

Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias

---

**PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL  
ACTUALIZADO DEL HUMEDAL DEL RÍO CRUCES Y SUS  
RÍOS TRIBUTARIOS: 2015-2020**

**INFORME FINAL CONSOLIDADO**

**NOVIEMBRE 2020**

---

Dirección · Campus Isla Teja · Valdivia · Chile

Casilla 567 · Fono: 56 63 221347 / email: [fciencia@uach.cl](mailto:fciencia@uach.cl) · [www.uach.cl](http://www.uach.cl)

## ÍNDICE

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>5</b>
<b>3. ANÁLISIS DE DATOS AMBIENTALES DE LARGO PLAZO</b>	<b>7</b>
<b>3.1. Antecedentes climáticos del área de estudio</b>	<b>7</b>
<b>3.2. Objetivos</b>	<b>7</b>
<b>3.3. Material y métodos</b>	<b>8</b>
<b>3.3.1. Recopilación de datos históricos</b>	<b>8</b>
<b>3.3.2. Análisis de temperatura mínima del aire, precipitaciones, caudal hídrico y del espejo de agua</b>	<b>8</b>
<b>3.4. Resultados</b>	<b>10</b>
<b>3.4.1. Temperatura mínima del aire</b>	<b>10</b>
<b>3.4.2. Precipitaciones</b>	<b>15</b>
<b>3.4.3. Caudal hídrico del río Cruces</b>	<b>23</b>
<b>3.4.4. Nivel del espejo de agua</b>	<b>28</b>
<b>3.5. Conclusiones</b>	<b>33</b>
<b>3.6. Referencias</b>	<b>35</b>
<b>4. COMPONENTES DEL PROGRAMA</b>	<b>36</b>
<b>4.1. COMPONENTES ABIÓTICOS</b>	<b>36</b>
<b>4.1.1. CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL</b>	<b>36</b>
<b>4.1.1.1. Objetivos</b>	<b>36</b>
<b>4.1.1.2. Material y métodos</b>	<b>37</b>
<b>4.1.1.3. Resultados</b>	<b>43</b>
<b>4.1.1.3.1. Estadística univariada</b>	<b>43</b>
<b>4.1.1.3.2. Estadística multivariada y de tendencias</b>	<b>124</b>
<b>4.1.1.3.3. Comparaciones con normas chilenas</b>	<b>131</b>
<b>4.1.1.4. Conclusiones más relevantes</b>	<b>142</b>
<b>4.1.1.5. Referencias</b>	<b>144</b>
<b>4.1.2. CALIDAD DEL SEDIMENTO</b>	<b>301</b>
<b>4.1.2.1. Objetivos</b>	<b>301</b>
<b>4.1.2.2. Material y métodos</b>	<b>301</b>
<b>4.1.2.3. Resultados</b>	<b>306</b>
<b>4.1.2.3.1. Estadística univariada</b>	<b>306</b>
<b>4.1.2.3.2. Estadística multivariada y de tendencias</b>	<b>353</b>
<b>4.1.2.4. Conclusiones</b>	<b>357</b>
<b>4.1.2.5. Referencias</b>	<b>359</b>
<b>4.2. COMPONENTES BIOLÓGICOS</b>	<b>412</b>



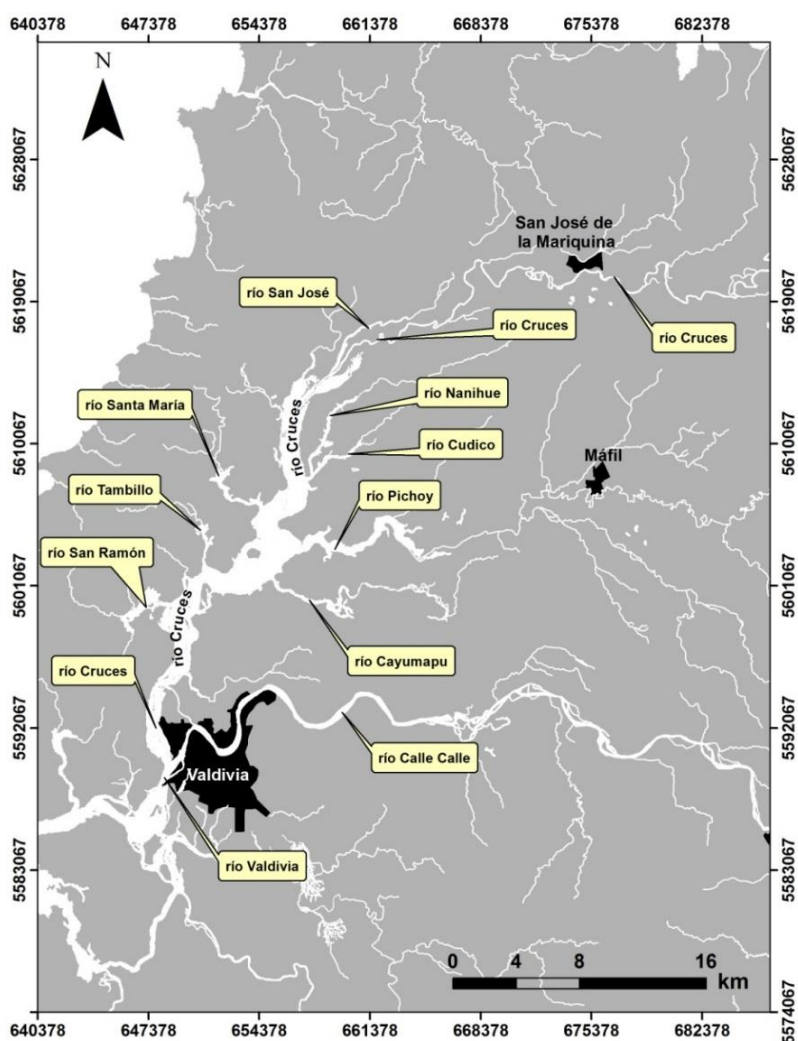
<b>4.2.1. MACRÓFITAS ACUÁTICAS</b>	
4.2.1.1. Análisis espacio-temporal de la cobertura de macrófitas acuáticas y calidad del agua mediante sensores remotos	412
4.2.1.1.1. Antecedentes	412
4.2.1.1.2. Objetivos	414
4.2.1.1.3. Material y métodos	415
4.2.1.1.4. Resultados	430
4.2.1.1.5. Conclusiones	466
4.2.1.1.6. Referencias	468
<b>4.2.2. MACROINFAUNA DE FONDOS SEDIMENTARIOS</b>	471
4.2.2.1. Antecedentes	471
4.2.2.2. Objetivos	472
4.2.2.3. Material y métodos	472
4.2.2.4. Resultados	476
4.2.2.5. Conclusiones	531
4.2.2.6. Referencias	533
<b>4.2.3. MACROFAUNA DE FONDOS RITRALES</b>	565
4.2.3.1. Antecedentes	565
4.2.3.2. Objetivos	566
4.2.3.3. Material y métodos	566
4.2.3.4. Resultados	570
4.2.3.5. Conclusiones	584
4.2.3.6. Referencias	584
<b>4.2.4. FAUNA DE CAMARONES</b>	586
4.2.4.1. Antecedentes	586
4.2.4.2. Objetivos	588
4.2.4.3. Material y métodos	588
4.2.4.4. Resultados	592
4.2.4.5. Conclusiones más relevantes	629
4.2.4.6. Referencias	631
<b>4.2.5. ICTIOFAUNA</b>	633
4.2.5.1. Antecedentes	633
4.2.5.2. Objetivos	636
4.2.5.3. Material y métodos	636
4.2.5.4. Resultados	642
4.2.5.4.1. Estudios comunitarios y poblacionales	642
4.2.5.4.2. Elementos y compuestos químicos en <i>Galaxias maculatus</i>	666
4.2.5.4.3. Estado sanitario y análisis histopatológicos de puyes	696
4.2.5.5. Conclusiones	714

4.2.5.6. Referencias	717	
<b>4.2.6. HERPETOFAUNA</b>	<b>721</b>	
4.2.6.1. Antecedentes	721	
4.2.6.2. Objetivos	724	
4.2.6.3. Material y métodos	724	
4.2.6.4. Resultados	729	
4.2.6.5. Conclusiones	745	
4.2.6.6. Referencias	746	
<b>4.2.7. AVIFAUNA</b>	<b>748</b>	
4.2.7.1. Avifauna acuática		748
4.2.7.1.1. Antecedentes	748	
4.2.7.1.2. Objetivos	748	
4.2.7.1.3. Material y métodos	749	
4.2.7.1.4. Resultados	754	
4.2.7.1.5. Conclusiones	784	
4.2.7.2. Elementos y compuestos químicos en Garza blanca grande ( <i>Casmerodius albus</i> )		785
4.2.7.2.1. Antecedentes	785	
4.2.7.2.2. Objetivos	786	
4.2.7.2.3. Material y métodos	786	
4.2.7.2.4. Resultados	788	
4.2.7.2.5. Conclusiones más relevantes	817	
4.2.7.3. Composición de la comunidad, condición corporal y eficacia biológica de la avifauna de las riberas		818
4.2.7.3.1. Antecedentes	818	
4.2.7.3.2. Objetivos	819	
4.2.7.3.3. Material y métodos	819	
4.2.7.3.4. Resultados	825	
4.2.7.3.5. Discusión general	841	
4.2.7.3.6. Conclusiones	843	
4.2.7.3.7. Referencias	844	
<b>4.2.8. MAMIFEROS ACUATICOS</b>	<b>847</b>	
4.2.8.1. Antecedentes	847	
4.2.8.2. Objetivos	847	
4.2.8.3. Material y métodos	848	
4.2.8.4. Resultados	851	
4.2.8.5. Conclusiones	856	
4.2.8.6. Referencias	857	

<b>4.3. ANÁLISIS COMPARATIVOS DE DATOS OBTENIDOS EN PROGRAMAS DE DIAGNÓSTICO Y MONITOREO CON ESTUDIOS PREVIOS DE RIESGO ECOLÓGICO</b>	<b>871</b>
4.3.1. Antecedentes	871
4.3.2. Objetivos	872
4.3.3. Material y métodos	872
4.3.4. Resultados	886
4.3.5. Conclusiones	908
4.3.6. Referencias	908
<b>4.4. CAMBIOS DE USO DEL SUELO</b>	<b>909</b>
4.4.1. Antecedentes	909
4.4.2. Objetivos	910
4.4.3. Material y métodos	910
4.4.4. Resultados	913
4.4.5. Conclusiones	943
<b>4.5. CONOCIMIENTO ECOLÓGICO LOCAL</b>	<b>945</b>
4.5.1. Antecedentes	945
4.5.2. Objetivos	945
4.5.3. Material y métodos	946
4.5.4. Resultados	948
4.5.5. Evaluación del programa	955
<b>5. CONCLUSIONES, AMENAZAS O ADVERTENCIAS Y PERSPECTIVAS</b>	<b>959</b>
5.1. Síntesis de conclusiones	959
5.1.1. Agua, macrófitas acuáticas y avifauna acuática herbívora	959
5.1.2. Síntesis de conclusiones referidas a otros estudios	971
5.2. Amenazas o Advertencias	978
5.3. Perspectivas	982
5.4. Referencias	983
<b>6. EQUIPO DE TRABAJO</b>	<b>984</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante el periodo invierno - primavera del año 2004, ocurrieron en el humedal del río Cruces (en adelante HRC) y sus ríos tributarios (Fig. 1) cambios ambientales significativos, incluyendo entre otros la mortandad por causas desconocidas y emigración de la población del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y la reducción significativa en la cobertura de la macrófita acuática Luchecillo (*Egeria densa*), planta que, hasta antes del año 2004 era la fuente primaria de alimento de los cisnes en este humedal.



**Figura 1.** Ubicación del humedal del río Cruces (HRC) y los ríos tributarios de mayor importancia por su volumen hídrico.

Como consecuencia de lo anterior y en base a resultados de estudios realizados por la Universidad Austral de Chile, el Consejo de Defensa del Estado inició un juicio en contra de Celulosa Arauco y Constitución, cuya planta Valdivia fue sindicada como la responsable de los cambios ambientales anteriormente mencionados.

Con fecha 27 de julio de 2013, y como resultado del proceso judicial, la Jueza del Primer Juzgado Civil de Valdivia, Doña Gloria Hidalgo dictó sentencia en contra de Arauco indicando entre otras, la implementación de una serie de medidas entre las que se encuentra la de ***“Realizar un programa de monitoreo medio ambiental por parte de la empresa demandada, constante y por un período no inferior a cinco años, el que deberá efectuarse de acuerdo a las condiciones de calificación ambiental establecidas en la RCA 279/98 y sus modificaciones posteriores, por los organismos competentes, sin perjuicio de lo que éstos ordenen o hayan ordenado”***.

