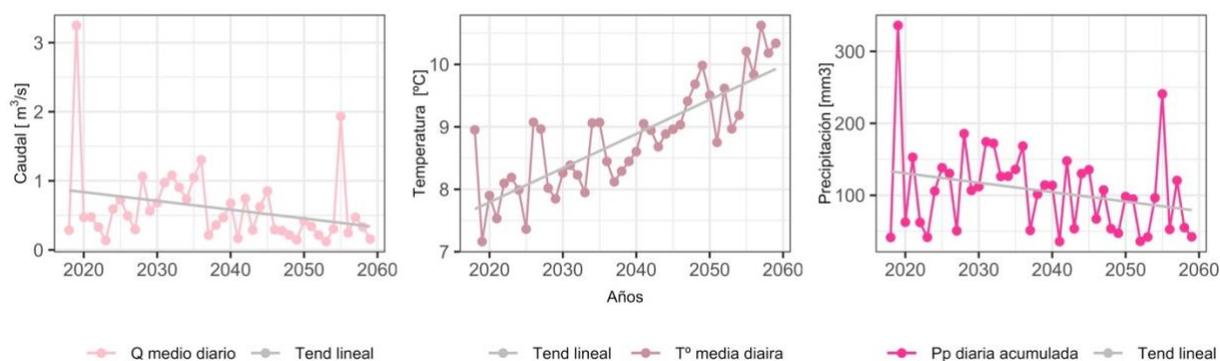


Figura 110: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo MIROC de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Maipo en el Manzano según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Yerba Loca antes junta San Francisco

Tabla 111: parámetros físicos de la cuenca Yerba Loca antes de la junta San Francisco (Fuente: CAMELS-CL)

Área [km ²]	109,95
Elevación promedio [m.s.n.m]	3424,26
Elevación máxima [m.s.n.m]	5431
Elevación mínima [m.s.n.m]	1348
Pendiente media [m/km]	295,55

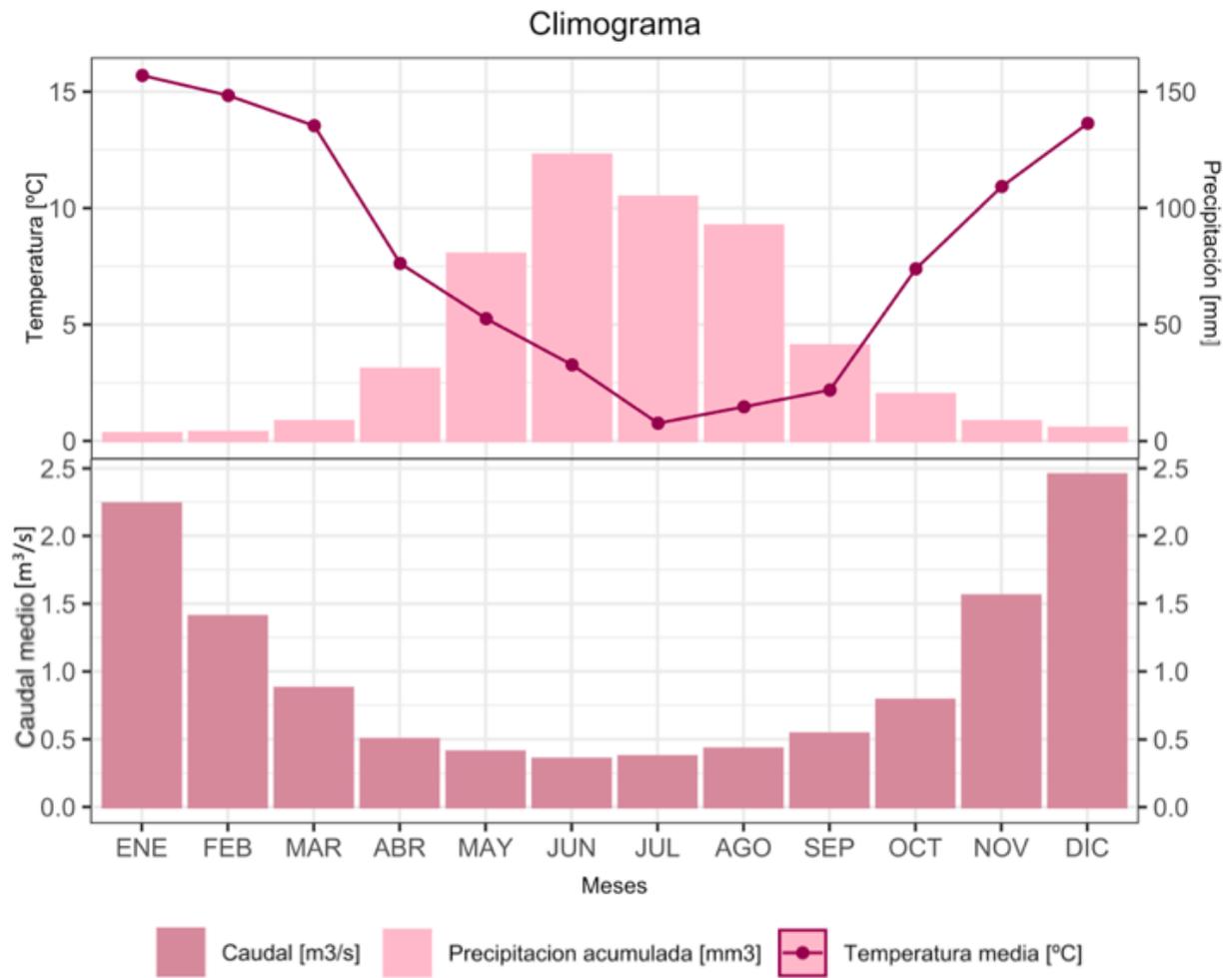


Figura 111: Climograma de la cuenca del Estero Yerba Loca antes de la junta San Francisco, en la figura superior se presenta el promedio de la temperatura mensual el periodo de información va desde y se presenta la precipitación acumulada mensual, el periodo de información va desde. En la figura inferior se presenta el promedio de los caudales mensuales, el periodo de información va desde (FUENTE: CAMELS -CL)

Análisis de tendencia histórico de forzantes hidroclimáticas

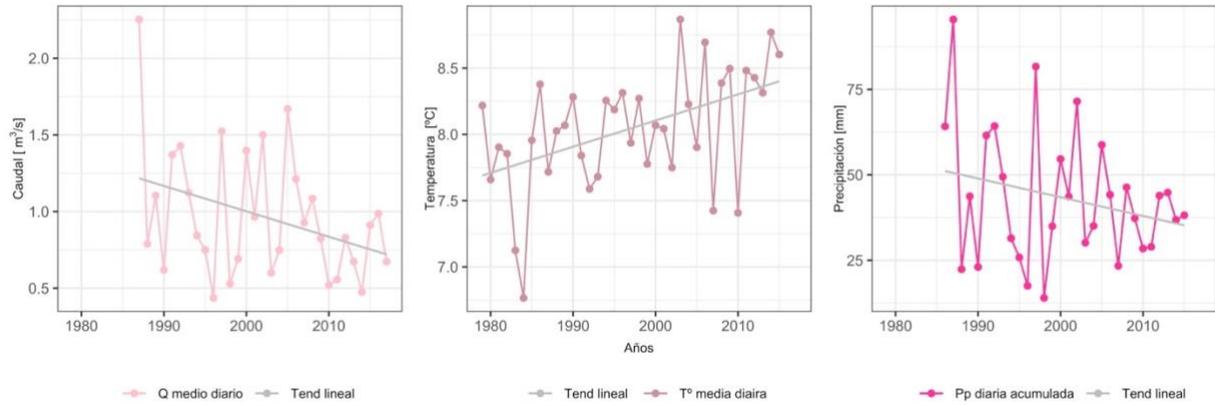


Figura 112: Análisis de tendencia de forzantes hidroclimáticas para la cuenca del Estero Yerba Loca antes de la junta San Francisco según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 1986 a 2018. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 1979 a 2016. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 1986 a 2016. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Temperatura

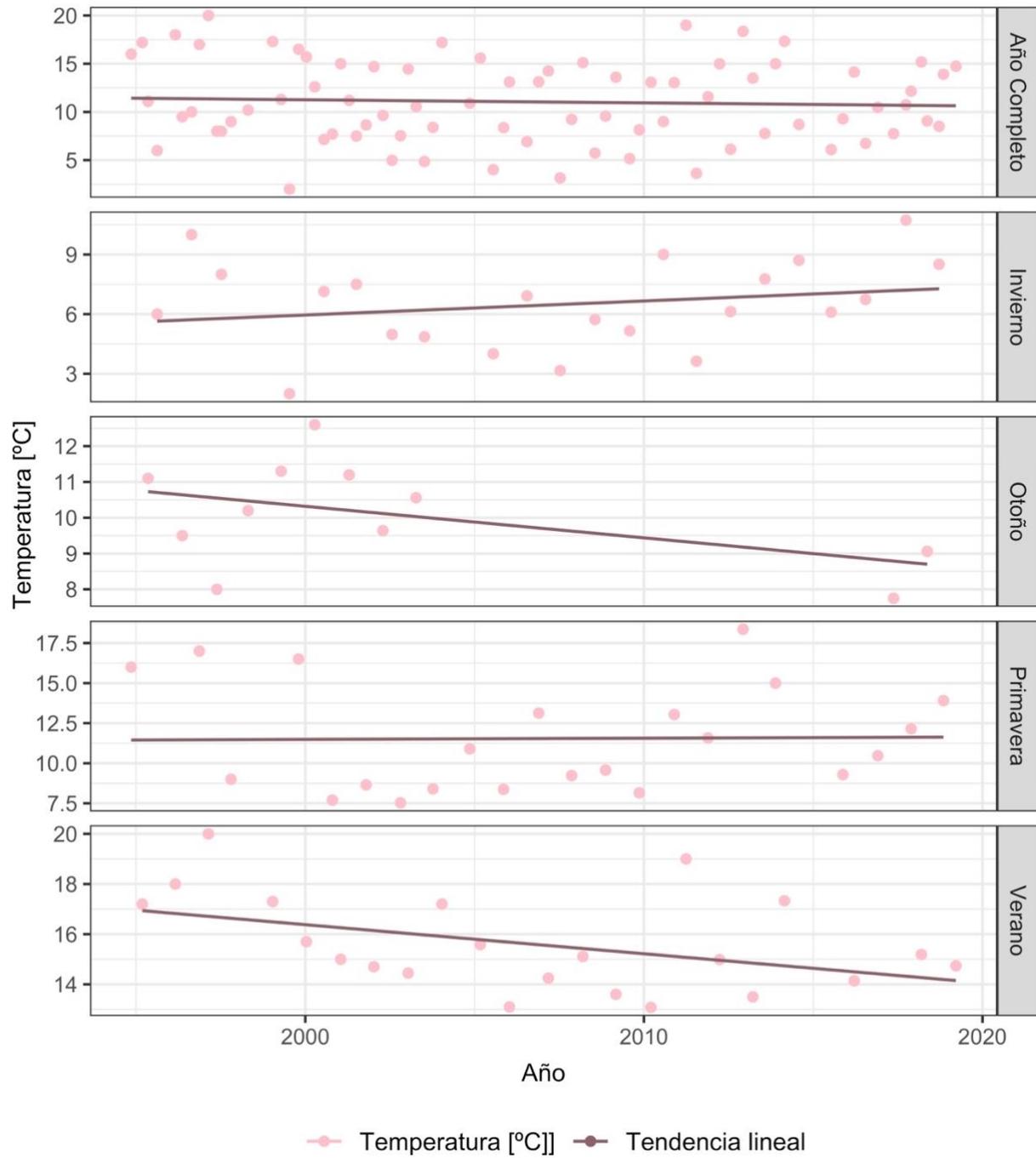


Figura 113: Análisis de tendencia de temperatura del agua para la cuenca Yerba Loca antes de la junta río San Francisco. Corresponde a datos puntuales de temperatura. Se presenta la tendencia lineal entre temperatura y tiempo por estación meteorológica del año, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-1,958e-09$, invierno: $-1,994e-10$, otoño: $-4,610e-09$, primavera: $-1,526e-09$ y verano: $-2,141e-09$. Años de información desde 1986 a 2018 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Manganeso Total

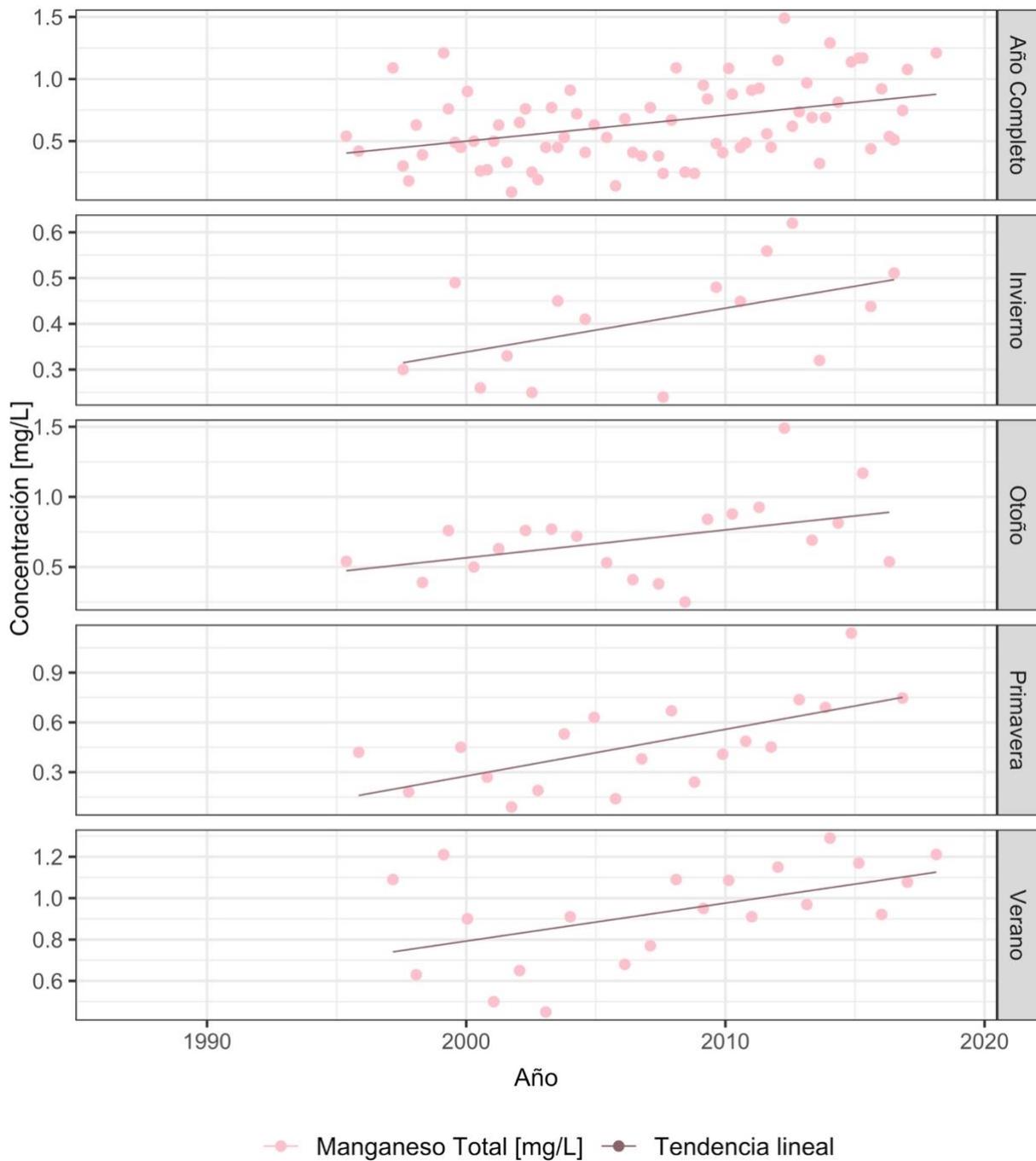


Figura 114: Análisis de tendencia de concentración de manganeso total para la cuenca cuenca Yerba Loca antes de la junta río San Francisco. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $6,595e-10$, invierno: $3,037e-10$, otoño: $6,306e-10$, primavera: $8,926e-10$ y verano: $5,817e-10$. Años de información desde 1995 a 2018 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Manganeso Total