Por otra parte, Arauco en acuerdo con el Consejo de Defensa del Estado (CDE) conformó el 26 de noviembre del 2013 un Consejo Científico Social (en adelante CCS), cuyo objetivo fue realizar sugerencias y orientaciones a las medidas dictadas por la sentencia judicial anteriormente señalada.

Como ya se mencionó, una de estas medidas corresponde a la realización de un monitoreo medio ambiental del HRC y para lo cual el CCS encargó a la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile (UACH), el diseño de una propuesta para dar cumplimiento a esta parte de la sentencia, considerando una serie de orientaciones para el diseño de ese monitoreo (ver Tabla siguiente).

## ORIENTACIONES GENERALES PARA EL MONITOREO (medida 3)

TEMA	DEFINICIÓN
<b>Área de estudio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Río + Santuario + Estuario (incluyendo los tributarios o afluentes. Importante acotar la cuenca a la zona de interacción).</li> </ul>
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aportar información de calidad de manera sistemática, capaz de identificar efectos agudos y crónicos, que contribuya a la preservación y restauración del humedal.</li> </ul>
<b>Componentes</b> (incluyendo las interacciones entre ellos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad del agua</li> <li>Calidad de sedimentos</li> <li>Estado de Fauna</li> <li>Estado de Flora</li> </ul>
<b>Metodología</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar con metodologías propias del estado del arte, reconocidas y actualizadas.</li> <li>Considerar laboratorios acreditados.</li> <li>Considerar la metodología de Evaluación de Riesgos.</li> <li>Considerar todos los estudios diagnósticos y otros informes de monitoreo existentes para el ecosistema (UACH, CONAF, DGA, Gobernación marítima, SISS, Monitoreo RCA Planta de Celulosa, Norma Secundaria Calidad Ambiental, entre otros).</li> <li>Considerar la participación de la comunidad y su conocimiento ecológico local en el diseño y la implementación del monitoreo.</li> <li>Considerar el Diagnóstico como referencia para el diseño del sistema de monitoreo.</li> <li>Considerar algún procedimiento de re-diseño del monitoreo (diseño adaptativo) en función de los resultados del diagnóstico inicial y del monitoreo en el tiempo.</li> </ul>
<b>Usos de la información</b> obtenida por el monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>El monitoreo debe tener instancias de evaluación de los datos y de difusión pública de los resultados. Se espera que sus conclusiones puedan, además de describir el estado del humedal, proponer cursos de acción que contribuyan al objetivo de preservar y restaurar.</li> <li>La información del monitoreo (datos e interpretación de ellos) será entregada al “Centro de Investigación de Humedales” y será de carácter pública.</li> </ul>

<b>Entidad Técnica</b> responsable del Pre-Diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile. Se sugiere que la Facultad considere la incorporación de otros actores como complemento en su propuesta de pre-diseño.</li> </ul>
--	---

En base a las orientaciones indicadas en la Tabla anterior, la Facultad de Ciencias de la UACH, en conjunto con investigadores de la Universidad de Concepción y la Universidad Santo Tomás, sede Santiago, preparó una propuesta preliminar de Programa de Monitoreo Ambiental a ejecutarse en un plazo de cinco años (2015-2020) y que fue aceptada en marzo del año 2014 por el CCS. Cabe señalar que en esa propuesta se mencionaba lo siguiente:

*“No obstante lo anterior, es necesario señalar que el programa de monitoreo que aquí se propone, deberá ser revisado y re-evaluado acorde los resultados del Programa de Diagnóstico sugerido para el mismo humedal. Acorde a tal revisión, podría ser el caso, por ejemplo, que el tipo de variable a analizar y el número de estaciones a muestrear aquí sugerido tenga modificaciones. Podría ser también, que haya que agregar aspectos no incluidos en las variables que se indican en la Tabla 1”.*

Los resultados obtenidos del Programa de Diagnóstico Ambiental llevaron al equipo de trabajo del Programa de Monitoreo a actualizar ese Programa preliminar y transformarlo en el Programa Actualizado de Monitoreo. Entre los aspectos que se actualizaron (*i.e.*, no incluidos en la propuesta original de marzo 2014) destacan los siguientes:

- El estudio de las macrófitas o plantas acuáticas llevado a cabo durante el Programa de Diagnóstico Ambiental, evidenció la presencia en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, de la planta nativa de vastas regiones de América del Sur *Sagittaria montevidensis* o Flecha de agua. En muchos de estos lugares, esta planta ocupó vastas áreas donde originalmente se encontraba el Luchecillo, planta que era consumida preferentemente por aves herbívoras en el humedal, tales como cisnes y taguas. Quedó la duda si la Flecha de agua tendría o no un rol como alimento relevante para esas aves herbívoras del humedal; por lo tanto, fue necesario incluir, como parte del

mismo, el monitoreo de la distribución y expansión de *S. montevidensis* y su eventual efecto sobre otras macrófitas acuáticas en el área.

- La variedad de macrófitas acuáticas en las riberas del área de estudio es tal, que fue necesario aumentar la frecuencia de muestreos periódicos a fin de evaluar eventuales cambios en la riqueza de especies y distribución espacial de esas plantas. Se hizo necesario también aumentar la cobertura del área a monitorear para este componente biológico, aspecto del cual se hace cargo este Programa Actualizado de Monitoreo.
- Análisis de Dioxinas y Furanos realizados en Inglaterra durante el Programa de Diagnóstico Ambiental, mostraron la presencia de estos compuestos en muestras de músculos en cuatro garzas (*Ardea alba* o Garza blanca grande) analizadas durante marzo del año 2015. Debido a esto, se incluyó en el Programa de Monitoreo Actualizado, el estudio anual de elementos y compuestos químicos en *Ardea alba*.

**Nota:** lo anterior resalta la importancia del concepto de Monitoreo Adaptativo, es decir un monitoreo que se va actualizando, acorde por ejemplo a la aparición de fenómenos no observados al comienzo del mismo o a la variabilidad espacio – temporal de variables físicas y/o biológicas que van más allá de lo que hasta ese momento se conoce. Debido a lo anterior, se evaluarán continuamente los resultados del presente Programa de Monitoreo, a fin de analizar la eventual necesidad de realizar cambios o modificaciones tendientes a captar el tipo de variabilidad anteriormente mencionada.

Con las modificaciones anteriormente señaladas se dio inicio durante abril del año 2015 al primer año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC.

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC diseñado para el período 2014-2020 fueron:

- Evaluar la variabilidad espacio - temporal del componente abiótico y biótico que dé cuenta del estado actual del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.



- Integrar los resultados de este programa de monitoreo con los de otros programas en ejecución en el área de estudio y cuya modalidad de recolección de datos y análisis, sean similares a los de este programa.
- Integrar el conocimiento ecológico local con los estudios de los componentes abióticos y bióticos del medio acuático, a fin de integrar diferentes actores en el seguimiento del estado ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Este Informe corresponde al quinto año y final del Programa de Monitoreo Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y que fuera diseñado en el año 2014, en base a las orientaciones del CCS (Consejo Científico Social), entidad que se organizó para implementar las medidas señaladas en la resolución de fecha 27 de julio de 2013, emanada por la Jueza del Primer Juzgado Civil de Valdivia, Doña Gloria Hidalgo. En este Informe se integran los resultados del Año 5 o Quinto Año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC, con los resultados emanados de los informes correspondiente a los años anteriores del mismo, como así también con los resultantes - cuando corresponde - del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (ver períodos de ambos programas en Tabla siguiente).

año	período
<b>Programa de Diagnóstico</b>	abril 2014 - marzo 2015
<b>Programa de Monitoreo</b>	
Año 1 o Primer año	abril 2015 - marzo 2016
Año 2 o Segundo Año	abril 2016 - marzo 2017
Año 3 o Tercer Año	abril 2017 - marzo 2018
Año 4 o Cuarto Año	abril 2018- marzo 2019
Año 5 o Quinto Año	abril 2019 - marzo 2020

### **3. ANALISIS DE DATOS AMBIENTALES DE LARGO PLAZO**

#### **3.1. Antecedentes climáticos del área de estudio**

La zona de Valdivia posee un clima templado lluvioso con influencia mediterránea; según Köppen en Koepppe & de Long (1958) del tipo Cfb (C=clima templado, f=húmedo, b=mes más cálido inferior a 20°C). Las precipitaciones fluctúan entre 1.300 y 3.500 mm al año (datos 1900 – 2019, presente estudio), con importantes fluctuaciones entre años originados por el paso de sistemas frontales. Entre mayo y agosto se concentra entre el 60 al 70% de las precipitaciones del año, siendo junio y julio los meses más lluviosos con precipitaciones que pueden superar los 400 mm. enero y febrero son los meses más secos con precipitaciones inferiores a 60 mm. Para la zona de Valdivia, se han registrado eventos máximos diarios de precipitaciones superiores a 150 mm (Huber 1970) y, también se ha señalado una tendencia de disminución de largo plazo de las precipitaciones (Rusticucci & Penalba 2000, Quintana & Aceituno 2012, González-Reyes & Muñoz 2013).

La humedad relativa promedio anual del aire es cercana al 80%, aun cuando durante los meses de invierno esta puede superar el 90%, debido a la alta pluviosidad de la zona (Dirección Meteorológica de Chile).

La temperatura promedio anual del aire bordea los 12°C. La oscilación promedio entre el mes más cálido y el más frío, es de aproximadamente 10°C. Enero y julio son los meses más cálidos y fríos respectivamente, con temperaturas promedio cercanas a los 17 y 7°C, correspondientemente (Huber 1970). La temperatura máxima absoluta del aire es cercana a 35°C y la mínima -5°C. Las heladas que se registran en la zona, se producen principalmente durante noches despejadas de los meses de invierno.

#### **3.2. Objetivos**

- Actualizar la información existente relacionada a las características climáticas, hidrológicas y ambientales del área donde se inserta el Humedal del Río Cruces (HRC) y sus ríos tributarios a diciembre de 2019.
- Identificar eventuales tendencias de largo plazo en esas características.

### **3.3. Material y métodos**

#### **3.3.1. Recopilación de datos históricos**

En este capítulo se analizan datos históricos relacionados a la climatología (precipitaciones y temperatura mínima del aire) e hidrología (nivel del espejo de agua y caudal hídrico del río Cruces), en el área donde se ubica el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Estos análisis incorporan los últimos sesenta años. Se incluye también un análisis comparativo de la variabilidad temporal de las precipitaciones, con la altura del espejo de agua y el caudal del río Cruces en Rucaco durante el período 1970-2019.

La Tabla 3.1 muestra los tipos de datos ambientales recopilados y sistematizados, así como la identificación de las fuentes de origen de los mismos.

#### **3.3.2. Análisis de temperatura mínima del aire, precipitaciones, caudal hídrico y nivel del espejo de agua**

Se analizó a nivel mensual y anual el registro histórico de la temperatura del aire (°C) y precipitaciones (mm) entre 1960 y 2019. Desde 1960 a 2010 los datos provienen de la estación meteorológica del ex - Instituto de Geociencias ubicado en el campus Isla Teja y, desde el 1 de enero de 2011 al 31 de diciembre de 2019 la información proviene desde la estación meteorológica de la UACH ubicada en el Fundo Santa Rosa (39°47'18.28''S y 73°14'4.97''W), que se encuentra integrada a la red de estaciones agro meteorológicas dependientes del INIA.

Los datos de caudales hídricos y altura del espejo de agua cubren el período 1970-2019 y 2000 - 2019, respectivamente, y provienen de la Dirección General de Aguas (DGA), específicamente de la estación hidrológica localizada en el río Cruces, sector Rucaco.

**Tabla 3.1.** Catastro de fuentes de datos para realizar los análisis meteorológicos e hidrográficos. UACH: Universidad Austral de Chile, DMC: Dirección Meteorológica de Chile y DGA: Dirección General de Aguas.

tema	parámetro	fuente	estación	período	
				inicio	fin
<b>Meteorología e hidrografía</b>	<b>Precipitaciones</b>	UACH	Campus Isla Teja	1 ene 1960	31 dic 2010
			Fundo Santa Rosa (UACH)	1 may 2015	31 dic 2019
		DMC	Aeropuerto Pichoy	1 ene 2011	30 abr 2015
	<b>Temperatura del aire</b>	UACH	Campus Isla Teja	1 ene 1960	31 dic 2010
			Fundo Santa Rosa (UACH)	1 ene 2011	31 dic 2019
	<b>Caudal río Cruces</b>	DGA	Rucaco	1 ene 1969	31 dic 2019
<b>Nivel de agua</b>	DGA	Rucaco	1 ene 2000	31 dic 2019	

Los análisis se realizaron en R Core Team (2016). Para el caso específico de las series de tiempo se usaron las funciones *ts()*, *filter()* y *stl()* de la librería *stats*. La función *ts()* permite crear el objeto de la clase serie de tiempo y la función *stl()*, se usó para descomponer aditivamente las series mediante una regresión polinómica local (Loess). Loess es uno de varios métodos modernos de construcción de modelos basados en los clásicos, como la regresión lineal y regresión no lineal. Este método se basa en el cálculo de aproximaciones locales para cada uno de los datos de entrada  $x_t$ . Dichas aproximaciones son polinomios de grado muy bajo (un grado 2 suele ser más que suficiente) ajustados mediante mínimos cuadrados, y que sólo tienen en cuenta de forma ponderada los  $k$  datos más cercanos al dato  $x_t$  en que se calculan.

La descomposición aditiva de una serie de tiempo, se expresa de la siguiente forma:

$$x_t = T_t + S_t + \varepsilon_t$$

Donde,  $x_t$  es el valor observado,  $T_t$  es la tendencia y representa un movimiento suave a lo largo del tiempo que puede ser constante o variable,  $S_t$  es la estacionalidad y se supone una oscilación dependiente de la estación y,  $\varepsilon_t$  corresponde a un ruido blanco compuesto por variaciones aleatorias no explicadas por los componentes de tendencia y estacionalidad.

Para analizar la tendencia de la serie de datos observados como de las anomalías estandarizadas de la componente de tendencia ( $T_t$ ) originada desde la descomposición aditiva de la serie se usó la prueba de Mann-Kendall (Mann 1945, Kendall 1970). Las anomalías estandarizadas ( $z_t$ ) corresponden a desviaciones con respecto a la media ( $\bar{x}$ ), escaladas por la desviación estándar ( $sd_{x_t}$ ) de las observaciones ( $x_t$ ).

$$z_t = \frac{x_t - \bar{x}}{sd_{x_t}}$$

La finalidad de esta transformación fue remover la influencia de la posición y de la dispersión del conjunto de datos.

### **3.4. Resultados**

#### **3.4.1. Temperatura mínima del aire**

##### **Datos**

La serie diaria de temperaturas mínimas del aire comprende desde 1960 a 2019, pero es discontinua en los siguientes tramos: 1 agosto al 3 de septiembre de 1972, 1 de febrero al 18 de marzo, 12 de octubre al 31 de diciembre de 2011, 25 de febrero al 10 de abril del año 2014, 1 enero al 17 abril, 21 al 27 mayo y 5 al 8 junio 2015.

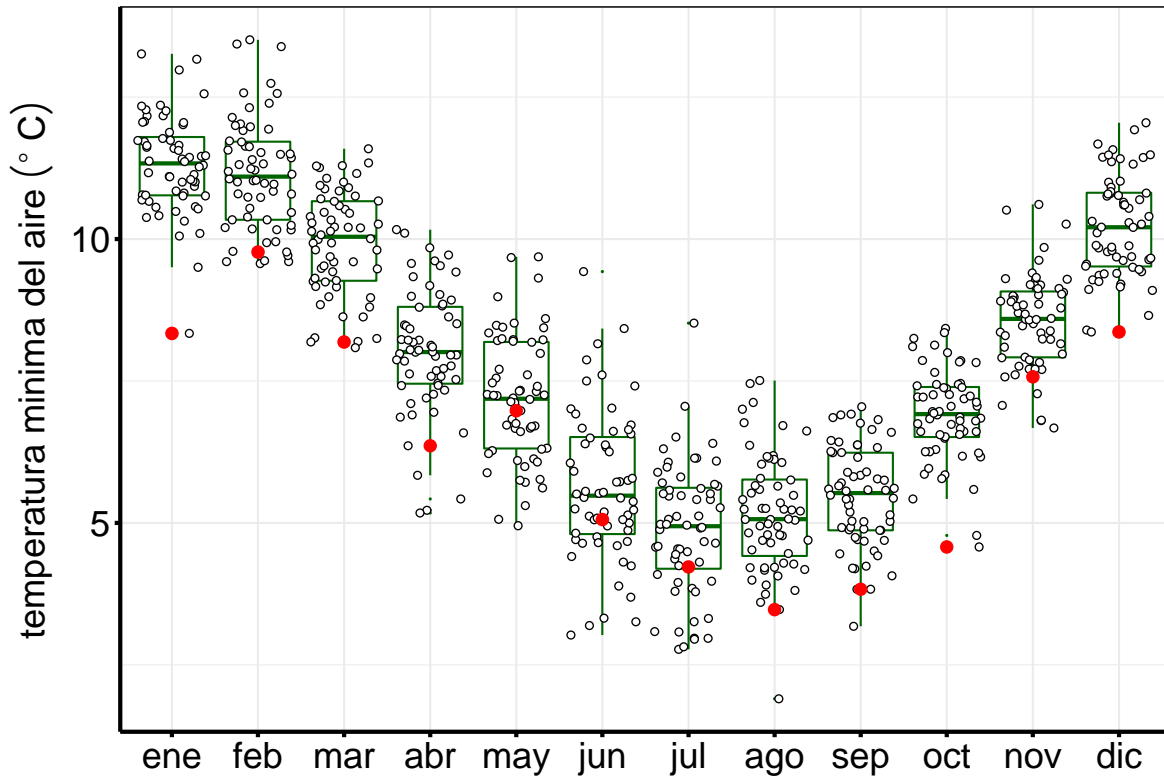
Los tramos de datos faltantes de la serie se completaron usando una distribución uniforme ( $U(a,b)$ ) con el objeto de no tener vacíos en la serie mensual. El supuesto subyacente es que el valor faltante se encuentra entre los valores ocurridos el mismo día-mes del año anterior ( $a$ ) y el mismo día-mes del año siguiente ( $b$ ).

### **Variabilidad histórica mensual**

Las temperaturas mínimas mensuales muestran el patrón típico estacional de la zona valdiviana. Durante la época estival (diciembre, enero y febrero) la media de la temperatura mínima del aire se ubica sobre los 10 °C. A partir de marzo se observa una disminución sostenida hasta el mes de julio, cuando alcanza su menor valor. A partir de agosto las temperaturas mínimas mensuales comienzan a ascender hasta ubicarse en diciembre por sobre el nivel de los 10 °C (Fig. 3.1).

### **Descomposición de la serie mensual**

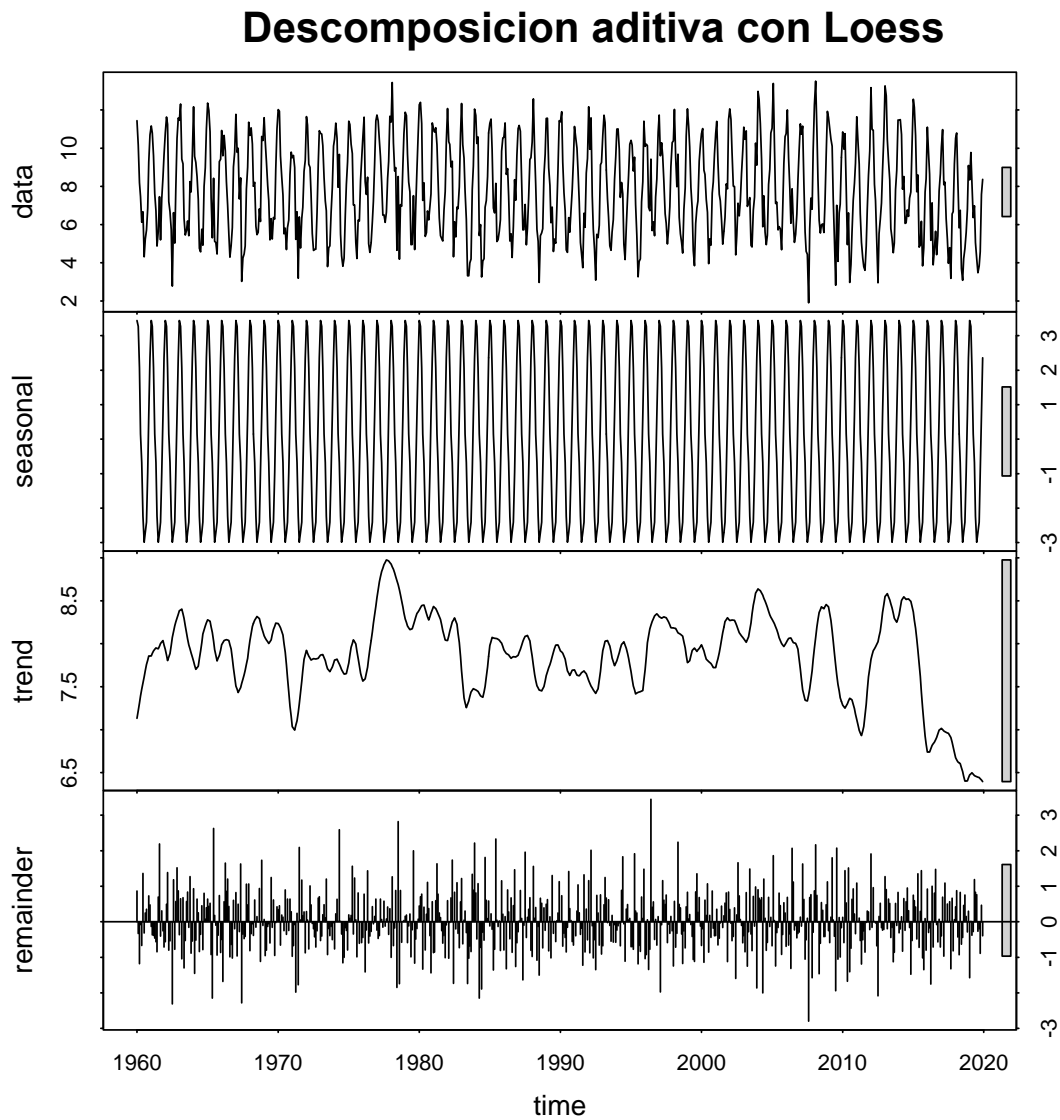
La descomposición aditiva de la serie mensual de temperaturas mínimas del aire mediante Loess (Local polynomial regression fitting), muestra claramente la componente estacional típica de la zona valdiviana y una tendencia no muy clara (Fig. 3.2).



**Figura 3.1.** Patrón estacional de las temperaturas mínimas del aire en Valdivia. Los círculos negros con fondo blanco indican los valores mensuales promedio desde enero de 1960 a diciembre del año 2018 y los puntos de color rojo indican el valor correspondiente al año 2019.

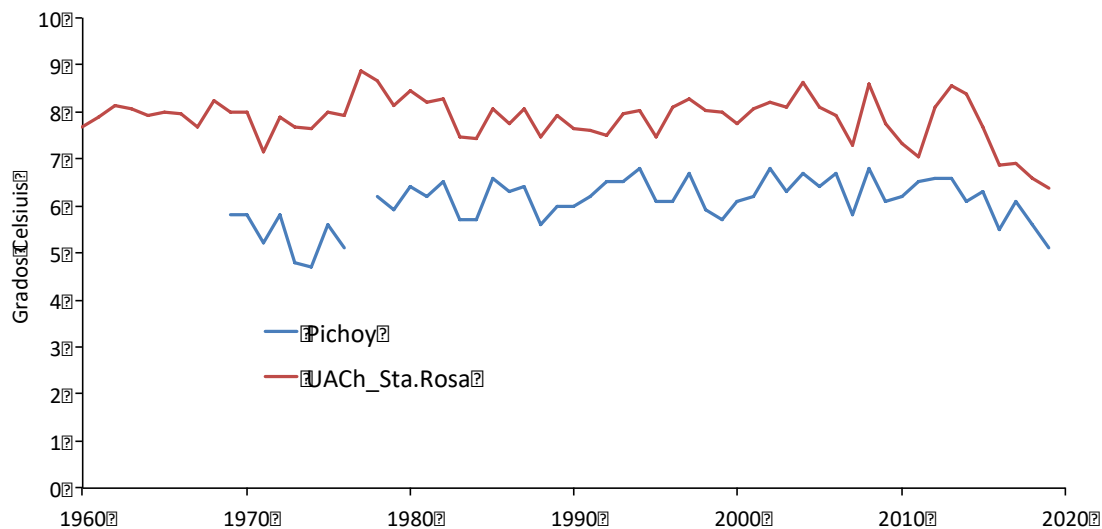
Sin embargo, la componente tendencia (trend) de la serie presenta períodos con temperaturas altas y otros donde predominan temperaturas menores. En los últimos años se observa una caída alcanzando el 2019 el valor mínimo de la serie (Fig. 3.2), la cual es coincidente con lo observado en la serie de temperaturas mínima del aire de la estación meteorológica del aeropuerto Pichoy de la DGAC (Fig.3.3).