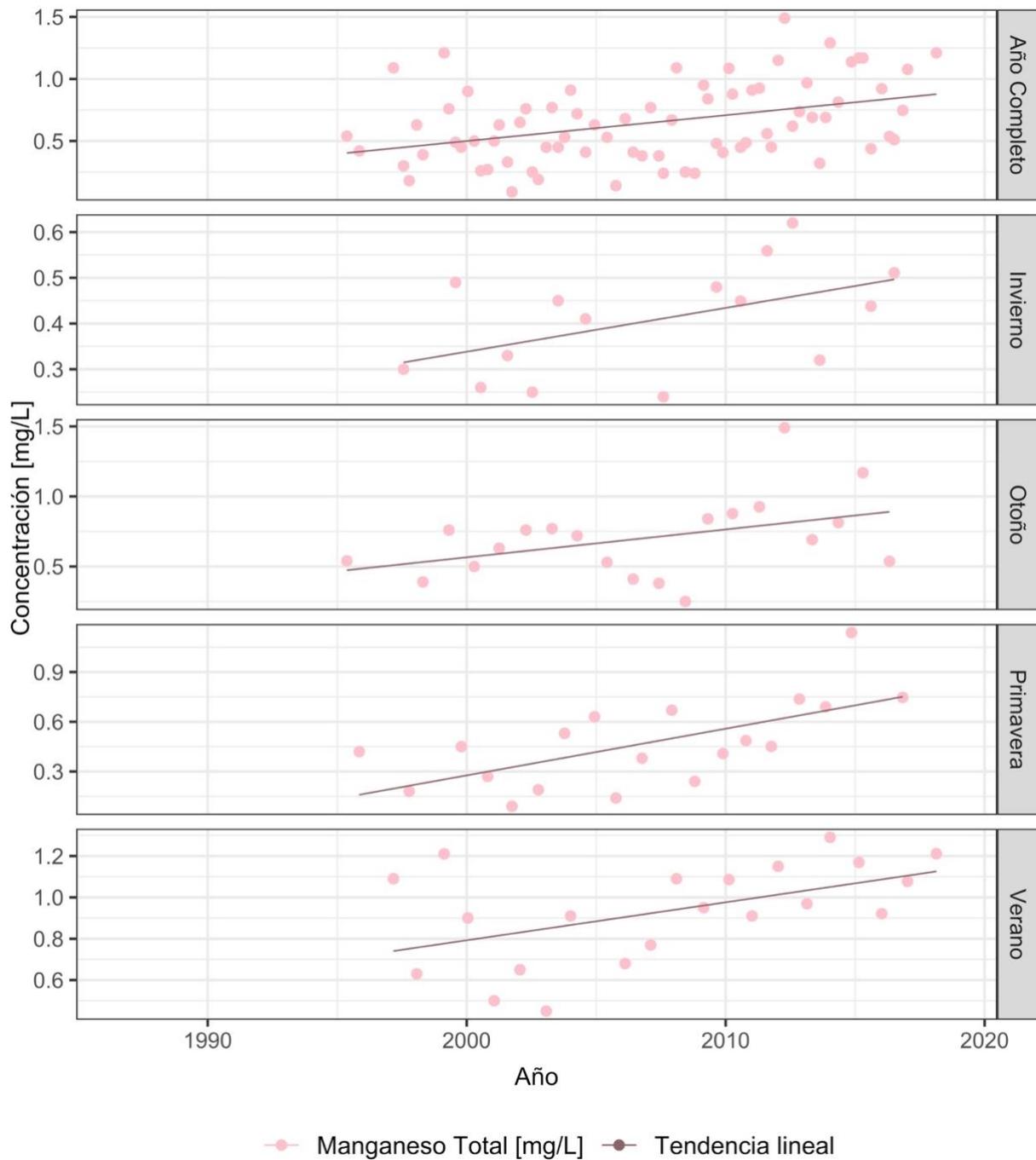


Figura 115: Análisis de tendencia de concentración de potasio total para la cuenca cuenca Yerba Loca antes de la junta río San Francisco. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $3,863e-09$, invierno: $-1,187e-09$, otoño: $1,231e-08$, primavera: $-8,625e-10$ y verano: $5,070e-09$. Años de información desde 2010 a 2018 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

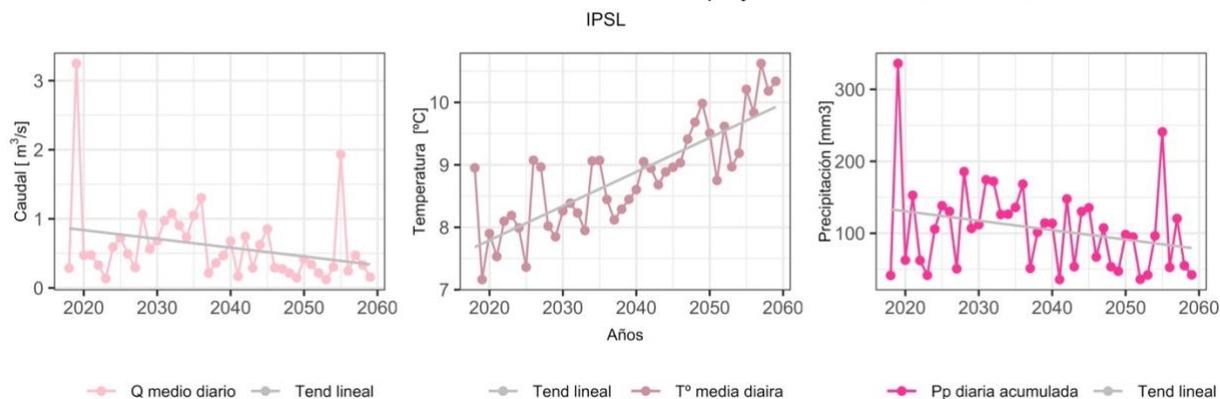


Figura 116: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo CSIRO de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Yerba Loca antes de la junta río San Francisco según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

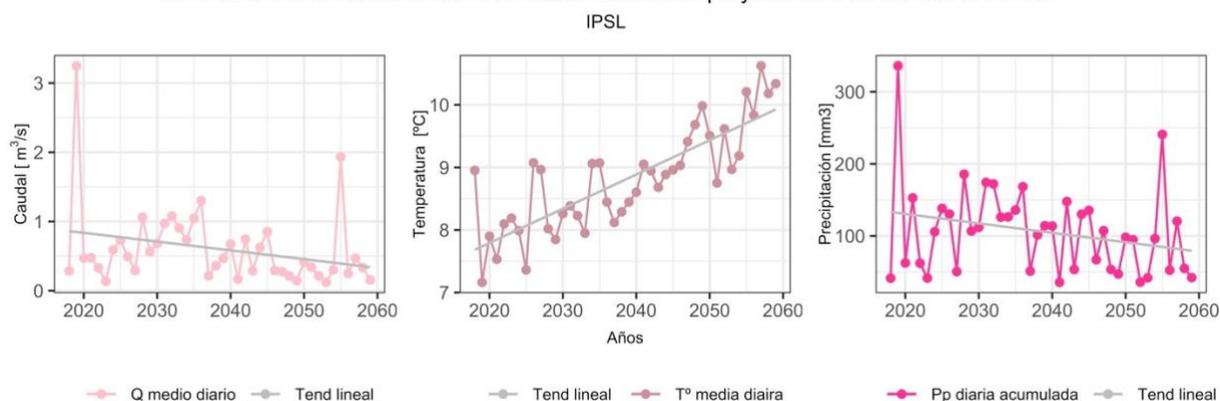


Figura 117: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo IPSL de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Yerba Loca antes de la junta río San Francisco según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

IPSL

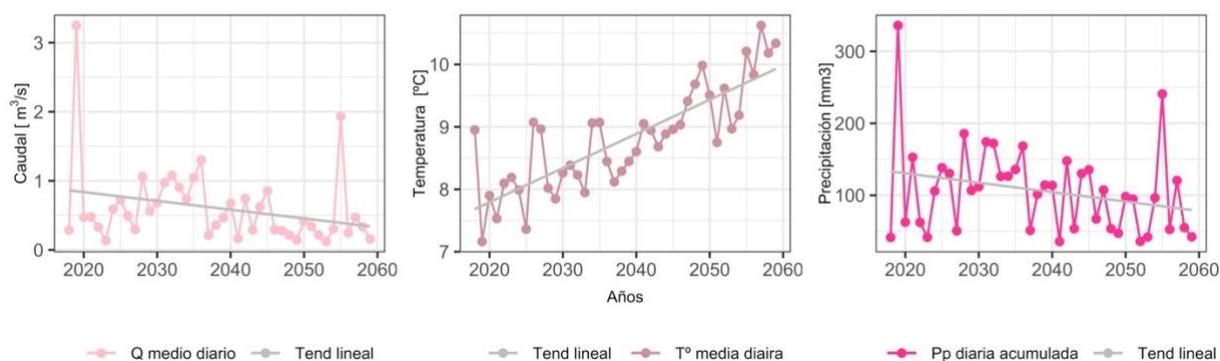


Figura 118: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo MIROC de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Yerba Loca antes de la junta río San Francisco según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

IV. Región del Maule

Río Claro en los Queñes

Tabla 112: parámetros físicos de la cuenca Río Claro en los Queñes (Fuente: CAMELS-CL)

Área [km ²]	354,41
Elevación promedio [m.s.n.m]	1856,57
Elevación máxima [m.s.n.m]	4077
Elevación mínima [m.s.n.m]	662
Pendiente media [m/km]	256,17

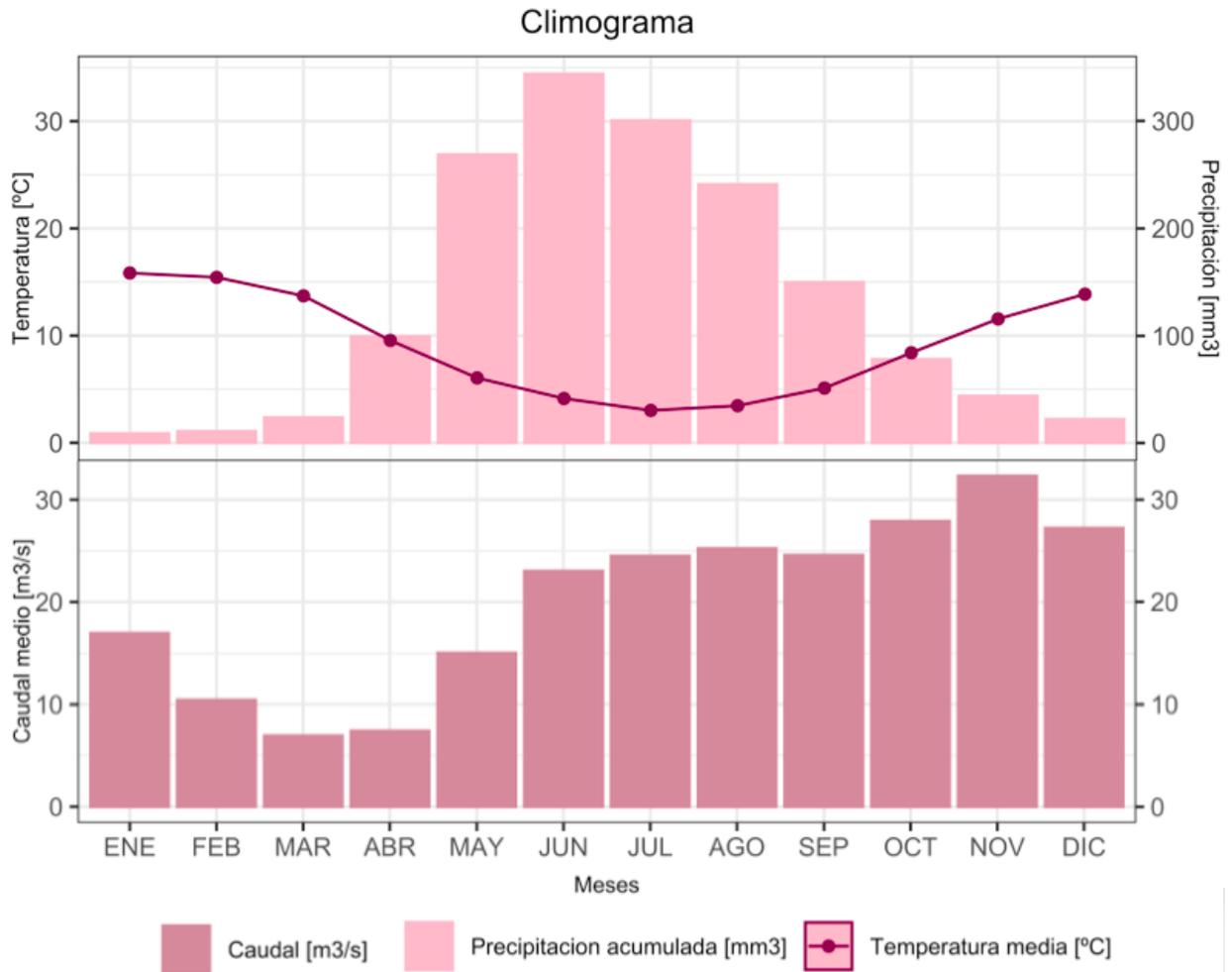


Figura 119: Climograma de la cuenca del Río Claro en los Queñes, en la figura superior se presenta el promedio de la temperatura mensual el periodo de información va desde y se presenta la precipitación acumulada mensual, el periodo de información va desde. En la figura inferior se presenta el promedio de los caudales mensuales, el periodo de información va desde (FUENTE: CAMELS -CL)