El análisis de la componente de tendencia mediante un modelo lineal (Fig. 3.4 A), indica una tendencia suave de largo plazo ( $p\text{-value} = 1,054e-16$ ). La prueba de Mann-Kendall sobre las anomalías estandarizadas indica que existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de no tendencia ( $\tau = -0,097$   $p\text{-value} = 0,00064$ ), de manera que corrobora la tendencia suave de largo plazo detectada con el modelo lineal (Fig. 3.4 B).

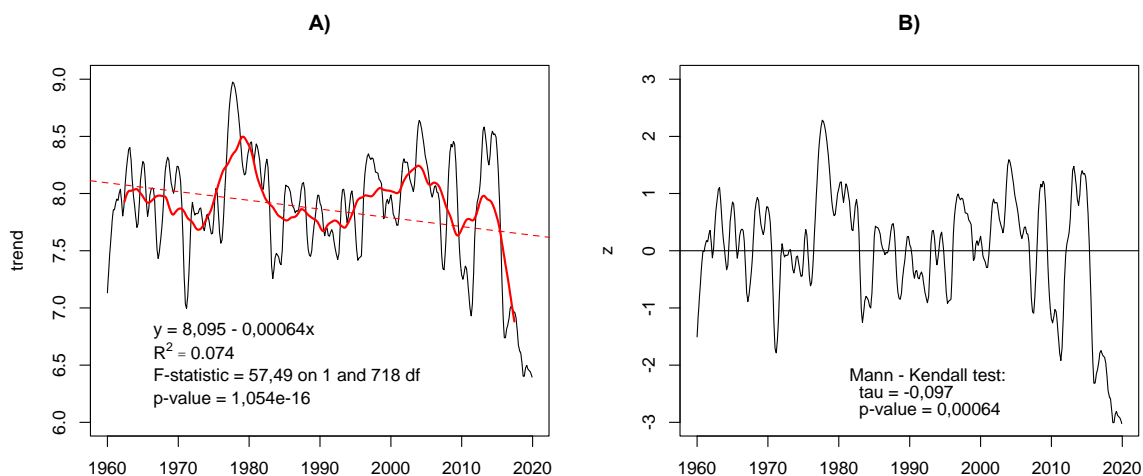


**Figura 3.2.** Descomposición aditiva con Loess de la serie de temperaturas mínimas del aire mensuales de la zona de Valdivia, desde enero de 1960 a diciembre de 2019.





**Figura 3.3.** Comparación de tendencias de las series de temperaturas mínimas del aire mensuales de la zona de Valdivia (UACH\_Sta. Rosa) y la observada en el aeropuerto Pichoy de la DGAC (Pichoy), entre enero de 1960 y diciembre de 2019.



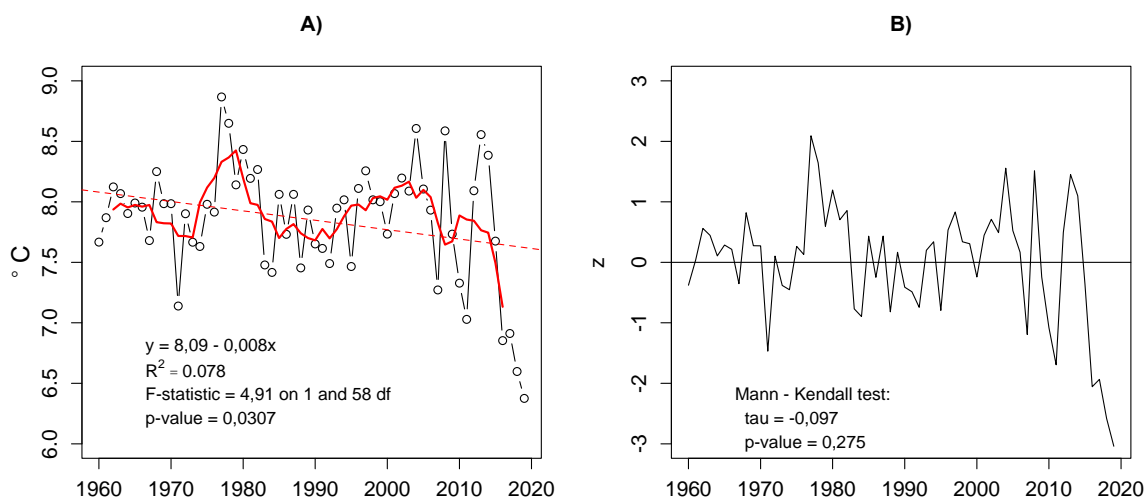
**Figura 3.4. A)** Componente de tendencia de las temperaturas mínimas mensuales en la zona de Valdivia desde 1960 a 2019, derivada de la descomposición por Loess. La línea roja continua indica el alisado de la serie para un periodo de 120 meses; la línea roja segmentada muestra el ajuste de un modelo lineal a la componente de tendencia.; **B)** Anomalías estandarizadas (z) de la componente de tendencia.

### Variabilidad histórica anual

El ajuste de un modelo lineal a la serie 1960 - 2019 indica que las temperaturas mínimas anuales presentan una tendencia suave decreciente (Fig. 3.5 A,  $p$ -value = 0,0307),

y la aplicación de la prueba de Mann-kendall a las anomalías estandarizadas (Fig. 3.5 B) indican que esta tendencia suave decreciente no es estadísticamente significativa para el período analizado ( $\tau = -0,097$ ,  $p\text{-value} = 0,275$ ).

Durante todo el período se observa una importante variabilidad interanual registrándose al menos 7 eventos de mínimas. Entre los años 2016 a 2019, se observa una tendencia decreciente continua con inviernos muy helados. En el último año se registra el menor valor de la serie mayor a 3 desviaciones estándar. Al igual que en la serie mensual se observan fluctuaciones u oscilaciones de mayor escala, con periodos que podrían abarcar entre 10 a 11 años.



**Figura 3.5. A)** Temperaturas mínimas anuales promedio en la zona de Valdivia desde 1960 a 2019. La línea roja continua indica el alisado de la serie para un promedio móvil de 5 años; la línea roja segmentada muestra el ajuste de un modelo lineal a la serie; **B)** Anomalías estandarizadas (z) de la tendencia.

### 3.4.2. Precipitaciones

#### Datos

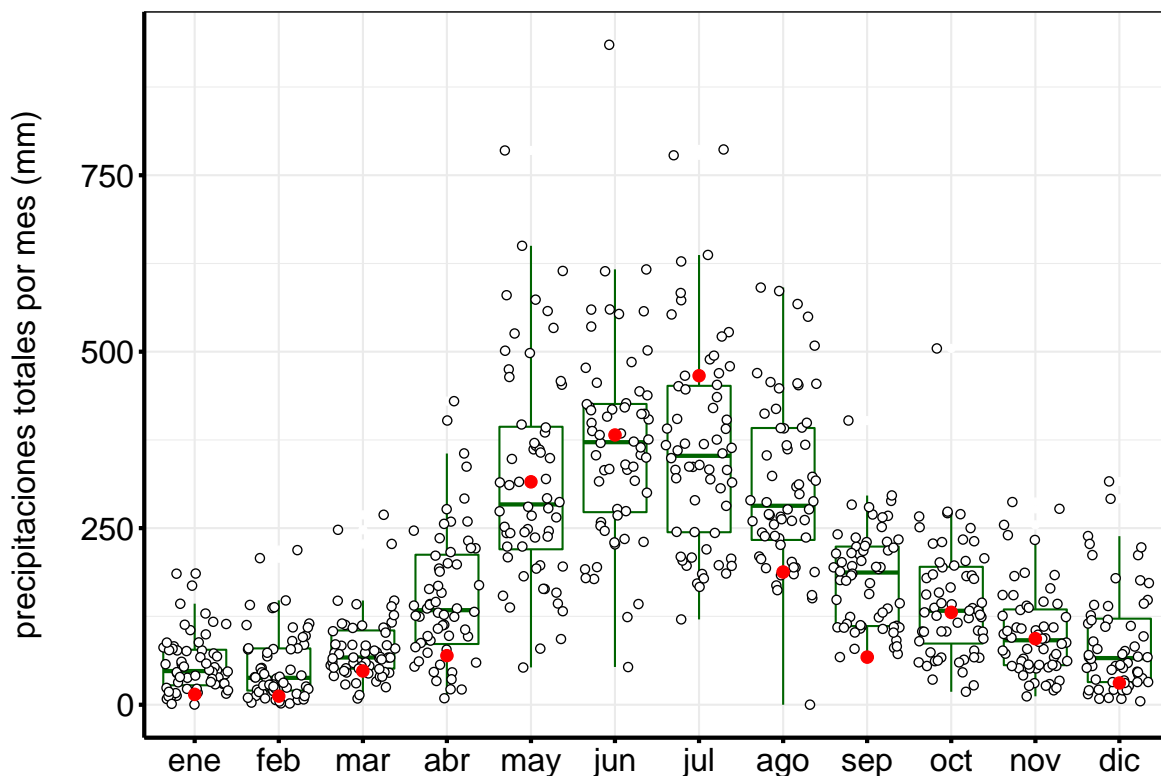
La serie de precipitaciones diarias comprende desde 1960 a 2019. Esta serie fue construida con datos de la estación Teja de la UCh (1960-2010). Entre el 1 enero de 2011 y 30 de abril del 2015 se usaron datos de precipitaciones diarias desde la Dirección Meteorológica de Chile, específicamente de la estación del Aeropuerto Pichoy, ubicada en

la parte norte del área de estudio ( $39^{\circ}39'03,96''S$ ;  $73^{\circ}04'54,12''W$ ) para completar la serie de la UACH y, desde 1 de mayo del año 2015 al presente se usaron los datos generados por la Estación Meteorológica Austral, ubicada en el fundo Santa Rosa de la UACH, sector Cabo Blanco, Valdivia; la cual se encuentra unida a la red de estaciones agrometeorológicas dependientes del INIA.

### **Variabilidad histórica mensual**

El patrón de precipitaciones mensuales derivada de la serie histórica, muestra un ciclo anual bien definido caracterizado por un máximo invernal y un período estival con un monto significativamente menor de lluvia, tal como ha sido descrito en trabajos anteriores (*e.g.* UACH 2014-2018; Reyes 1981; Huber 1970).

Entre enero y marzo existe un lapso de bajas precipitaciones asociadas a la estación de verano, cuyos montos promedios no superan los 85 mm mensuales (Fig. 3.5). A partir de abril comienza a manifestarse un aumento de las lluvias, para alcanzar entre junio y agosto el período de máximas precipitaciones, asociado evidentemente a la estación de invierno. En este patrón histórico, la tasa de cambio mensual en las precipitaciones aumenta a partir de abril; sin embargo, en algunos años, el período de bajas precipitaciones se ha extendido hasta abril (Fig. 3.5).