Análisis de tendencia histórico de forzantes hidroclimáticas

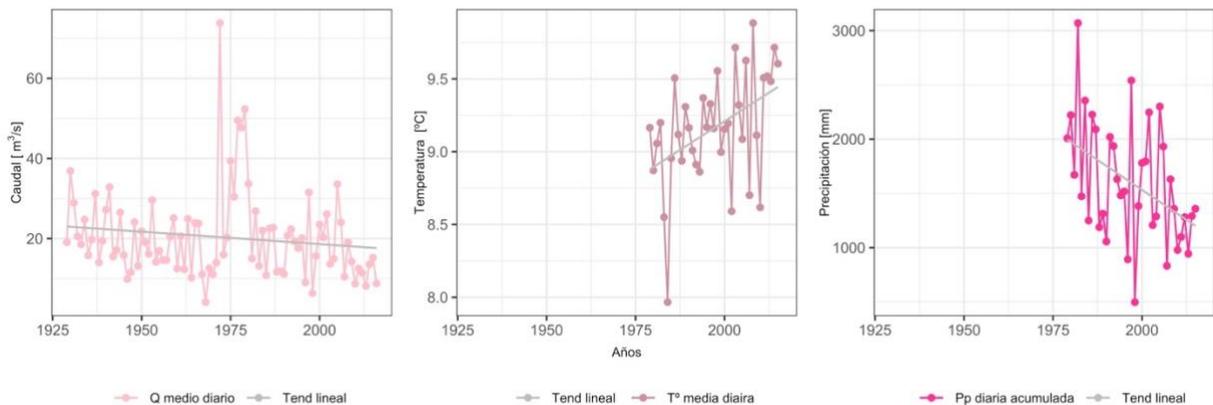


Figura 120: Análisis de tendencia de forzantes hidroclimáticas para la cuenca del Río Claro en los Queñes según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 1986 a 2018. Promedio anual del temperatura media, información disponible desde 1979 a 2016. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 1986 a

2016. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos(Fuente: CAMELS-CL)

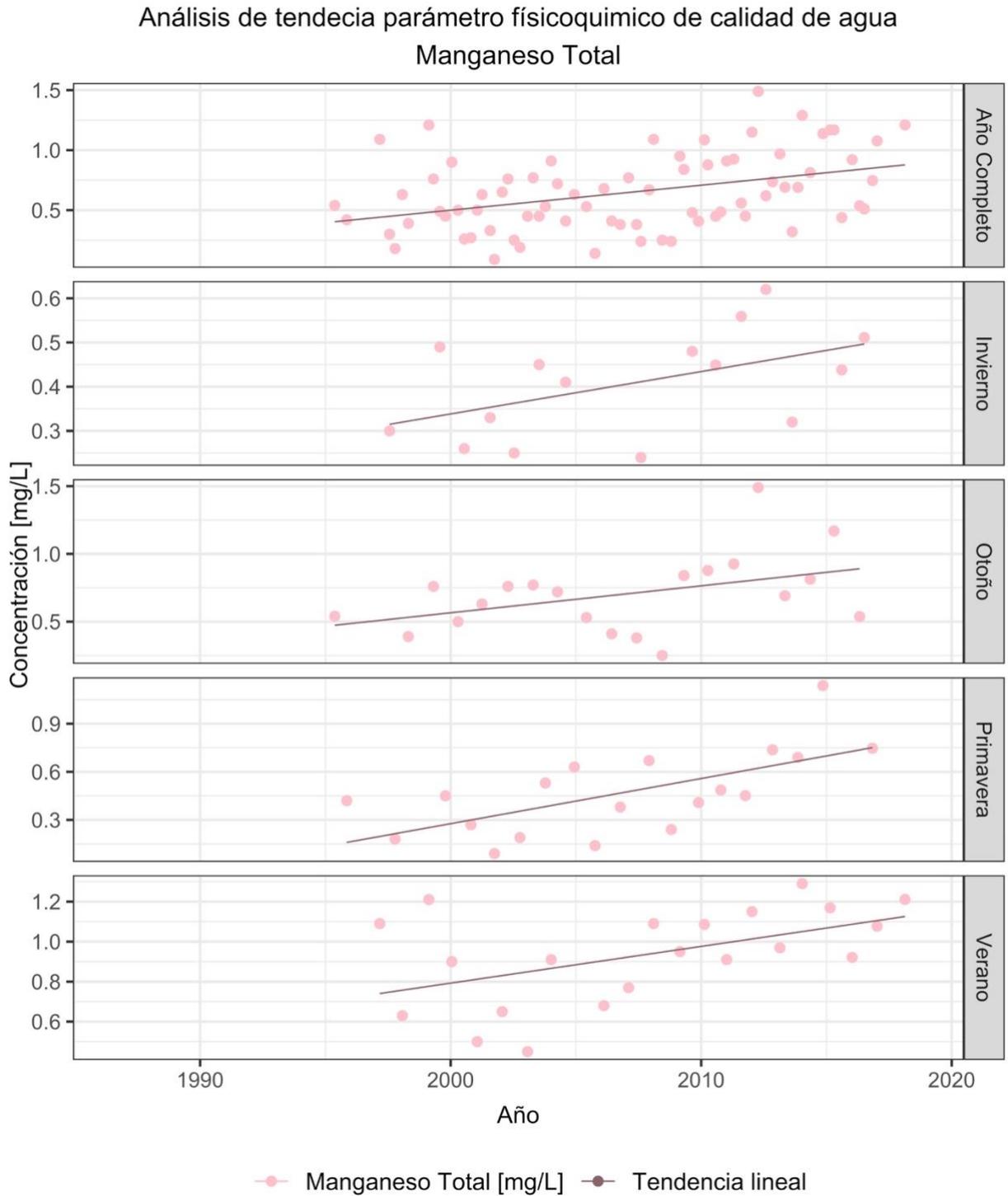


Figura 121: Análisis de tendencia de concentración de aluminio total para la cuenca Río Claro en los Queñes. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-2,860e-09$, invierno: $-2,325e-10$, otoño: $4,843e-10$, primavera: $-5,834e-09$ y verano: $-4,448e-09$. Años de información desde 1997 a 2014 (Fuente: DGA)

Análisis de tendecia parámetro físicoquimico de calidad de agua Bicarbonato

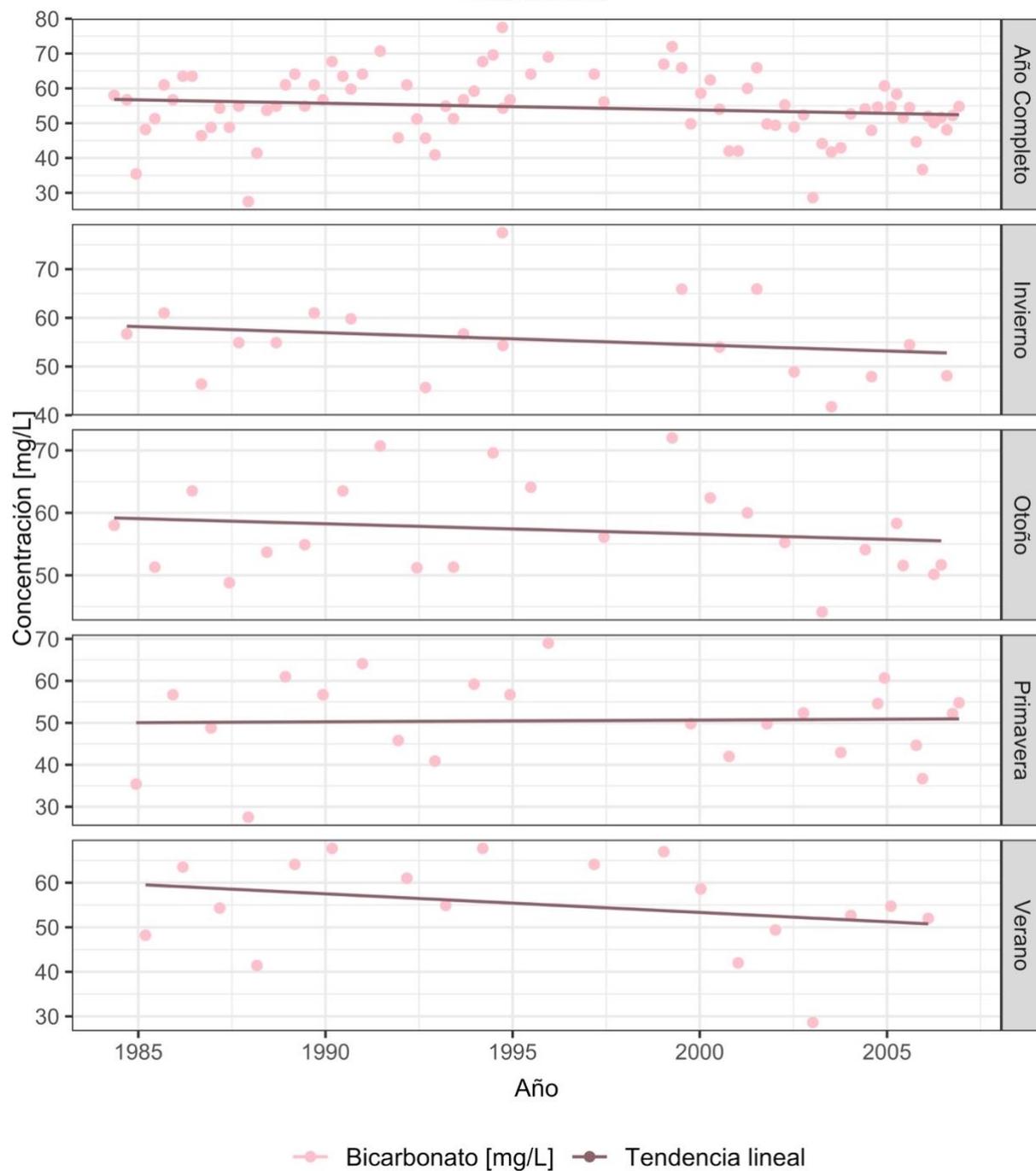


Figura 122: Análisis de tendencia de concentración de calcio disuelto para la cuenca Río Claro en los Queñes. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-1,622e-09$, invierno: $-2,817e-09$, otoño: $2,218e-09$, primavera: $-6,937e-09$ y verano: $1,884e-09$. Años de información desde 1969 a 2009 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Sólidos disueltos totales

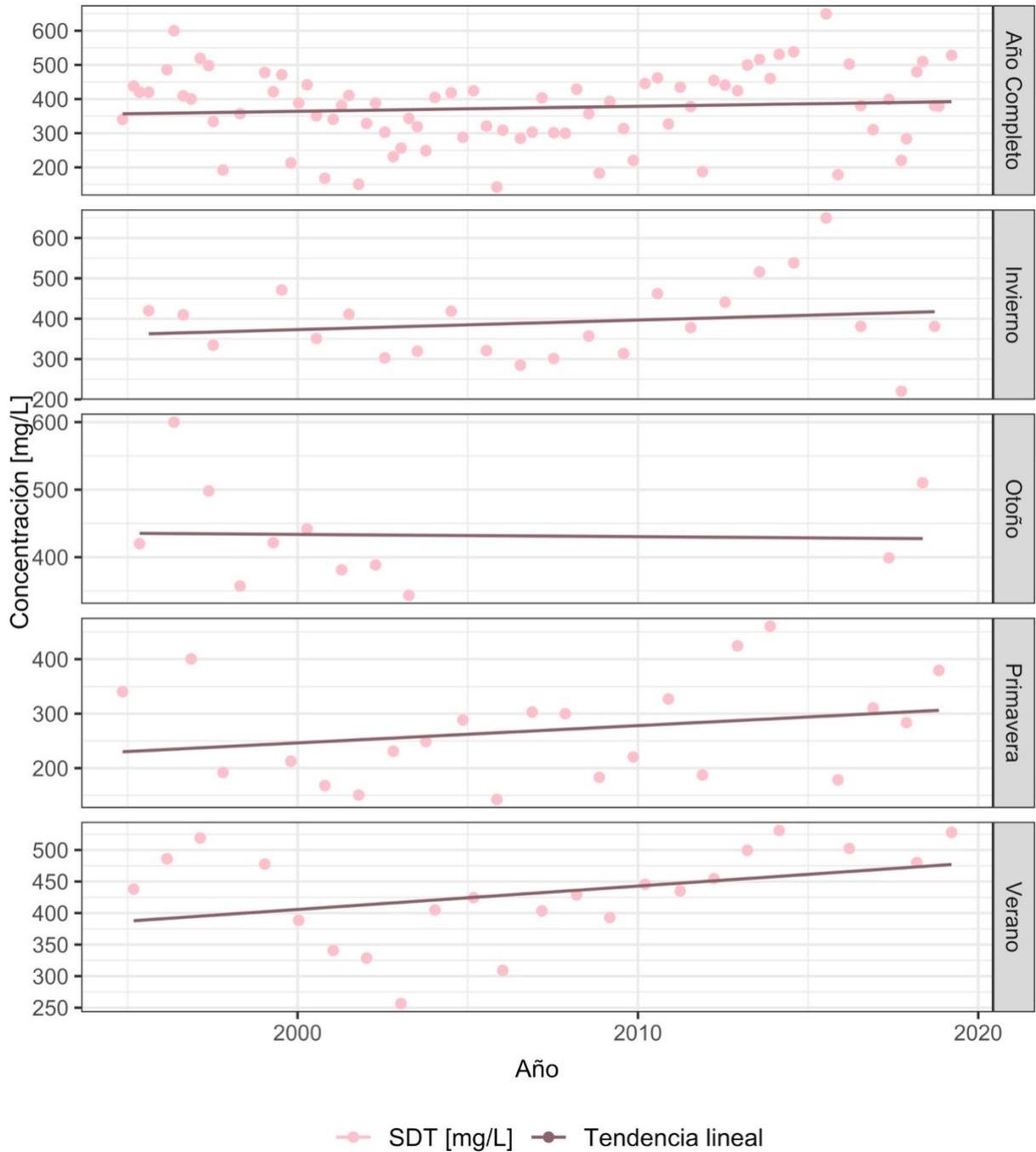


Figura 123: Análisis de tendencia de concentración de sólidos disueltos totales para la cuenca Río Claro en los Queñes. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $3,160e-08$, invierno: $2,034e-08$, otoño: $6,156e-08$, primavera: $7,046e-09$ y verano: $7,815e-08$. Años de información desde 1968 a 2018 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Fierro Total

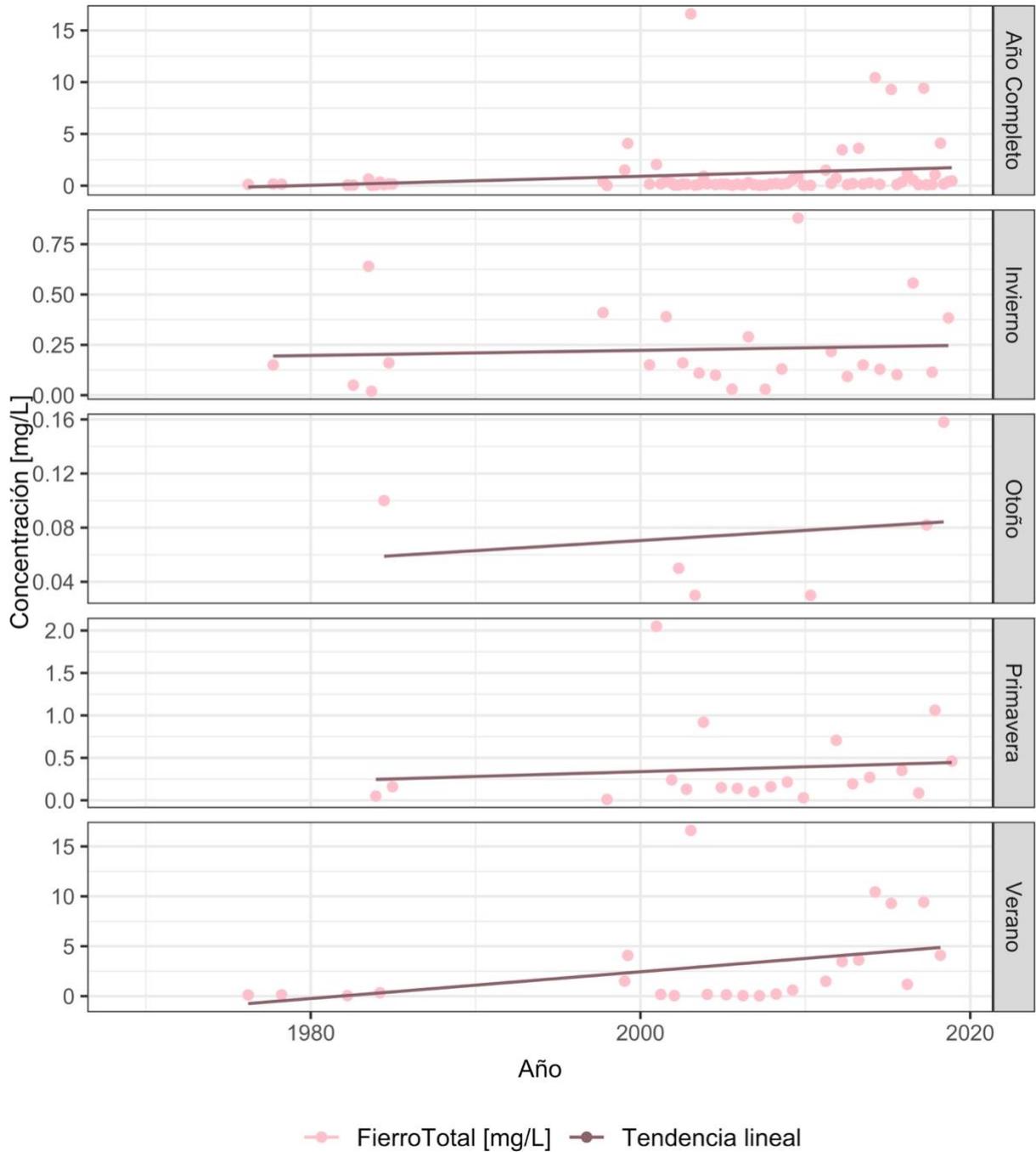


Figura 124: Análisis de tendencia de concentración de fierro total para la cuenca Río Claro en los Queñes. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $1,383\text{e-}09$, invierno: $4,023\text{e-}11$, otoño: $2,370\text{e-}11$, primavera: $1,806\text{e-}10$ y verano: $4,243\text{e-}09$. Años de información desde 1982 a 2018 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua
Potasio Total

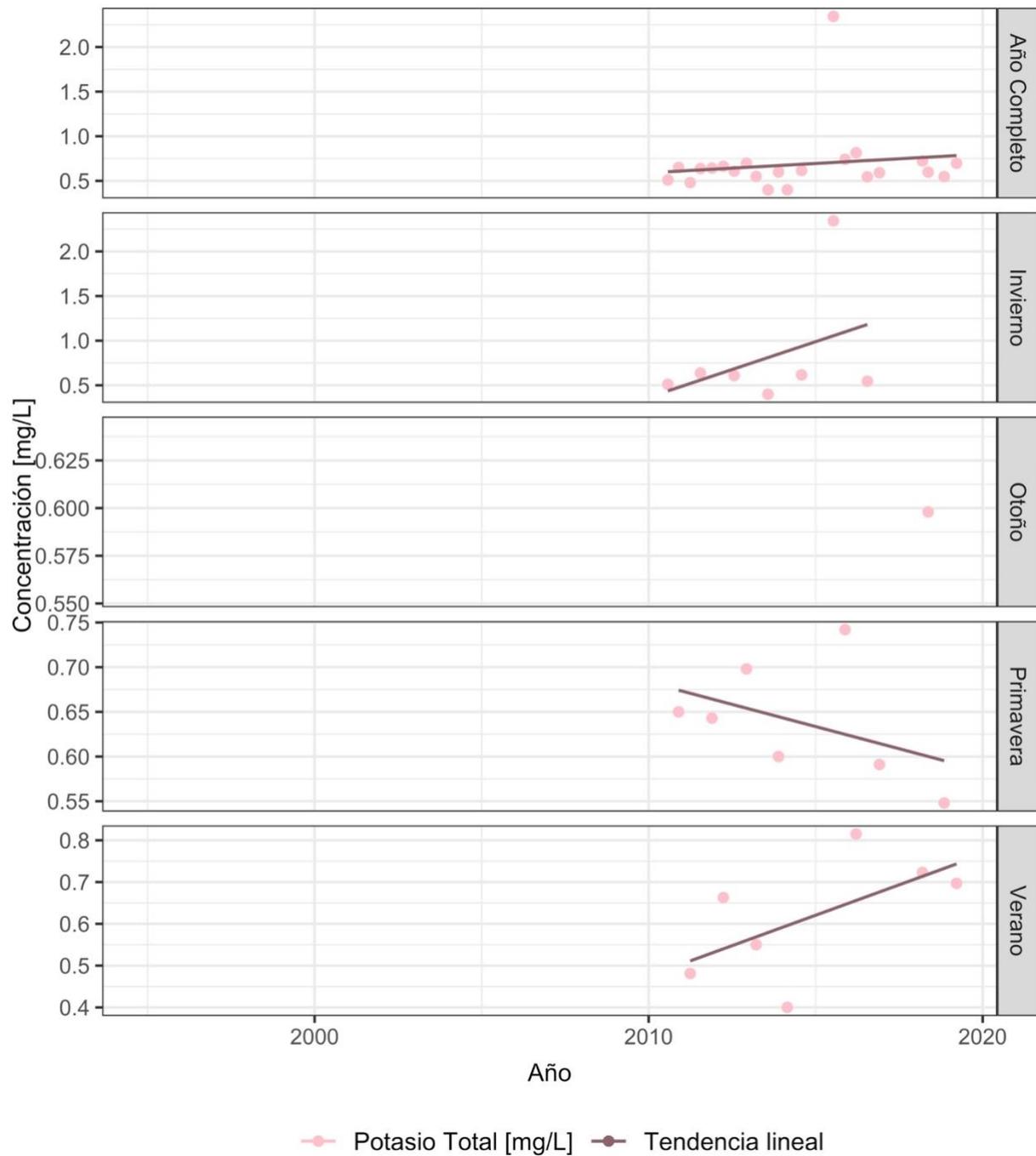


Figura 125: Análisis de tendencia de concentración de manganeso total para la cuenca Río Claro en los Queñes. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-2,071e-11$, invierno: $-9,754e-12$, otoño: $3,360e-12$, primavera: $-2,215e-11$ y verano: $-2,170e-11$. Años de información desde 1997 a 2018 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua
Potasio Disuelto

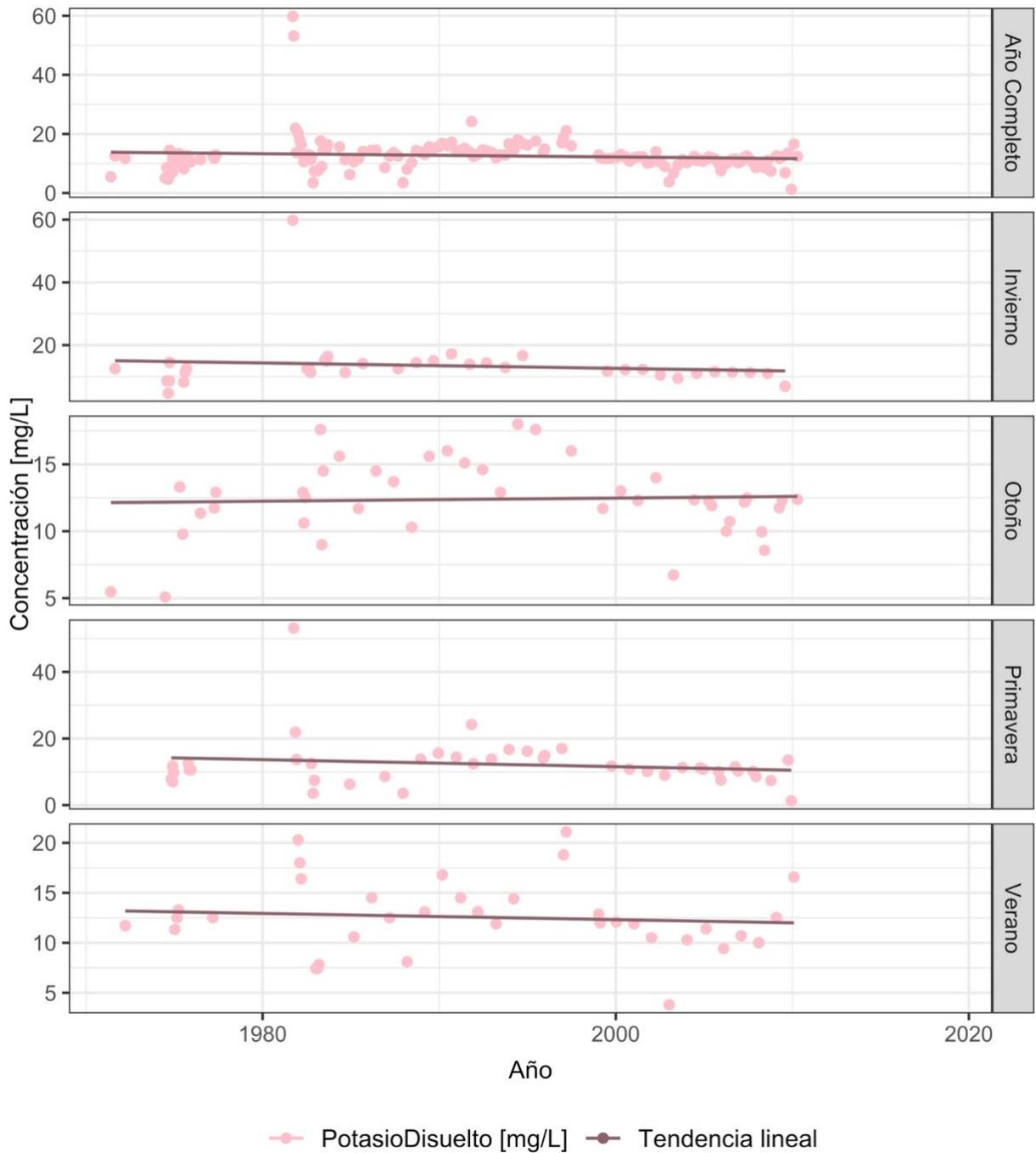


Figura 126: Análisis de tendencia de concentración de sodio disuelto para la cuenca Río Claro en los Queñes. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $9,990e-10$, invierno: $-3,484e-09$, otoño: $6,599e-09$, primavera: $-8,272e-11$ y verano: $2,825e-09$. Años de información desde 1968 a 2018 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Fierro Total

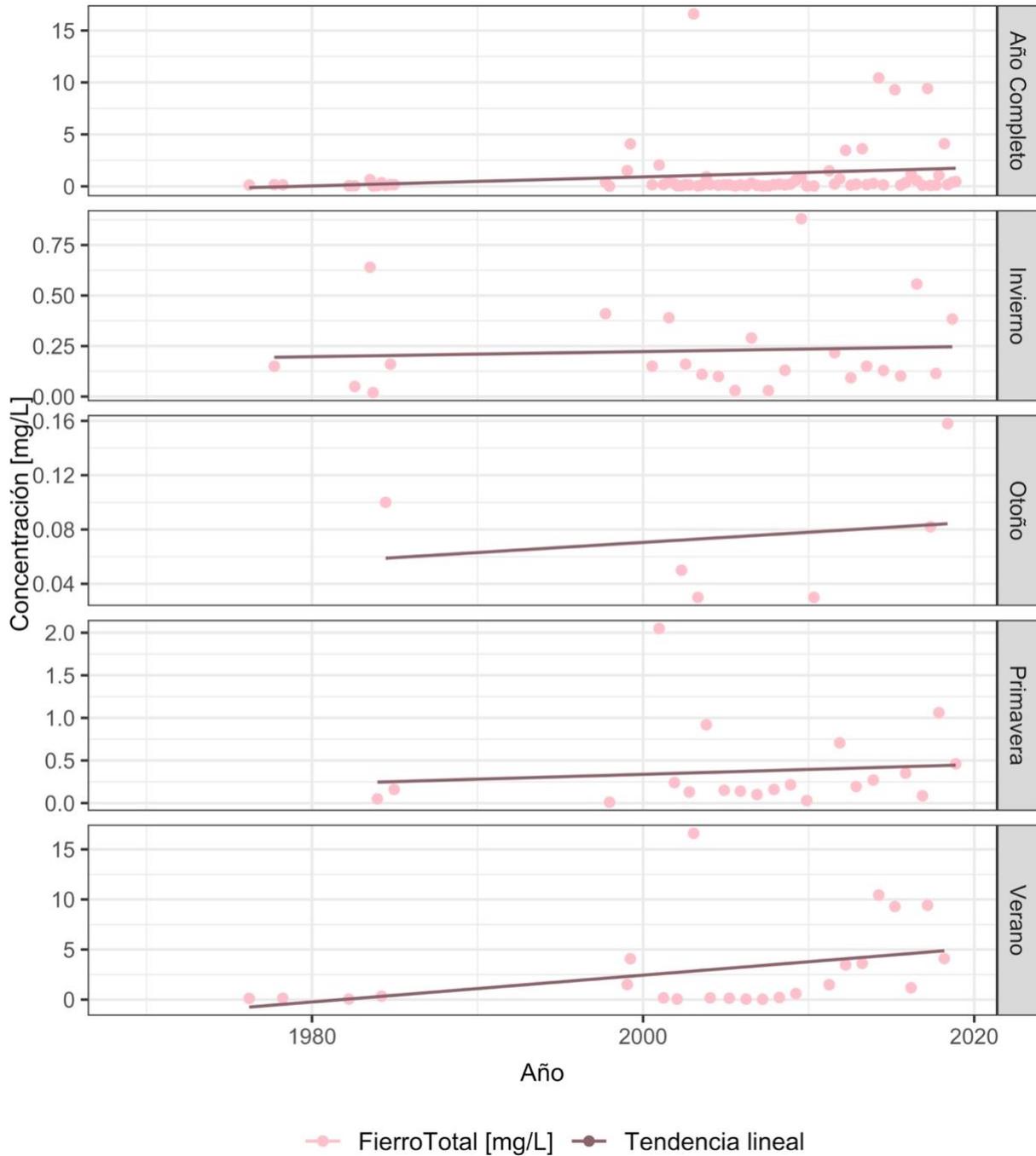


Figura 127: Análisis de tendencia de temperatura del agua para la cuenca Río Claro en los Queñes. Corresponde a datos puntuales de temperatura. Se presenta la tendencia lineal entre temperatura y tiempo por estación meteorológica del año, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $7,341e-10$, invierno: $-1,895e-09$, otoño: $7,952e-10$, primavera: $7,577e-10$ y verano: $1,862e-09$. Años de información desde 1980 a 2018 (Fuente: DGA)

Con los resultados de la actualización del balance hídrico nacional, se realiza un análisis de tendencia para caudal medio diario, temperatura media diaria y precipitación diaria acumulada

entre los años 2018 y 2060 para los modelos CSIRO, IPLS y MIROC, las cuales se presentan en las figuras a continuación.