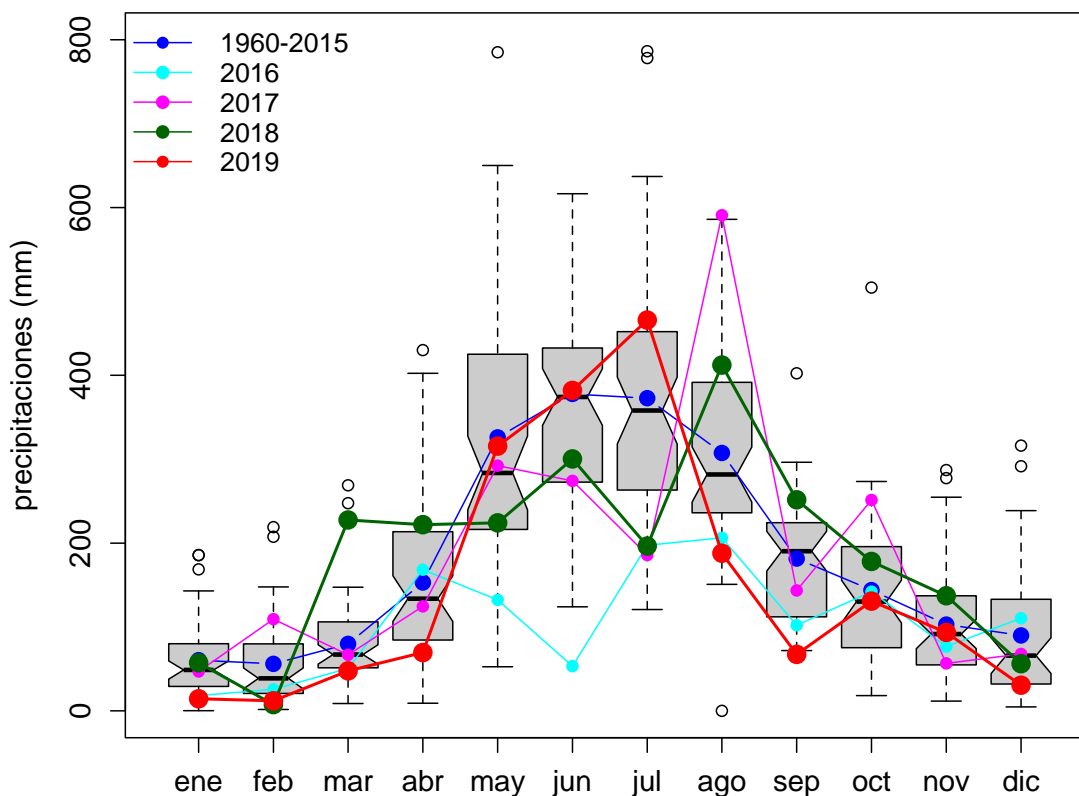


**Figura 3.6.** Variabilidad mensual y patrón histórico estacional de las precipitaciones registradas entre 1960 y 2019 en Valdivia. Los círculos negros con fondo blanco indican las precipitaciones mensuales desde enero de 1960 a diciembre de 2018; los puntos de color rojo indican el valor correspondiente al año 2019. Fuente de datos: UACH, complementados con datos de la Dirección Meteorológica de Chile.

### **Precipitaciones enero - diciembre de 2019**

El 2016, año en que ocurrió el mínimo histórico anual prácticamente todas las precipitaciones mensuales estuvieron bajo el promedio histórico (1960-2015). En el año 2017, solo las precipitaciones mensuales del mes de febrero, agosto y octubre fueron mayores al promedio histórico. En agosto de este año las precipitaciones ocurridas alcanzaron los 590,9 mm, lo que representó el 26,73% del total anual ocurrido en Valdivia. En el año 2018 se presentó un patrón de precipitaciones mensuales diferentes, donde destacan la gran cantidad de agua caída en marzo y abril, como las bajas precipitaciones de mayo a julio y, las precipitaciones por sobre el promedio histórico entre agosto y noviembre. En los años 2017 y 2018 ocurrieron precipitaciones que superaron levemente el nivel de año normal. El año 2019, fue un año seco ya que la mayoría de las lluvias

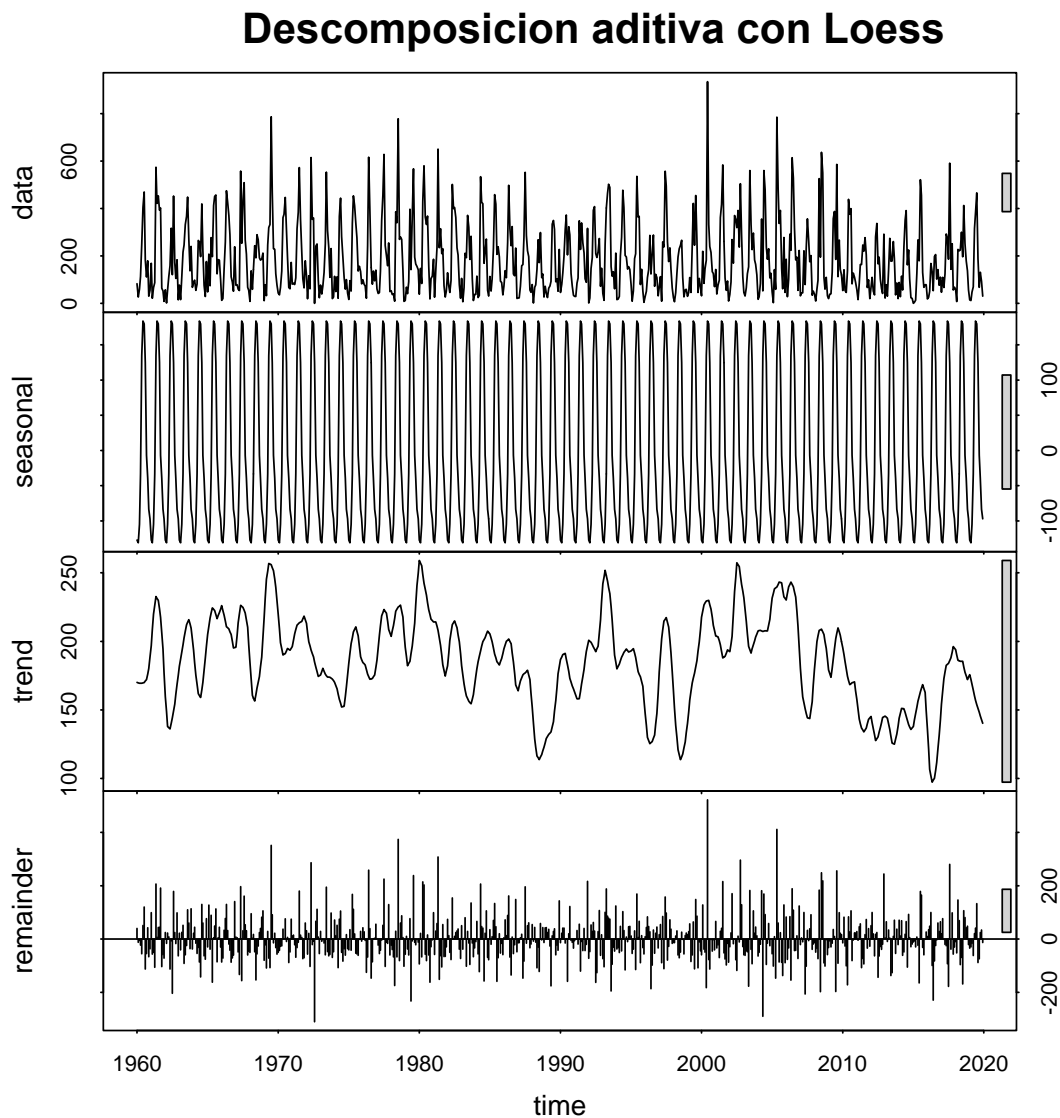
mensuales estuvo bajo media histórica (1960-2015) y sólo las precipitaciones ocurridas en julio y agosto fueron similares o superiores a este nivel. Los meses de agosto y septiembre presentaron la mayor diferencia con el promedio 1960-2015 (Fig. 3.7).



**Figura 3.7.** Patrón histórico estacional de las precipitaciones medias mensuales registradas entre 1960 y 2015 en Valdivia y precipitaciones mensuales de los últimos 4 años (2016-2019).

### Descomposición de la serie mensual

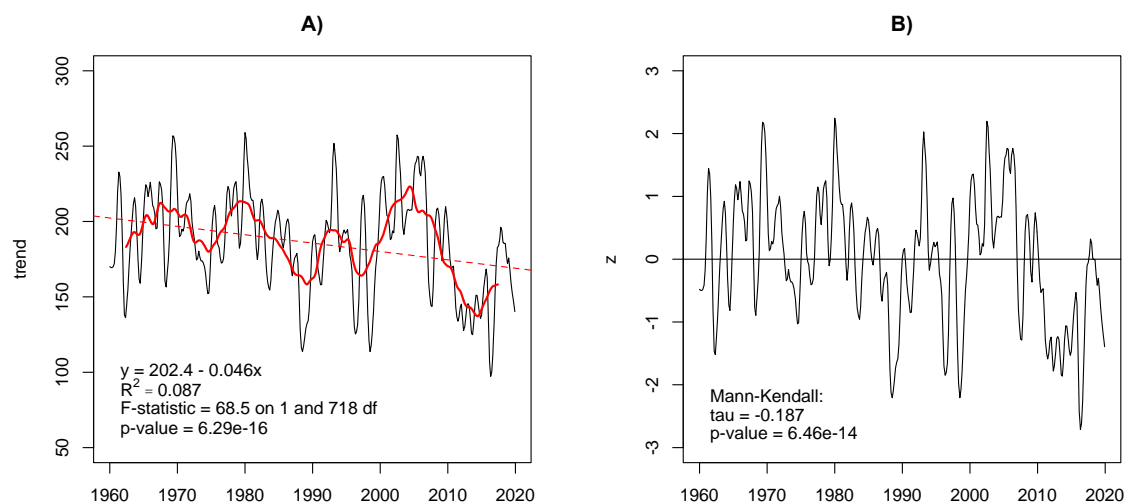
La descomposición de la serie mensual de precipitaciones mediante Loess (Local polynomial regression fitting) detectó claramente la estacionalidad, tan evidente de las precipitaciones en la región de Los Ríos, sin que se observe una tendencia evidente de disminución de la pluviosidad entre los años 1960 y 2019 (Fig. 3.7). Sin embargo, en la parte más reciente de esta serie se observó una disminución persistente de las precipitaciones entre el año 2004 y 2016, cubriendo un lapso entre 10 a 15 años y una recuperación en el año 2017 y 2018 y una caída en el año más reciente (Fig. 3.8).



**Figura 3.8.** Descomposición aditiva con Loess de la serie de precipitaciones mensuales de la zona de Valdivia desde 1960 al 2019, compuestas por la serie UACH y complementada con datos de la estación Aeropuerto Pichoy.

El análisis de la componente de tendencias (trend) de la serie de precipitaciones, indica que además de las fluctuaciones estacionales, existen otras de mayor período con ciclos de 120 a 156 meses, que originarían en la escala decadal oscilaciones en torno a un nivel medio que decrece hacia los años recientes (Fig. 3.9 A). El ajuste de un modelo lineal y la prueba de Mann-Kendall (Fig. 3.9 B) indican que los datos no soportan la hipótesis nula

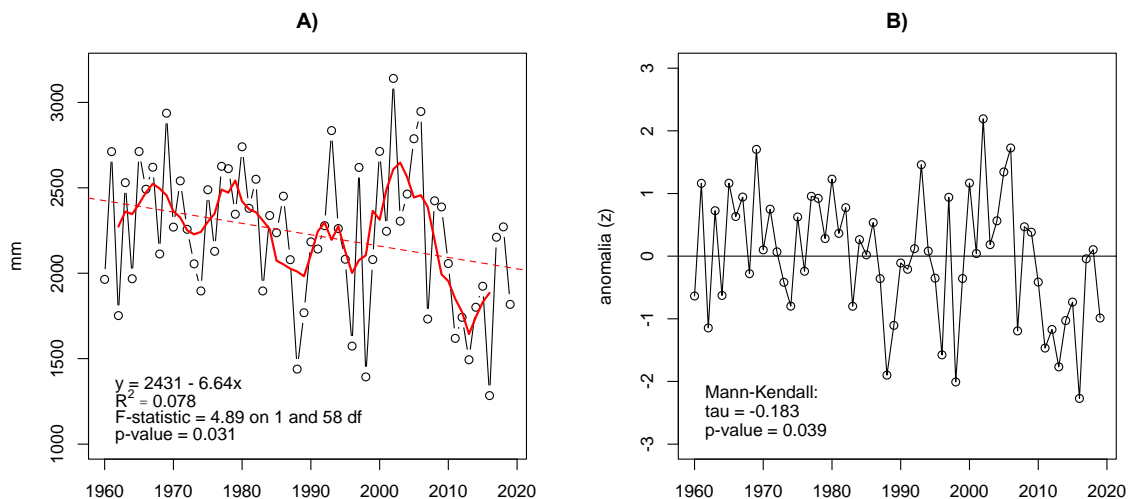
de pendiente cero ( $p\text{-value} = 6,29\text{e-}16$ ) o no tendencia ( $\tau = -0,187$ ,  $p\text{-value} = 6,46\text{e-}14$ ), respectivamente. En otras palabras, ambos análisis indican la presencia de una tendencia decreciente de largo plazo de las precipitaciones.