Para la proyección de caudales el modelo CSIRO presenta un leve tendencia a la baja en comparación a los otros modelos, siendo MIROC la proyección mas crítica para caudal. Para la temperatura las proyecciones son similares para los tres modelos. Las proyecciones de precipitación en el modelo CSIRO presenta los pics más altos y la proyección más crítica viene dada por el modelo IPLS.

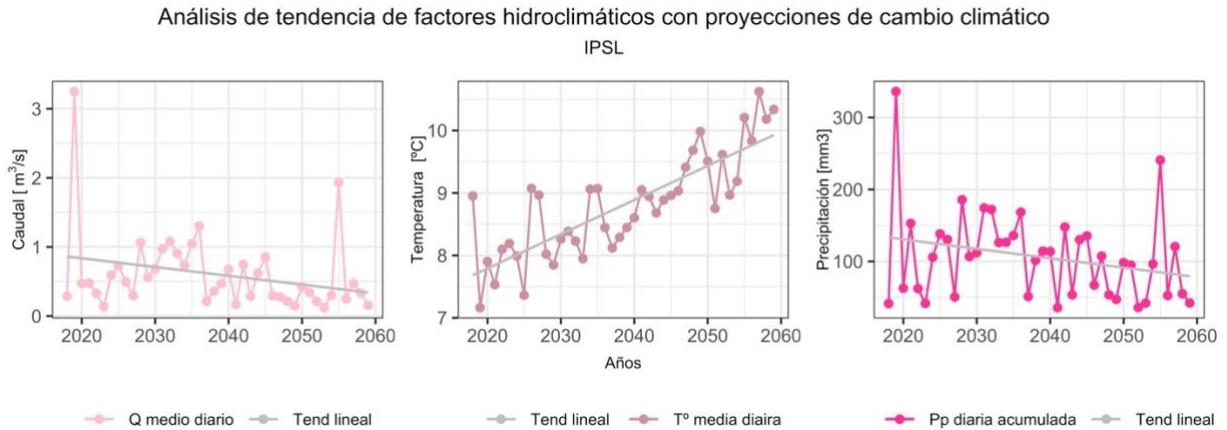


Figura 128: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo CSIRO de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Rio Claro en los Queñes según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

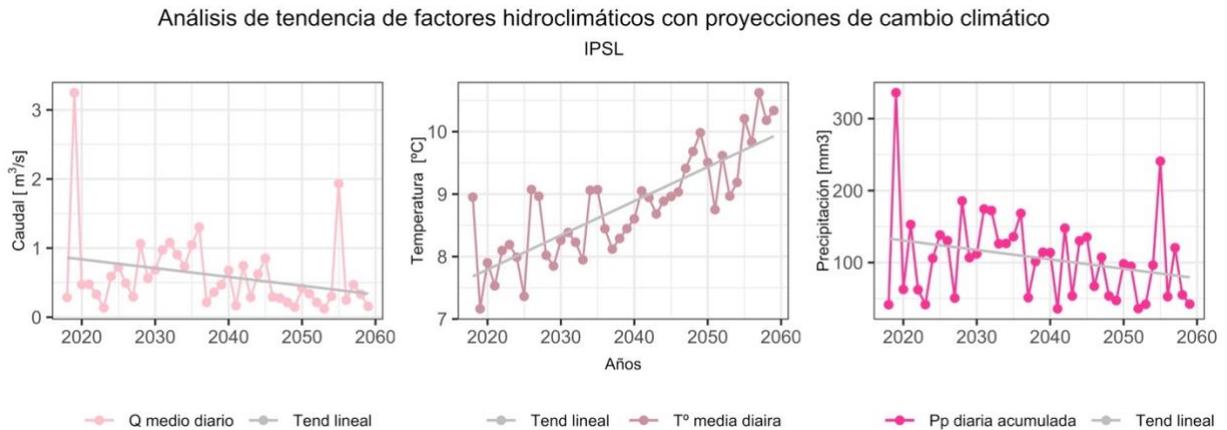


Figura 129: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo IPLS de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Rio Claro en los Queñes según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

IPSL

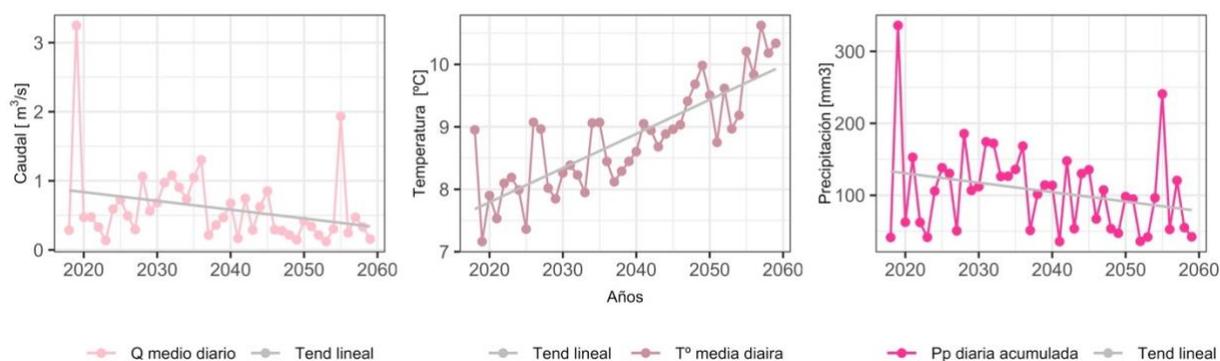


Figura 130: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo MIROC de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Río Claro en los Queñes según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Río Perquilauquén en San Manuel

Tabla 113: parámetros físicos de la cuenca Río Perquilauquén en San Manuel

Área [km ²]	502,40
Elevación promedio [m.s.n.m]	1100,31
Elevación máxima [m.s.n.m]	2230
Elevación mínima [m.s.n.m]	265
Pendiente media [m/km]	223,71

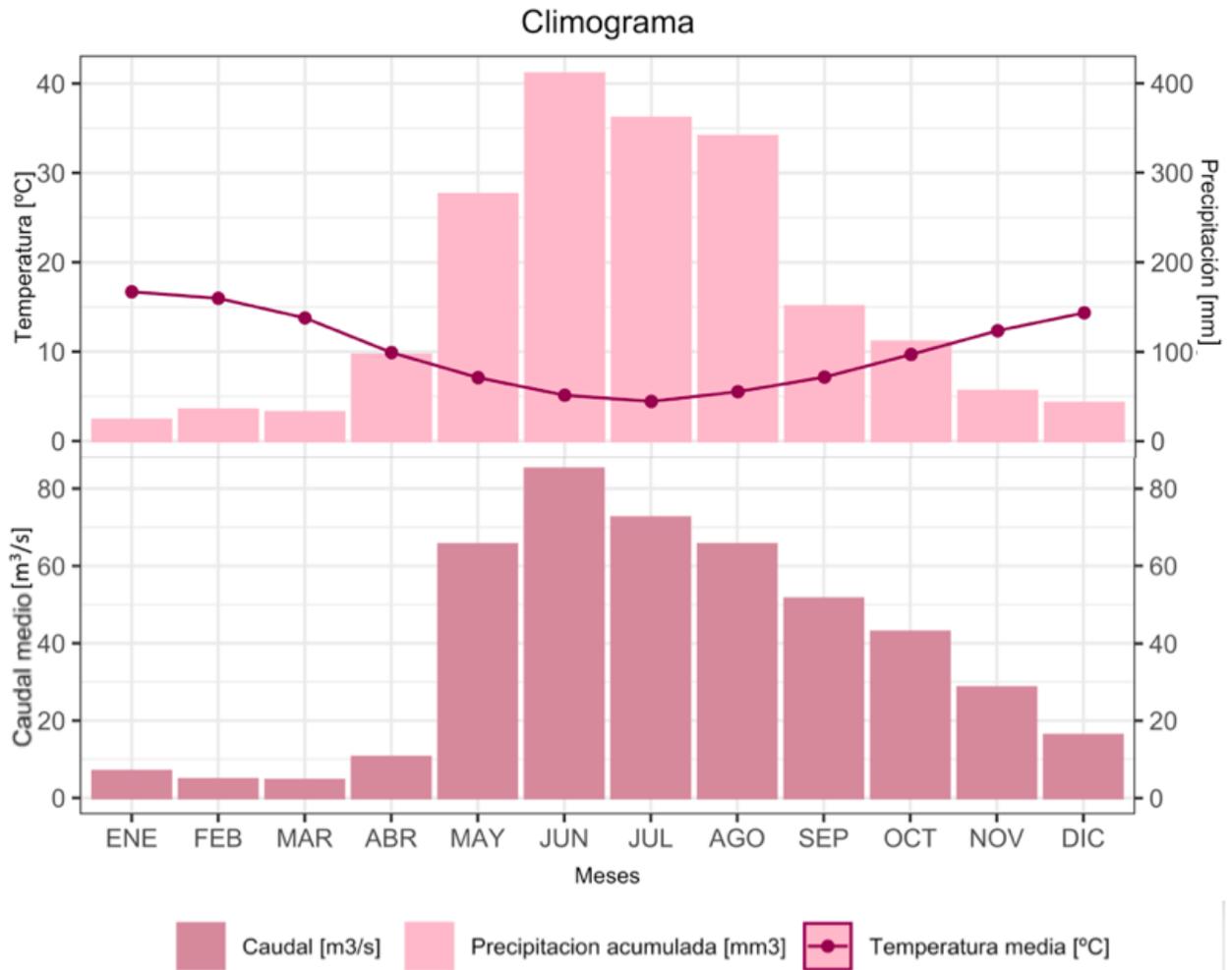


Figura 131: Climograma de la cuenca del Río Perqui Lauquen en San Manuel, en la figura superior se presenta el promedio de la temperatura mensual el periodo de información va desde y se presenta la precipitación acumulada mensual, el periodo de información va desde. En la figura inferior se presenta el promedio de los caudales mensuales, el periodo de información va desde (FUENTE: CAMELS -CL)

Análisis de tendencia histórico de forzantes hidroclimáticas

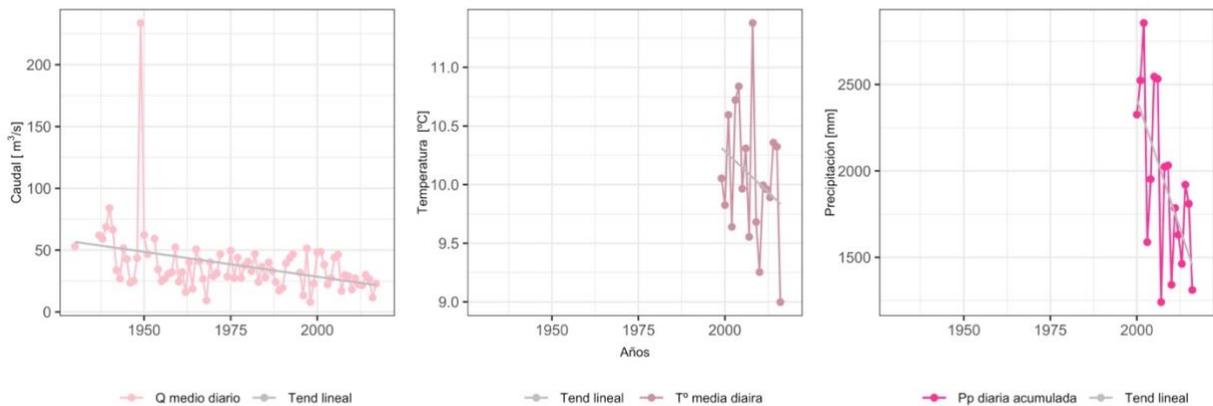


Figura 132: Análisis de tendencia de forzantes hidroclimáticas para la cuenca del Río Perqui Lauquen en San Manuel según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2000 a 2018. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 1999 a 2016. Precipitación diaria acumulada del año información disponible

desde 2000 a 2016. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos(Fuente: CAMELS-CL)

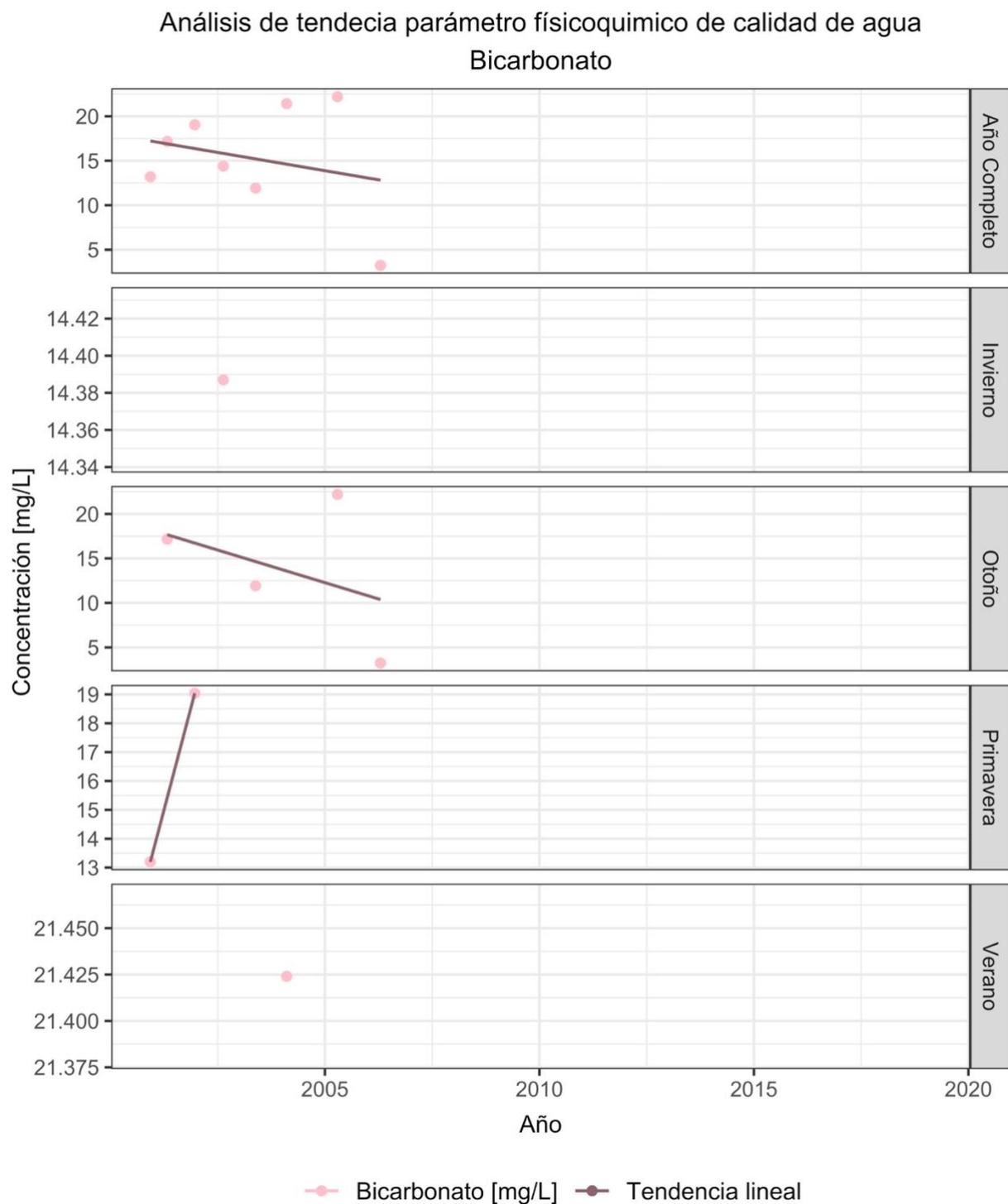
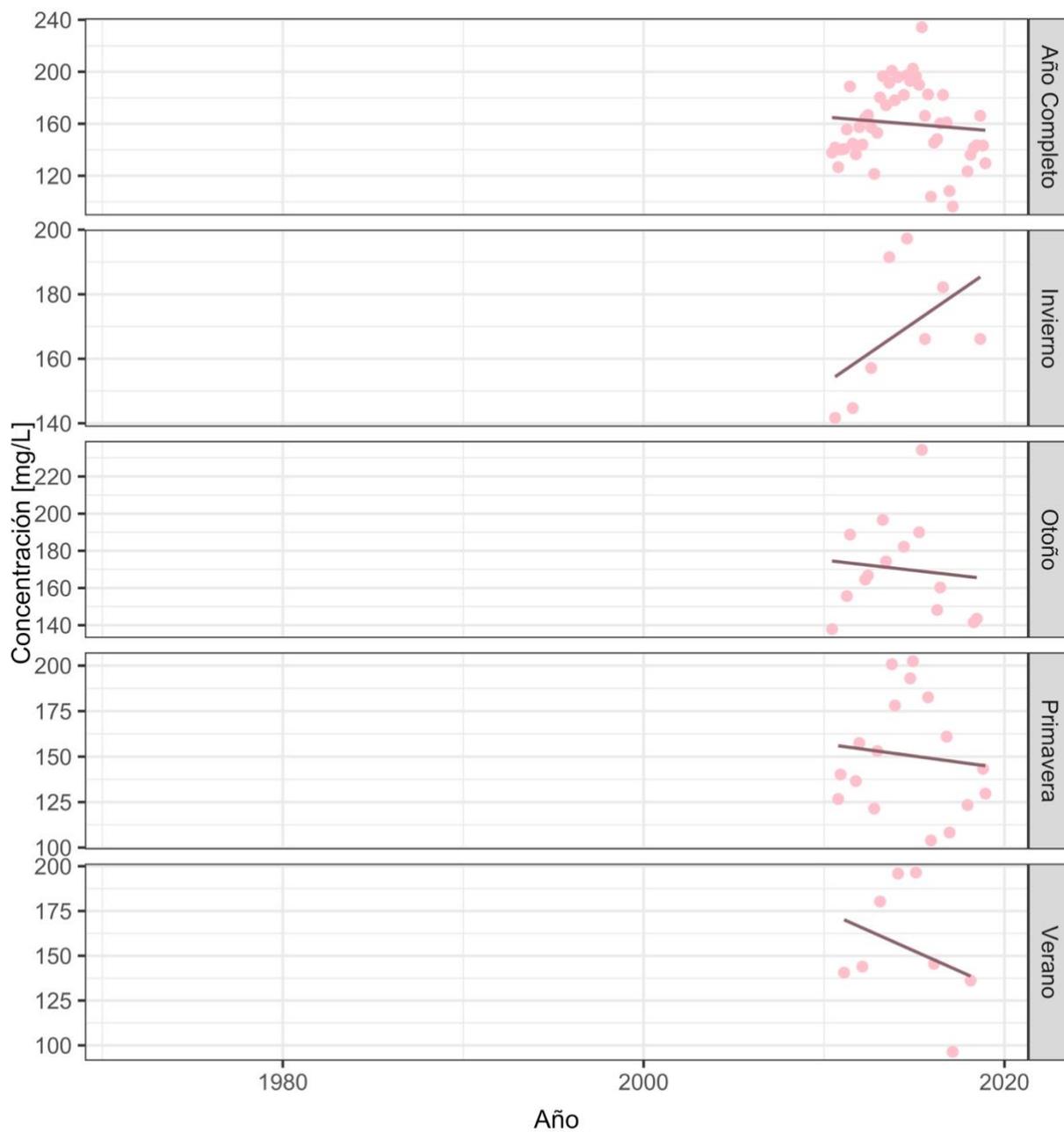


Figura 133: Análisis de tendencia de concentración de bicarbonato para la cuenca del río Perquilauquén. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-2,60e-08$, otoño: $-4,646e-08$ y primavera: $1,789e-07$. Años de información desde 2000 al 2010 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Sodio Total



—●— Sodio Total [mg/L] —●— Tendencia lineal

Figura 134: Análisis de tendencia de concentración de sólidos suspendidos totales para la cuenca del Río Perquilauquén. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $3,654e-08$, invierno: $3,460e-09$, otoño: $4,807e-09$, primavera: $-3,177e-09$ y verano: $1,341e-07$. Años de información desde 2000 a 2019 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Temperatura

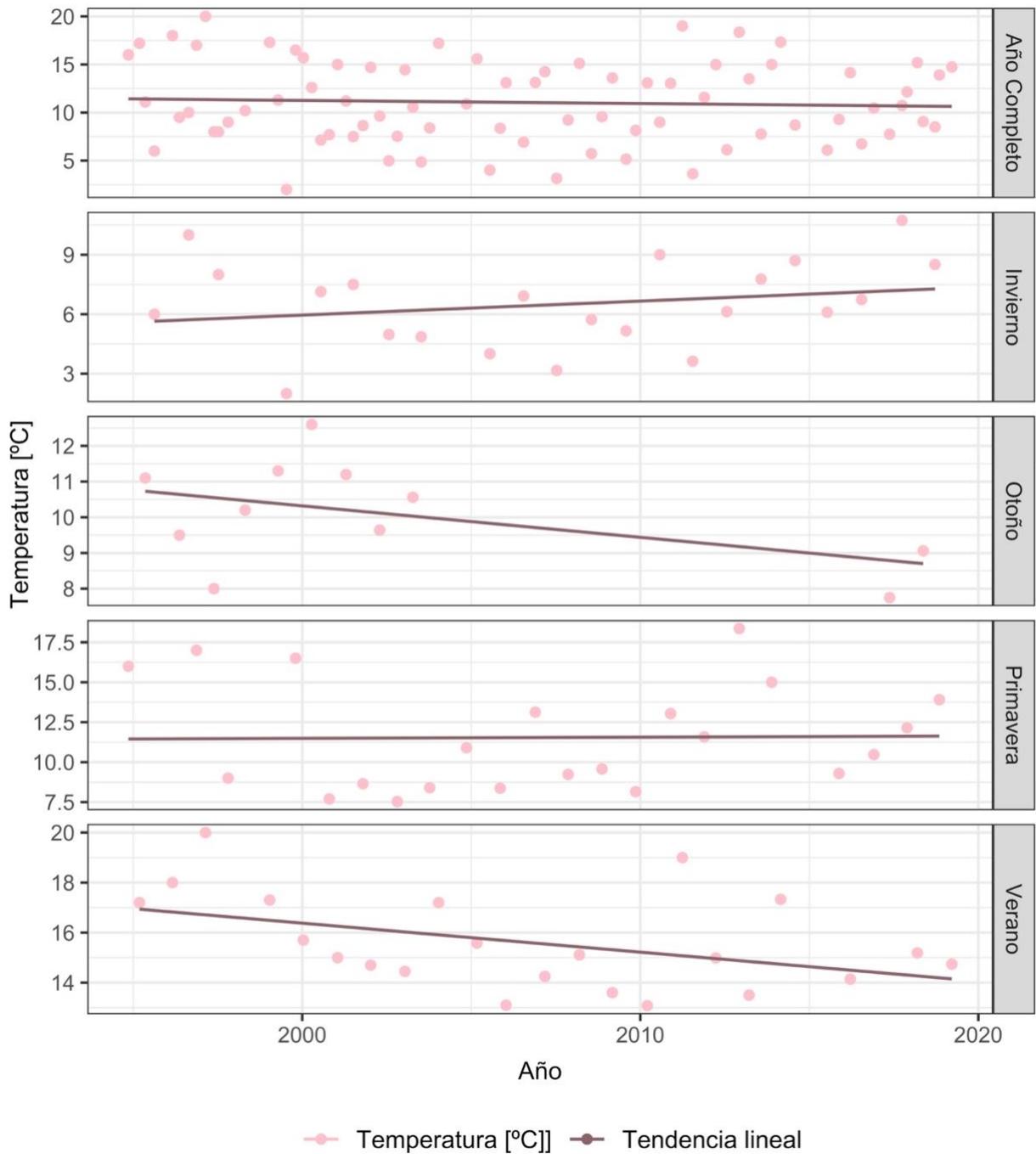


Figura 135: Análisis de tendencia de concentración de fierro total para la cuenca del Río Perquilauquén. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-5,019e-11$, invierno: $-1,471e-10$, otoño: $-1,422e-10$, primavera: $1,798e-11$ y verano: $3,796e-11$. Años de información desde 2000 a 2019 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua
Potasio Total

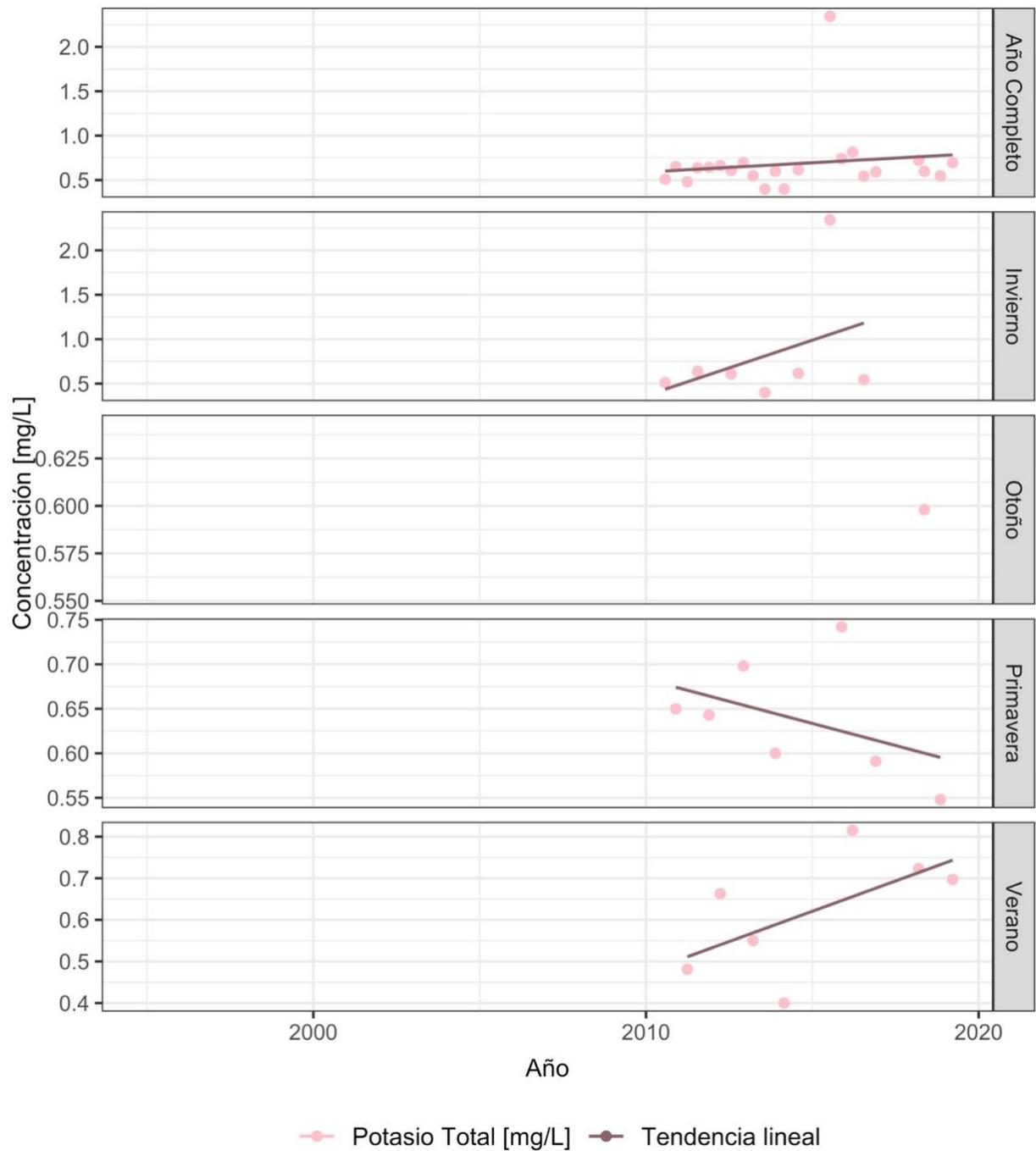


Figura 136: Análisis de tendencia de concentración de fósforo de Ortofosfato para la cuenca del Río Perquilauquén. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $8,676e-10$, invierno: $6,432e-10$, otoño: $-2,566e-10$, primavera: $1,490e-09$ y verano: $1,275e-10$. Años de información desde 2000 a 2011 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Temperatura

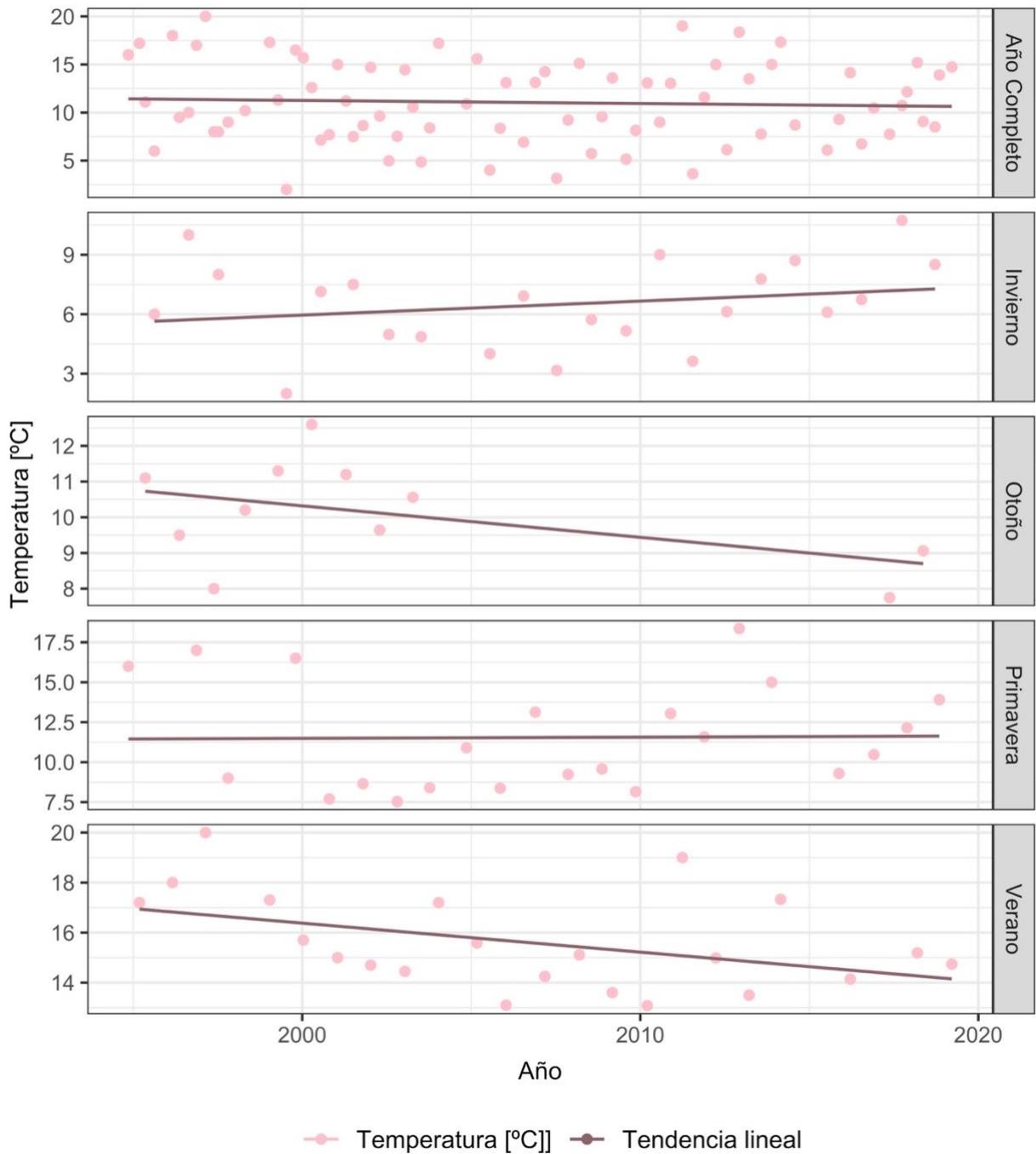


Figura 137: Análisis de tendencia de concentración de nitrógeno de nitrato para la cuenca del Río Perquilauquén. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $3,373e-09$, invierno: $1,076e-08$, otoño: $5,607e-10$, primavera: $4,659e-10$ y verano: $157e-08$. Años de información desde 2000 a 2010 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Temperatura