**Figura 3.9. A)** Componente de tendencia (trend) de la serie mensual de las precipitaciones en la zona de Valdivia desde 1960 a 2019, obtenida mediante descomposición aditiva con Loess. La línea roja indica un alisado lineal de la serie con periodo entre 120 a 136 meses. La línea roja segmentada indica el ajuste de un modelo lineal a la tendencia (trend). **B)** Anomalías estandarizadas (z) de la tendencia (trend) y test Mann – Kendall.

### Variabilidad histórica anual

Las precipitaciones anuales en Valdivia, presentan también una evidente variabilidad interanual, detectándose una leve tendencia a disminuir en el período 1960 a 2019 (Fig. 3.10 A). El análisis de esta serie mediante un modelo lineal muestra que la tendencia observada es estadísticamente significativa, aunque muy cercana al nivel de significancia de 0,05 ( $p\text{-value} = 0,031$ ). La prueba de Mann – Kendall sobre las anomalías estandarizadas de la serie indica que no existe evidencia suficiente en los datos para soportar la hipótesis de no tendencia ( $\tau = -0,183$   $p\text{-value} = 0,039$ ), de modo que las variaciones observadas en las precipitaciones anuales en el período 1960 a 2019 siguen un patrón aleatorio con tendencia (Fig. 3.10 B).



**Figura 3.10. A)** Serie anual de las precipitaciones en la zona de Valdivia desde 1960 a 2019, compuestas por la serie UACH y complementada con datos de la Dirección Meteorológica de Chile (estación Aeropuerto Pichoy). La línea roja indica un suavizado lineal de 6 años. La línea roja segmentada corresponde al ajuste de un modelo lineal a los datos, **B)** Anomalías estandarizadas (z) de las temperaturas medias anuales.

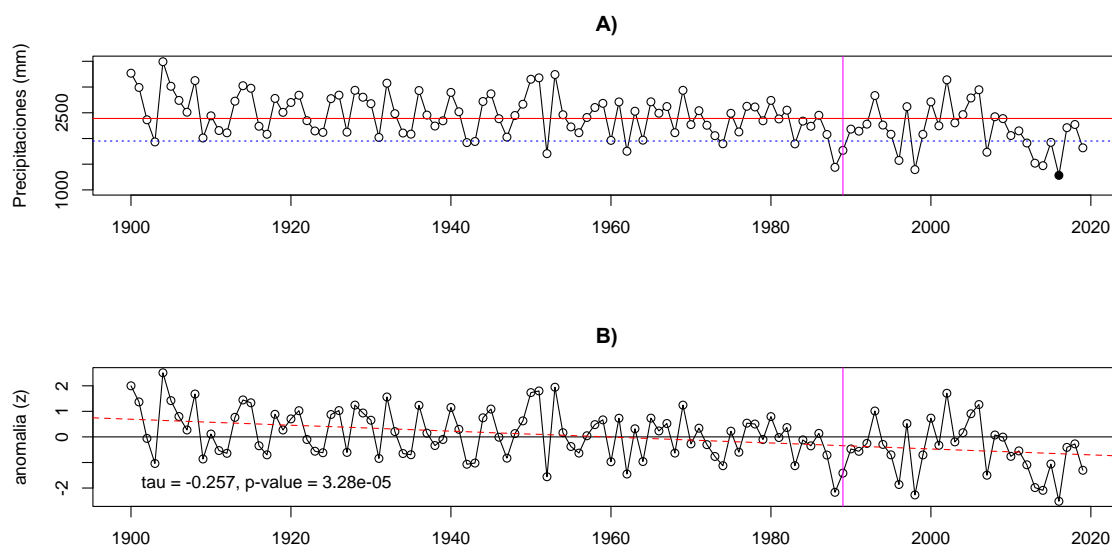
Años con precipitaciones bajo el promedio global fueron más frecuentes en los últimos 30 años (1989-2019). En este período los valores extremos de precipitaciones fueron más acentuados alcanzando cifras menores a 1500 mm y también mayores a los 3000 mm; lo cual es coincidente con el cambio de frecuencia e incremento de bajas precipitaciones durante el siglo XX<sup>1</sup>, en particular durante la segunda mitad de dicho siglo (González-Reyes & Muñoz , 2013).

En esta serie, se observan fluctuaciones cíclicas de 10 a 13 años entre períodos de mayores y menores precipitaciones (Fig. 3.10 A). Asimismo, se perciben al menos dos períodos con una clara tendencia decreciente. El primero entre los años 1978 y 1988 y el segundo entre los años 2003 y 2019. En este último, destaca la caída importante de las precipitaciones en los últimos años, alcanzando en el 2016 el menor valor entre 1960 y 2019.

<sup>1</sup> Siglo XX: 1 enero de 1901 y 31 diciembre 2000



La declinación global detectada en la serie anual de precipitaciones desde el año 1900 al 2019 (Mann-Kendall  $\tau = -0.257$ ,  $p\text{-value} = 3.28e-5$ ), mostrada en la Figura 3.11, concuerda con la disminución anual de las precipitaciones señaladas por CONAMA (2007), Quintana & Aceituno (2012), González-Reyes & Muñoz (2013) y en los informes anteriores (UACH 2016, 2017 y 2018). Esto indica que la tendencia de las precipitaciones anuales en el período 1960 - 2019, recogen a pesar de lo corto de la serie, la tendencia de largo plazo.



**Figura 3.11. A)** Serie anual de precipitaciones en Valdivia desde 1900 a 2019 y **B)** serie de anomalías estandarizadas para el mismo período. Las líneas rojas horizontales indican el promedio e intervalos de confianza de la media. La línea azul segmentada en A) indica en nivel de pluviosidad para un año normal según la Dirección Meteorológica de Chile, la línea roja vertical representa un año de referencia y el punto de color negro señala el valor mínimo histórico de precipitaciones de la serie (120 años). La línea segmentada en B) señala la tendencia lineal de la serie de anomalías. Los datos para el período 1900 a 1959 fueron obtenidos desde González-Reyes & Muñoz (2013) y desde 1960 a 2019 los recopilados en este estudio.

Esta serie también muestra que: 1) en el período (1901 - 2000) ocurrieron 6 casos con precipitaciones bajo el nivel de un año normal, lo que arroja una probabilidad de 0,06 (6/100), 2) en los primeros 19 años del siglo XXI<sup>2</sup> (2001 - 2019) han ocurrido 5 casos con precipitaciones menores a un año normal con una probabilidad de ocurrencia de 0,26 y,

<sup>2</sup> Siglo XXI: 1 enero de 2001 y 31 diciembre 2100

cuatro de ellos en los últimos 10 años (2010 - 2019) con una probabilidad de 0,4 y 3) el nivel de precipitaciones del año 2016 es el mínimo registrado en 120 años, con 1247 mm de agua caída (Fig. 3.11 A). Esto demuestra una clara intensificación de la disminución de las precipitaciones anuales en los años recientes.

Quintana & Aceituno (2012) sostienen que una tendencia negativa ha prevalecido a través del siglo XX intensificándose durante los 80 y principios de los 90, señalando que este rasgo también fue descrito por Rusticucci & Penalba (2000) y Quintana (2004), respecto de la evolución de las lluvias en Valdivia. González-Reyes & Muñoz (2013) detectaron un decrecimiento anual, estacional y mensual desde el año 1901 al 2005, e indican que esta reducción de las precipitaciones ha sido acompañada de una extensión de las condiciones estivales hacia parte del otoño y de una mayor concentración de las precipitaciones en invierno.

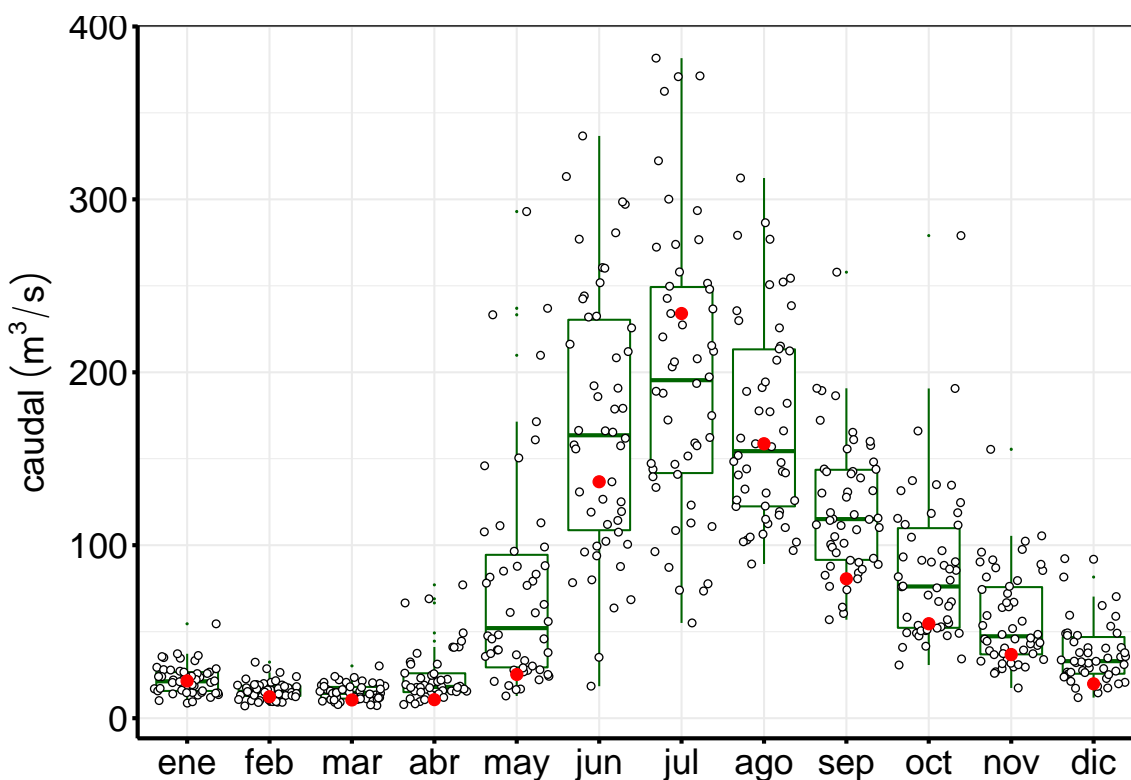
### **3.4.3. Caudal hídrico del río Cruces**

#### **Datos**

La serie de datos diarios del caudal del río Cruces proviene de la Dirección General de Aguas (DGA), específicamente desde la estación Rucaco abarcan desde el 1 de enero de 1970 al 31 de diciembre de 2019. Esta serie presentó algunos períodos con datos faltantes, los cuales fueron necesario rellenar para obtener una serie con datos continuos. El relleno se llevó a cabo seleccionando un valor aleatorio entre los dos valores más cercanos correspondientes al día y mes del año anterior y posterior al dato faltante, lo que equivale a un muestreo aleatorio desde una distribución uniforme.