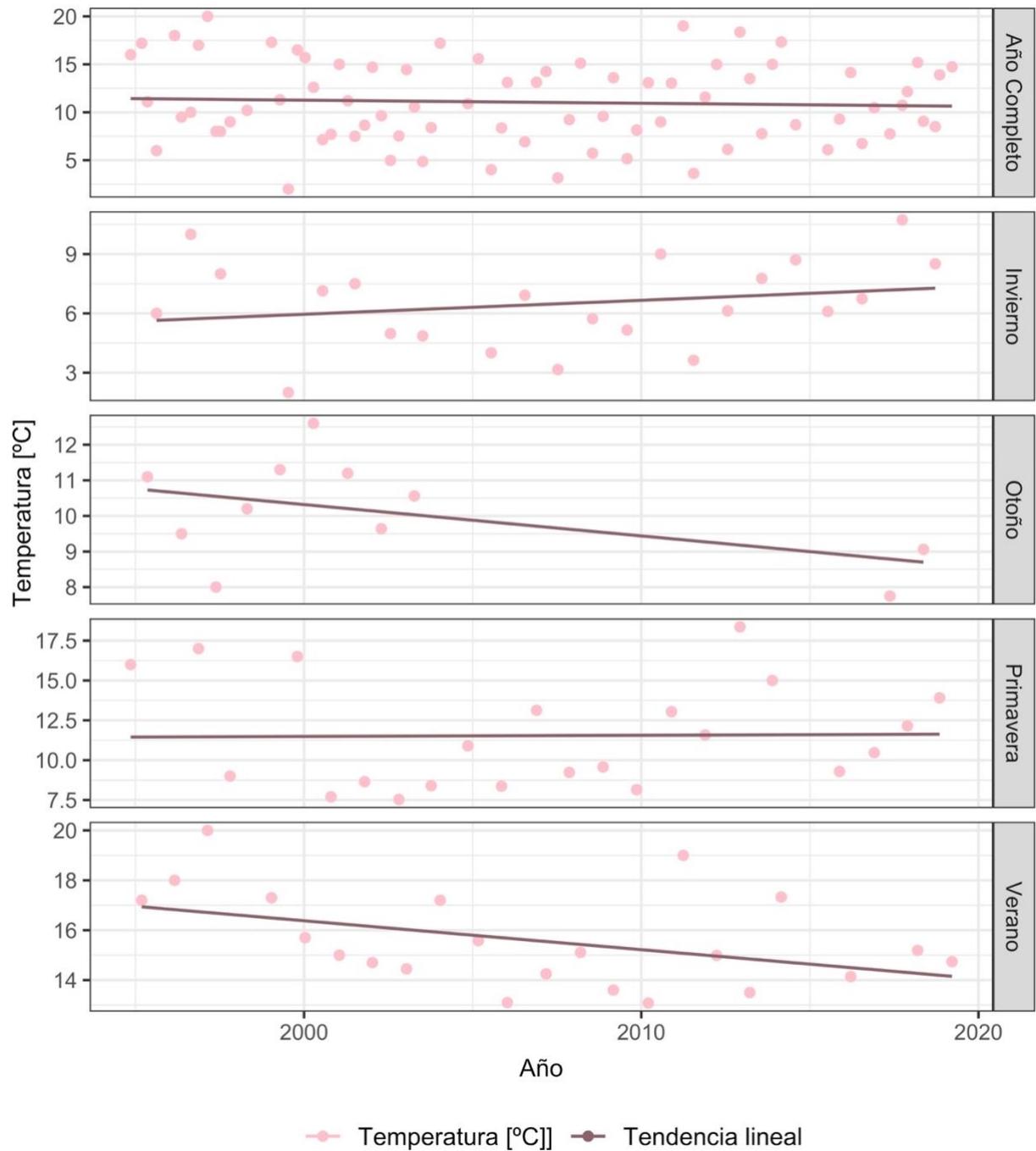


Figura 138: Análisis de tendencia de temperatura del agua para la cuenca del Río Perquilauquén. Corresponde a datos puntuales de temperatura. Se presenta la tendencia lineal entre temperatura y tiempo por estación meteorológica del año, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $-4,016e-09$, invierno: $-2,385e-09$, otoño: $-3,855e-09$, primavera: $-2,864e-09$ y verano: $-4,806e-09$. Años de información desde 1994 a 2019 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

CSIRO

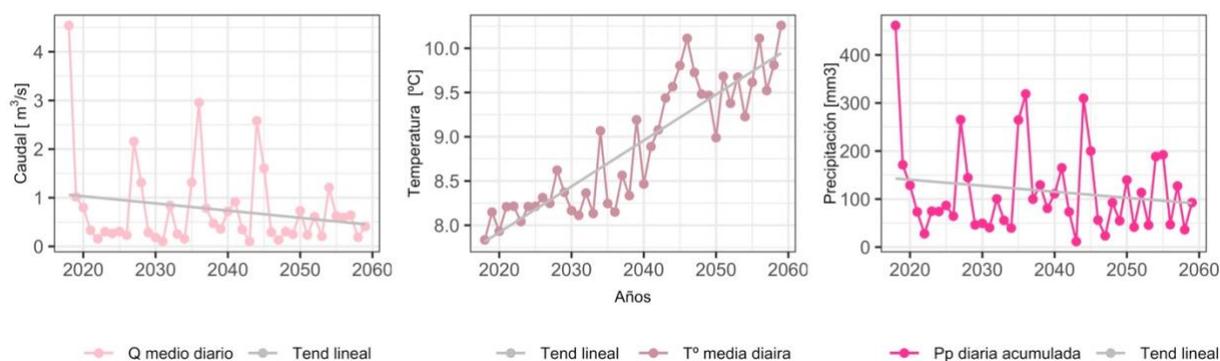


Figura 139: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo CSIRO de forzantes hidroclimáticas cuenca del Río Perquilauquén según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

IPSL

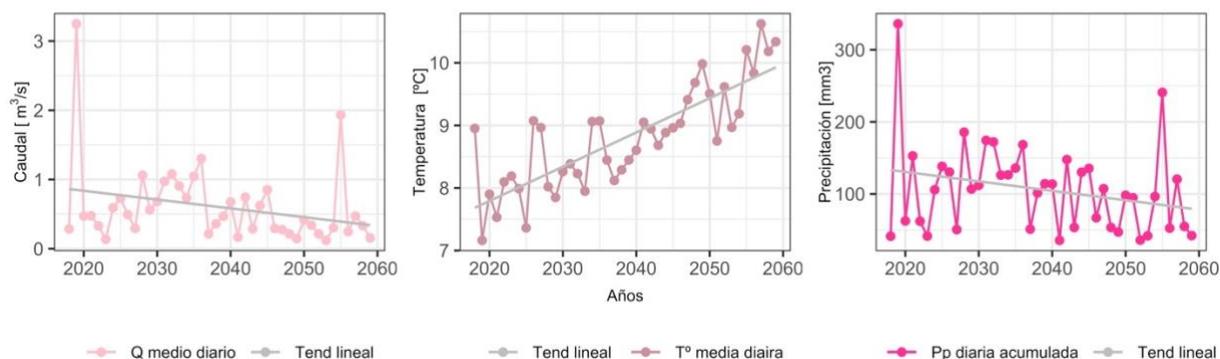


Figura 140: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo IPSL de forzantes hidroclimáticas cuenca del Río Perquilauquén según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático

IPSL

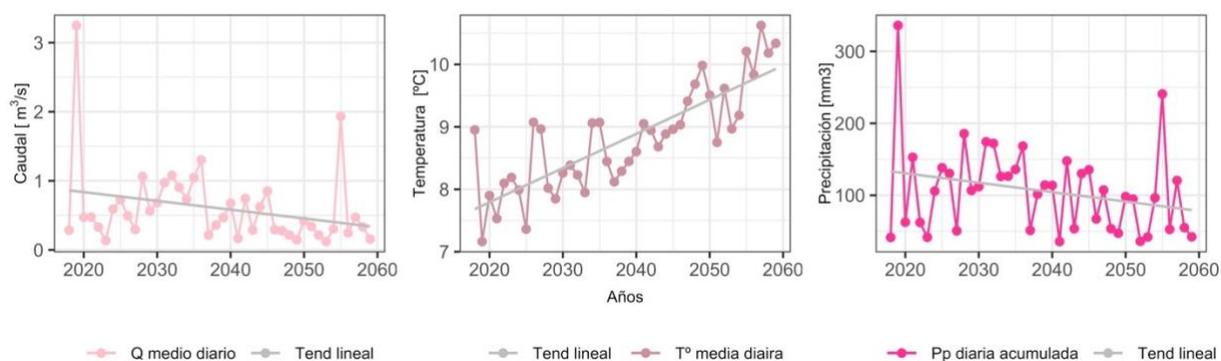


Figura 141: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo MIROC de forzantes hidroclimáticas cuenca del Río Perquilauquén según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

V. Región de los Ríos

Río Cruces en Rucaco

Tabla 114: parámetros físicos de la cuenca Río Cruces en Rucaco (Fuente: CAMELS-CL)

Área [km ²]	1804,77
Elevación promedio [m.s.n.m]	281,88
Elevacion máxima [m.s.n.m]	1190
Elevacion mínima [m.s.n.m]	4
Pendiente media [m/km]	113,65

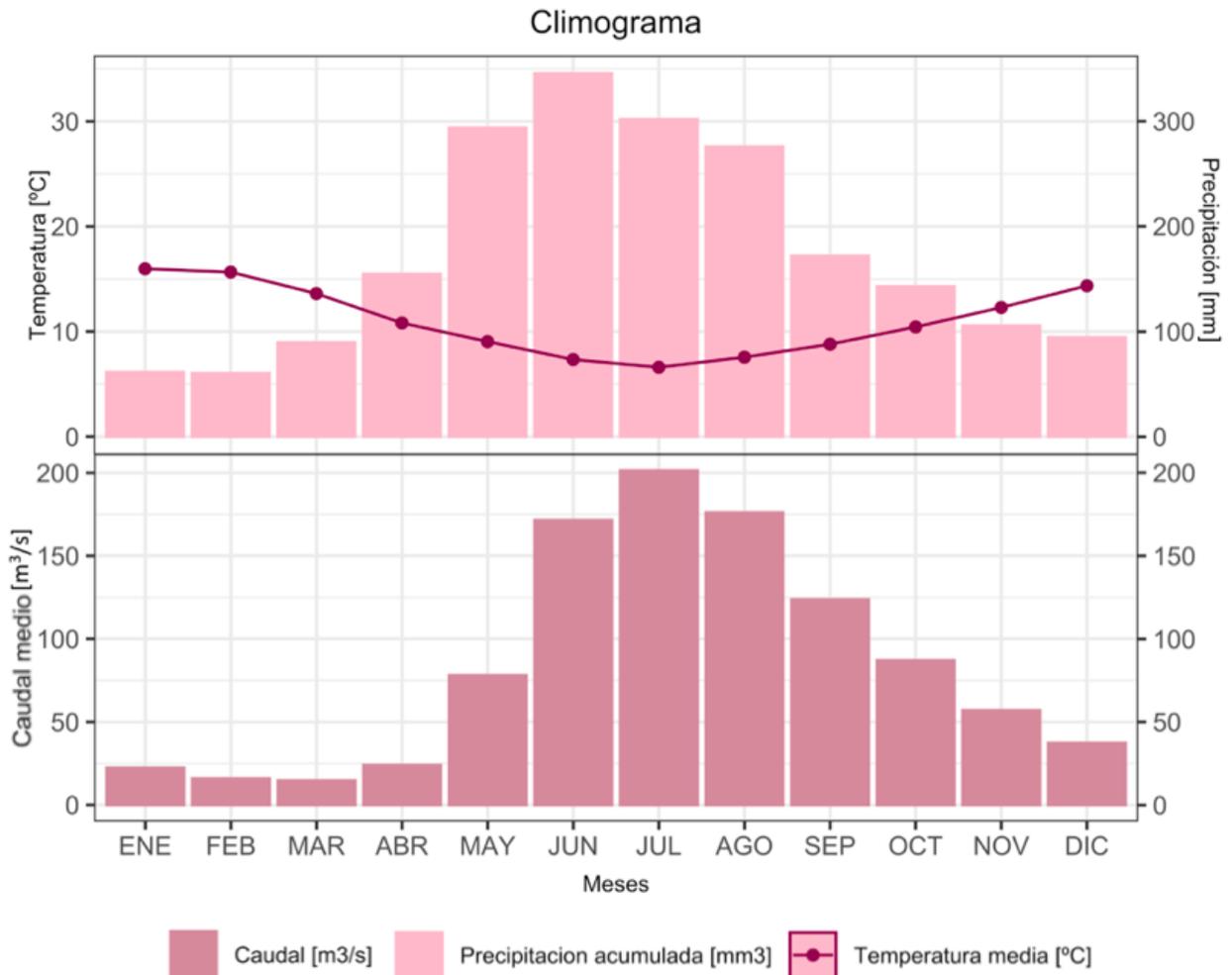


Figura 142: Climograma de la cuenca del Río Cruces en Rucaco, en la figura superior se presenta el promedio de la temperatura mensual el periodo de información va desde y se presenta la precipitación acumulada mensual, el periodo de información va desde. En la figura inferior se presenta el promedio de los caudales mensuales, el periodo de información va desde (FUENTE: CAMELS -CL)