### Variabilidad histórica mensual

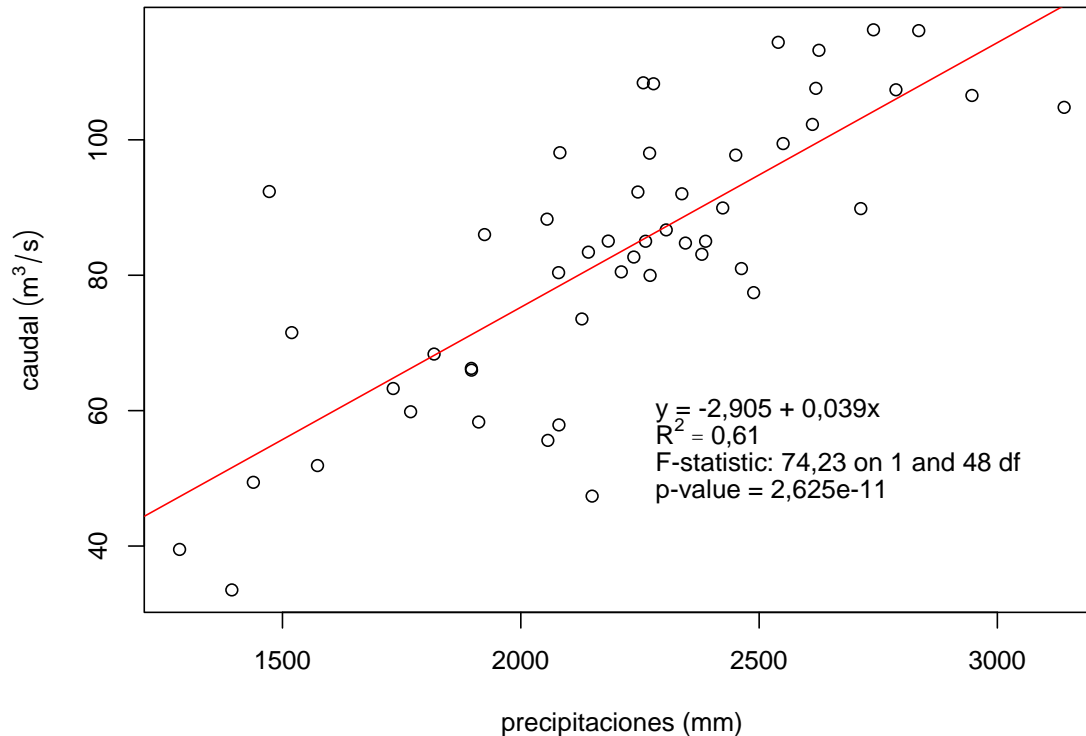
Los valores históricos y presentes de caudal del río Cruces en el sector de Rucaco, muestran un claro patrón estacional a lo largo del año (Fig. 3.12), distinguiéndose un período de bajos caudales desde enero hasta abril, con una baja dispersión. En mayo, el caudal comienza a aumentar rápidamente para alcanzar su máximo en el mes de julio, donde también se observa una alta dispersión o variabilidad en los valores entre años. En agosto los caudales continúan altos y a medida que se aproxima la primavera los caudales disminuyen a una tasa constante hasta diciembre, al igual que su dispersión.



**Figura 3.12.** Patrón histórico estacional del caudal hídrico del río Cruces en el sector de Rucaco, obtenido a partir de datos diarios registrados por la Dirección General de Aguas entre el 1 de enero de 1970 y el 31 de diciembre de 2019. Los círculos negros vacíos indican los caudales promedios mensuales por año desde enero de 1960 a diciembre 2018 y los puntos de color rojo indican el valor correspondiente al año 2019.

El caudal del río Cruces está claramente correlacionado al patrón estacional de precipitaciones (Correlación Pearson = 0,78, df = 48, *p-value* = 2,625e-11). La relación entre

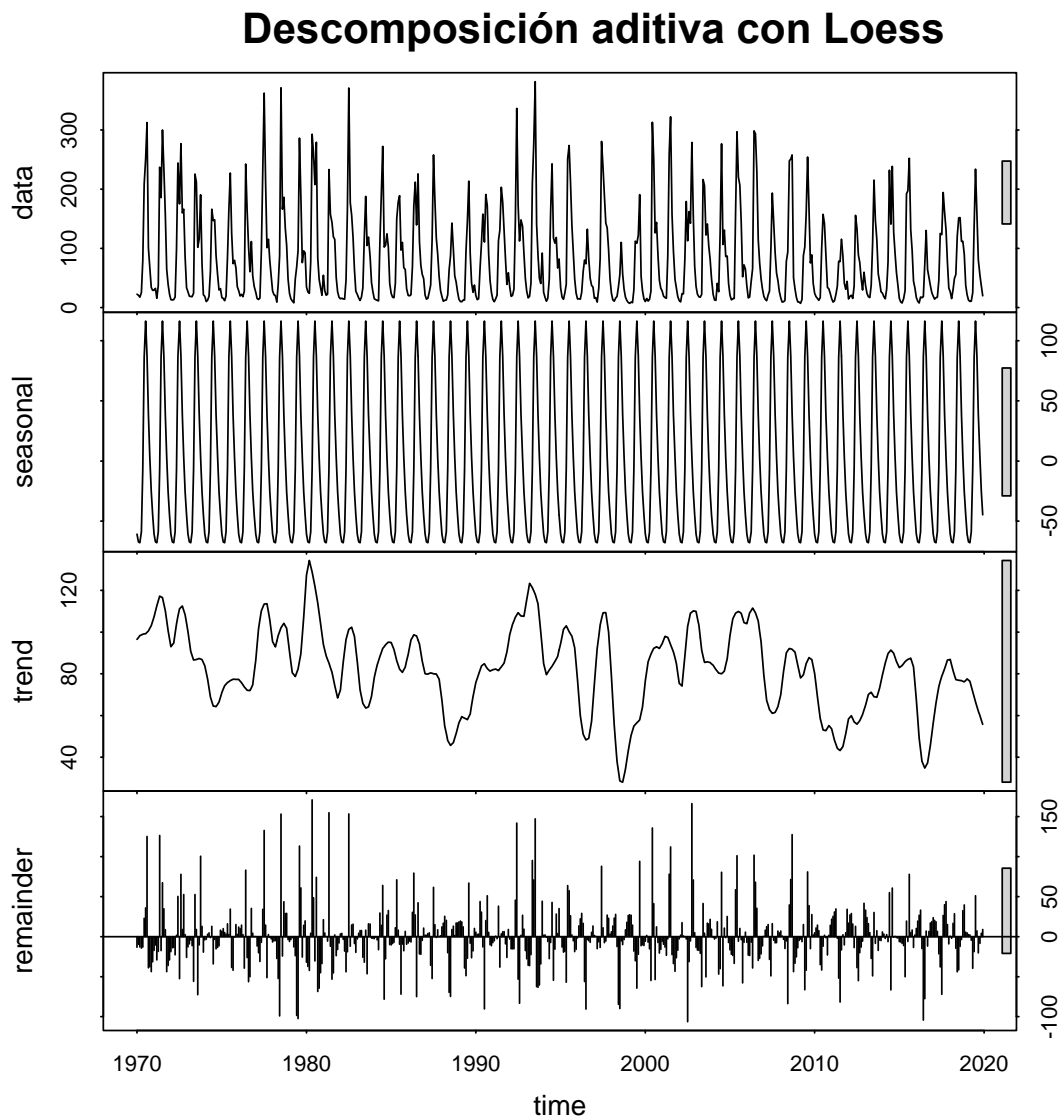
el caudal promedio anual del río Cruces en Rucaco y las precipitaciones anuales en Valdivia (1970 y 2019) es positiva y puede ser representada por el modelo lineal indicado la Fig. 3.13; el cual es estadísticamente significativo ( $p\text{-value} = 2,625e-11$ ) y explica el 61 % de la variabilidad observada ( $R^2 = 0,61$ ).



**Figura 3.13.** Relación lineal entre el caudal promedio del río Cruces (sector Rucaco) y las precipitaciones anuales en la zona de Valdivia.

### Descomposición de la serie mensual

La descomposición con Loess de la serie mensual muestra claramente la estacionalidad y, la tendencia mensual en los caudales medios del río Cruces en Rucaco (Fig. 3.14). La serie de 49 años muestra la alternancia de períodos con mayores y menores flujos hídricos y una aparente tendencia a disminuir hacia los años más recientes.

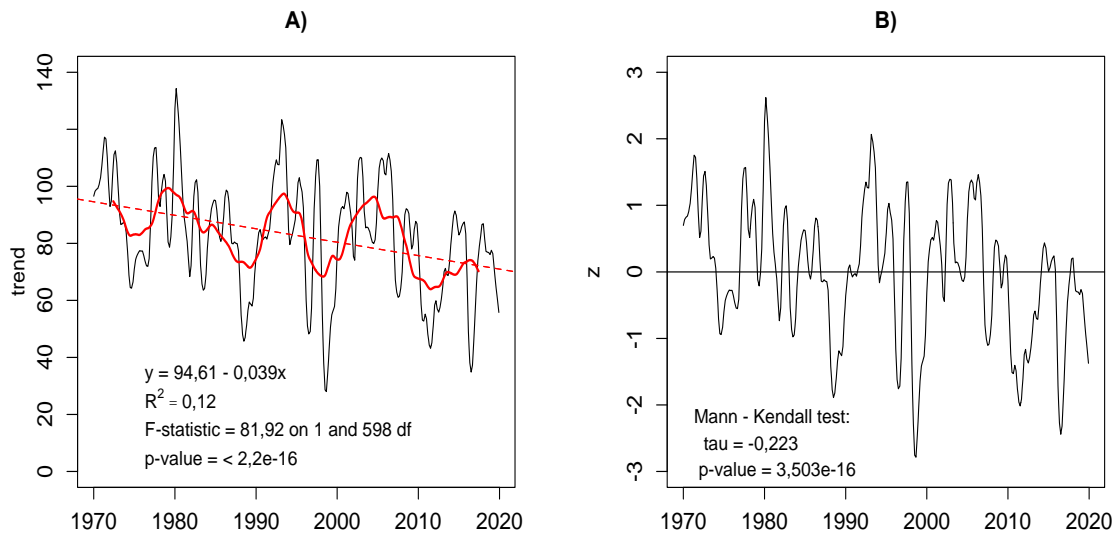


**Figura 3.14.** Descomposición aditiva con Loess de la serie de caudales medios mensuales en Rucaco desde el 01 enero 1970 al 31 diciembre de 2019, a partir de datos de la Dirección General de Aguas.

La alternancia de períodos con altos y bajos caudales de escala mayor a la estacional se observa de forma más clara en la Figura 3.15 A), los cuales emergen luego del alisado de la tendencia (trend) con períodos entorno a los 11 años.

La componente de tendencia (trend) de la serie de caudales medios, aparentemente disminuye de manera suave. El ajuste de un modelo lineal a los datos indica que la tendencia observada es significativa ( $R^2 = 0,12$ ;  $p\text{-value} = < 2,2e-16$ ) tal como se muestra en la Figura

3.15 A). Similar resultado entrega la prueba de Mann-Kendall a las anomalías estandarizadas de la tendencia (Fig. 3.15 B). Estos resultados se ajustan o correlacionan con la tendencia observada en las precipitaciones (cf. Fig. 3.10 y 3.11).

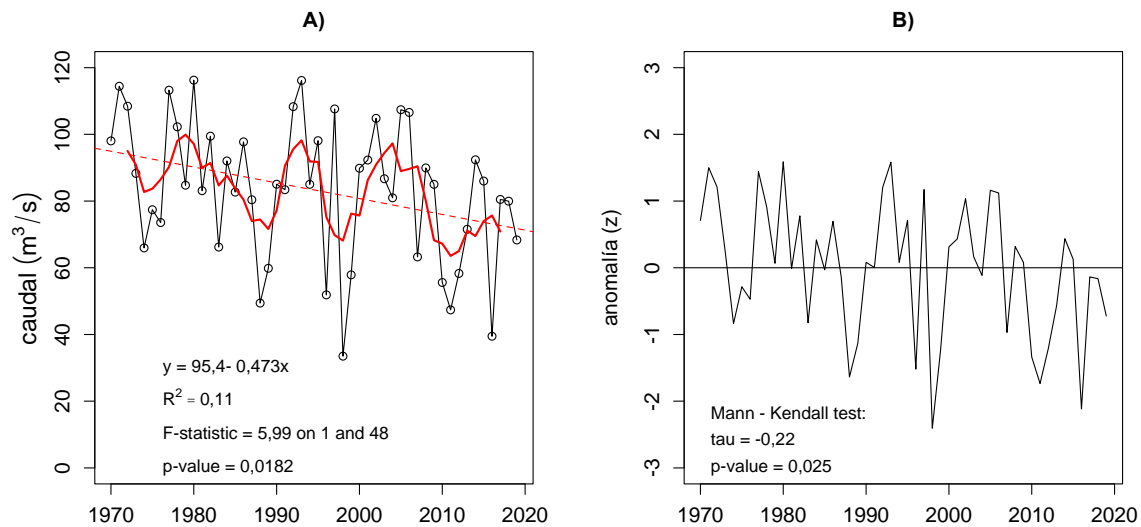


**Figura 3.15. A)** Componente de la tendencia (trend) obtenida a partir de la descomposición aditiva con Loess de la serie de caudales medios mensuales del río Cruces en Rucaco entre 1970 y 2019. La línea roja continua indica el suavizado de la serie para un período de 120 meses y la línea roja segmentada muestra el ajuste de un modelo lineal a la tendencia (trend). **B)** Anomalías estandarizadas (z) de la tendencia (trend) de los caudales medios mensuales y test de Mann-kendall.