Análisis de tendencia histórico de forzantes hidroclimáticas

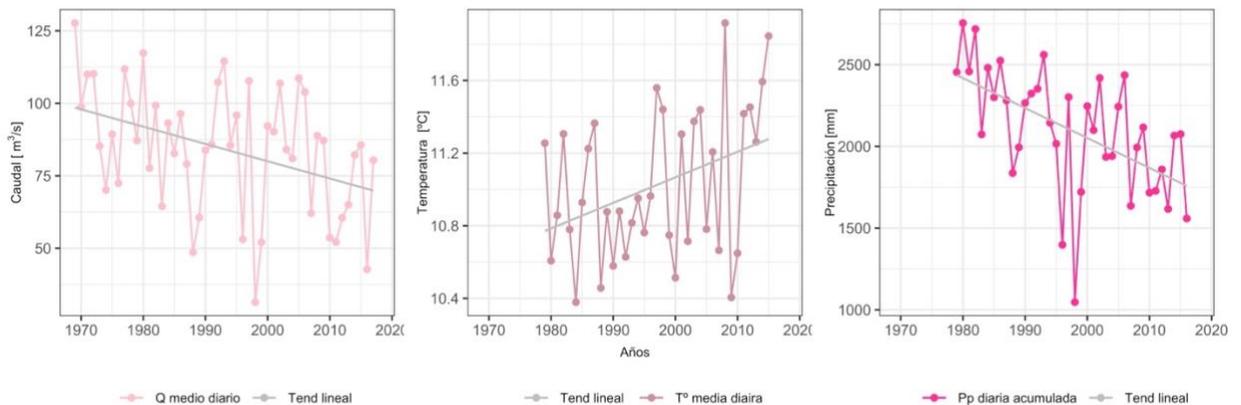


Figura 143: Análisis de tendencia de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Río Cruces en Rucaco según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 1969 a 2018. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 1979 a 2016. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 1979 a 2016. Se

presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos(Fuente: CAMELS-CL)

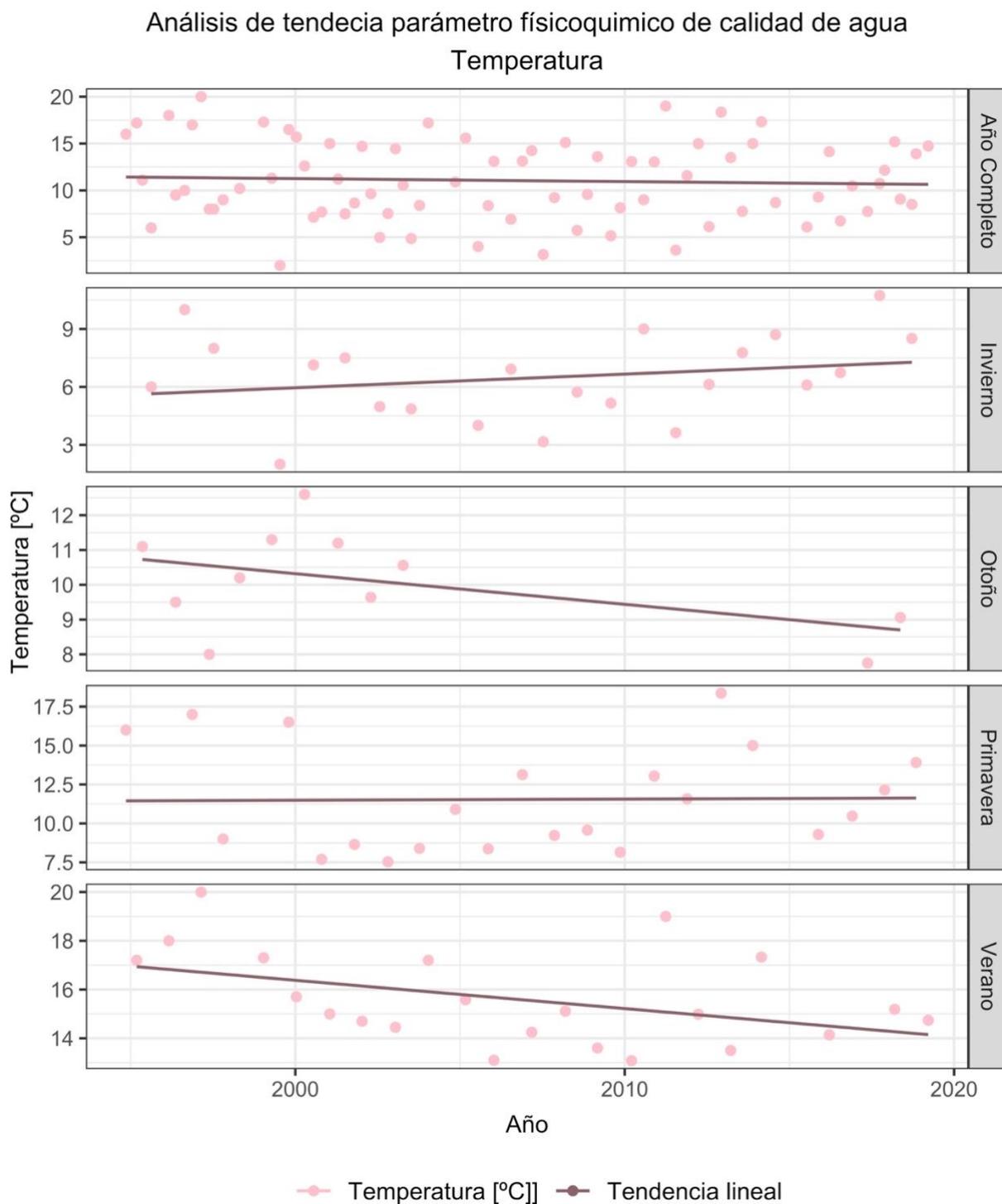


Figura 144: Análisis de tendencia de concentración de bicarbonato para la cuenca cuenca Río Cruces en Rucaco. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $5,547e-09$, invierno: $-5,852e-09$, otoño: $1,722e-08$, primavera: $2,867e-09$ y verano: $2,260e-09$. Años de información desde 1987 a 2006 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia parámetro físicoquímico de calidad de agua Magnesio Disuelto

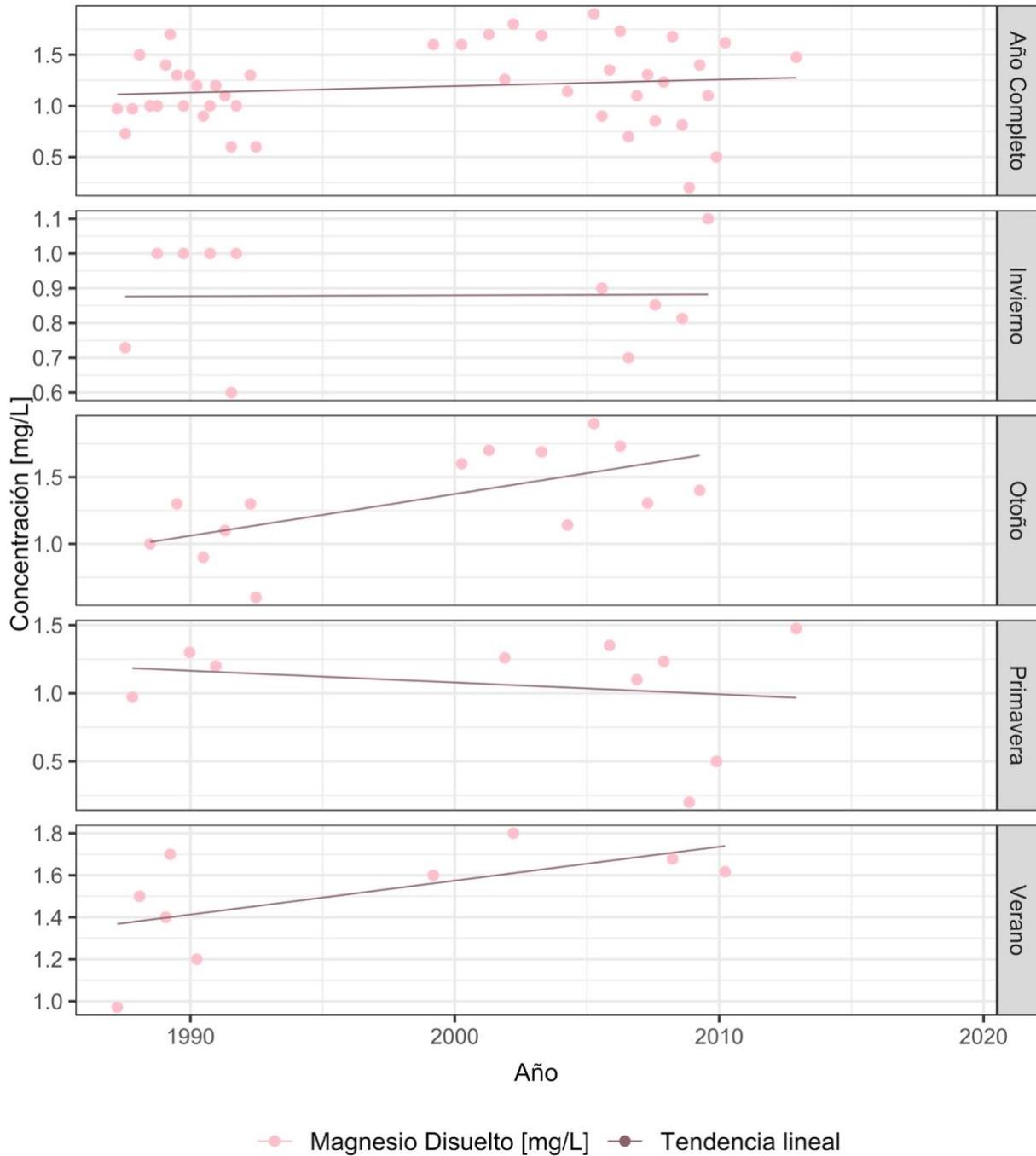


Figura 145: Análisis de tendencia de concentración de magnesio disuelto para la cuenca Río Cruces en Rucaco. Corresponde a datos puntuales de concentración. Se presenta la tendencia lineal por estación meteorológica del año entre concentración y tiempo, las pendientes de estas tendencias son para año completo: $2,018e-10$, invierno: $8,761e-12$, otoño: $9,886e-10$, primavera: $-2,737e-10$ y verano: $5,122e-10$. Años de información desde 1987 a 2012 (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático
IPSL

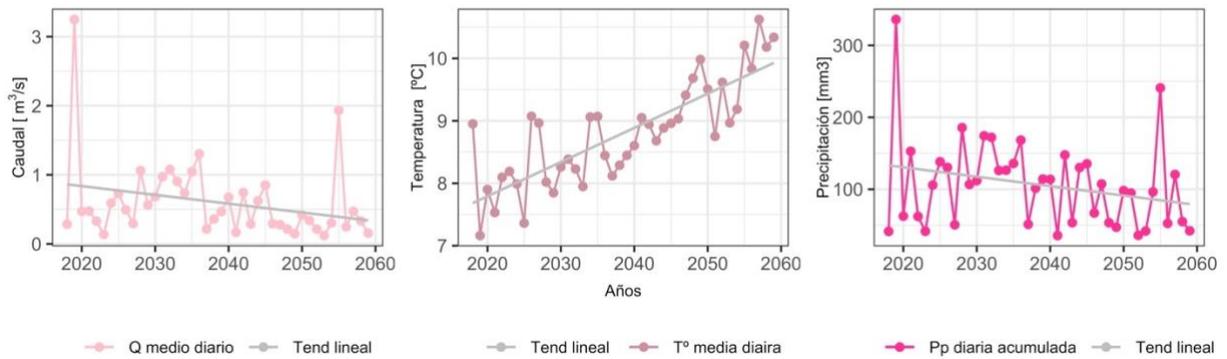


Figura 146: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo CSIRO de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Río Cruces en Rucaco según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060.. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático
IPSL

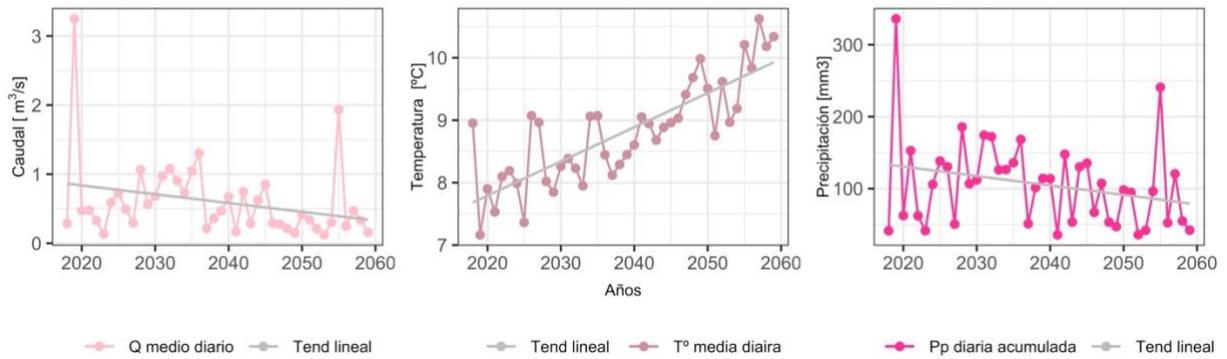


Figura 147: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo IPSL de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Río Cruces en Rucaco según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060.. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)

Análisis de tendencia de factores hidroclimáticos con proyecciones de cambio climático
IPSL

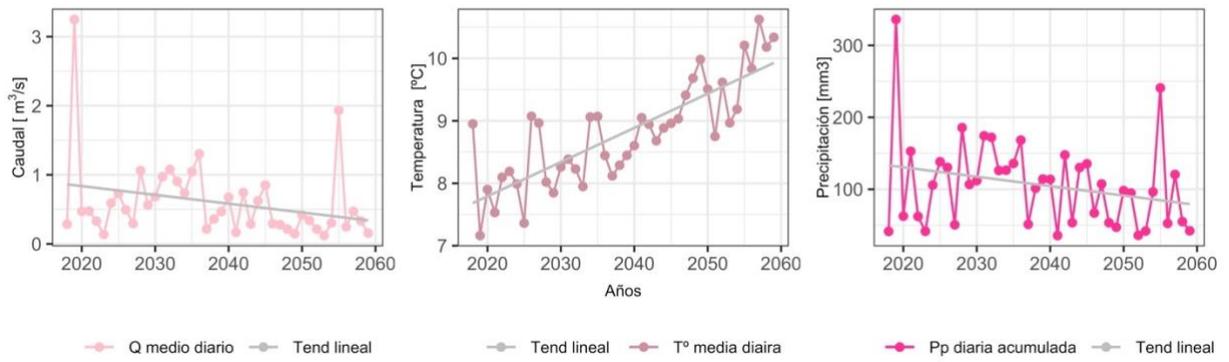


Figura 148: Análisis de tendencia de las proyecciones modelo MIROC de forzantes hidroclimáticas para la cuenca Río Cruces en Rucaco según año hidrológico (marzo a febrero). Promedio anual del caudal medio, información disponible desde 2018 a 2060. Promedio anual del temperatura medio, información disponible desde 2018 a 2060.. Precipitación diaria acumulada del año información disponible desde 2018 a 2060. Se presenta la tendencia lineal entre forzante hidroclimático a través de los años para cada uno de los gráficos. (Fuente: DGA)