### Variabilidad histórica anual

La descomposición de la serie anual de caudales promedios no pudo hacerse con Loess pues esta serie no presenta una estacionalidad definida. Al igual que la serie mensual, la serie anual muestra tramos de 10 a 13 años con caudales altos y bajos y, una aparente disminución de los caudales promedios anuales hacia los años más recientes. El ajuste de un modelo lineal a los datos observados señala que esta tendencia es significativa ( $R^2 = 0,11$ ;  $F = 5,99$  con 48 gl;  $p\text{-value} = 0,0182$ ) tal como se muestra en la Figura 3.16 A). El análisis de la tendencia de las anomalías estandarizadas anuales con la prueba de Mann-Kendall ( $\tau = -0,22$ ;  $p\text{-value} = 0,025$ ) indica que existe evidencia en los datos para rechazar la hipótesis nula de no tendencia (Fig. 3.16 B). Estos resultados son lógicos, dada la relación directa

entre caudal y precipitaciones y la disminución de las precipitaciones hacia los años más recientes (Fig. 3.11).



**Figura 3.16. A)** Serie de caudales medios anuales del río Cruces en Rucaco entre 1970 y 2019. La línea roja continua indica el alisado de la serie para un promedio móvil de 5 años y la línea roja segmentada el ajuste de un modelo lineal; **B)** Anomalías estandarizadas (z) de la componente de tendencia (trend) y test Mann – Kendall.

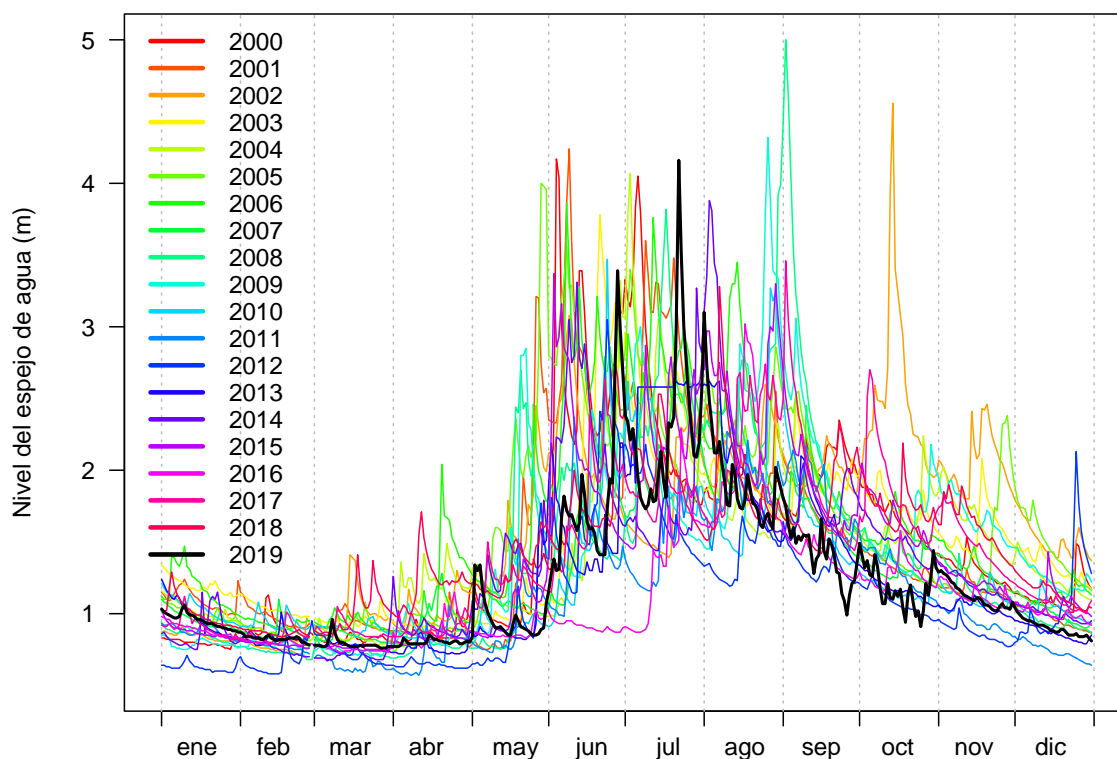
#### 3.4.4. Nivel del espejo de agua

##### Datos

Se analizó una serie de datos diarios del nivel del espejo de agua desde el 1 enero del 2000 al 31 de diciembre de 2019, recopilados en la estación hidrológica de Rucaco, de la Dirección General de Aguas. La serie en cuestión fue construida considerando todas las mediciones diarias y desde las cuales se obtuvo el nivel mínimo para efecto del análisis. Datos faltantes para días específicos fueron rellenados con un valor aleatorio obtenido desde una distribución uniforme, restringido a los valores medidos en el día anterior y posterior más próximo.

### Variabilidad histórica mensual

Como era lógico se observó un claro patrón estacional a lo largo del año. En la estación estival los niveles o altura del espejo de agua en Rucaco fueron bajos, principalmente en febrero y parte de marzo. A mediados de abril el nivel de las aguas comienza un marcado y vertiginoso aumento para alcanzar durante julio y agosto sus mayores niveles. Con la llegada de la primavera la altura del agua comienza a disminuir para alcanzar en el verano los menores valores (Fig. 3.17).



**Figura 3.17.** Patrón y variabilidad diaria del nivel del espejo de agua en el sector de Rucaco, río Cruces, entre el año 2000 y 2019.

Las menores alturas del espejo de agua ocurrieron hacia los años más recientes de la serie; específicamente, entre los años 2011 a 2016, durante el verano (Fig.3.17). Aumentos esporádicos del nivel del espejo de agua durante la estación de primavera e inicios de verano (octubre - diciembre), ocurrieron en el año 2002, debido al período

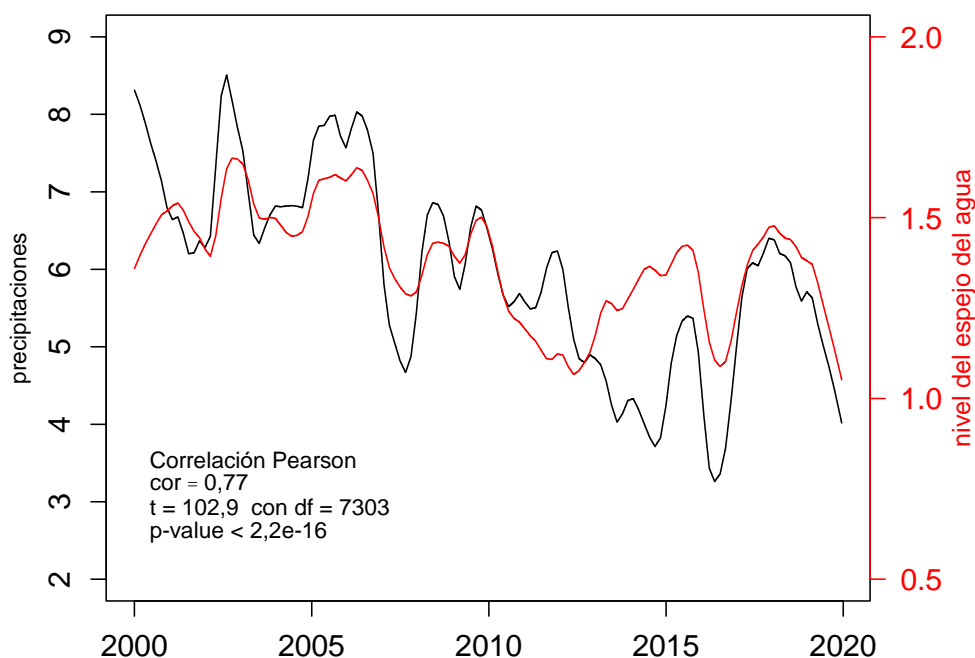


lluvioso entre el 30 de septiembre y 18 de octubre, en el cual, el día 12 y 13 de octubre registraron precipitaciones excepcionales de 155,7 mm y 62,4 mm; respectivamente. En este mismo año los picks de noviembre y diciembre, también pueden ser explicados por sendas precipitaciones ocurridas. Idéntica causa se detecta para los picks de diciembre de 2006 y diciembre de 2012.

En el 2019 se observaron 3 pick importantes en el nivel del espejo de agua, asociados evidentemente a las altas precipitaciones ocurridas entre el 21 y 26 de junio, el segundo al agua caída entre el 16 y 21 de julio y, el tercero entre el 29 y 30 de este mismo mes.

### Correlación entre altura del espejo de agua y precipitaciones

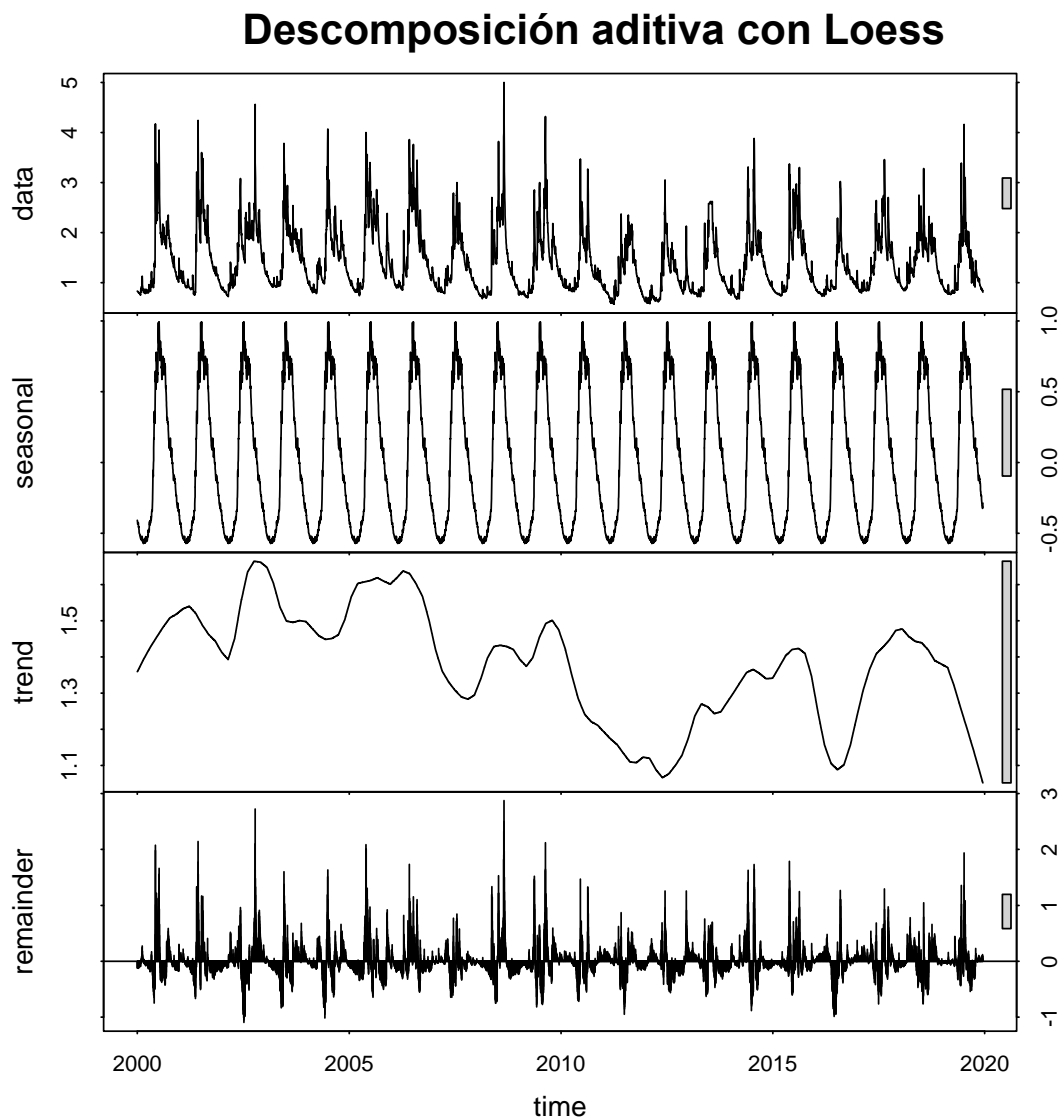
La correlación de Pearson entre la tendencia del nivel (altura) del espejo de agua y la tendencia de las precipitaciones, sin ser un indicador de causalidad, muestra una alta y significativa asociación entre ambas tendencias (Fig. 3.18).



**Figura 3.18.** Correlación entre la tendencia de las precipitaciones diarias y tendencia del nivel del espejo de agua del río Cruces en Rucaco, entre el 1 de enero de 2000 y el 31 diciembre de 2019.

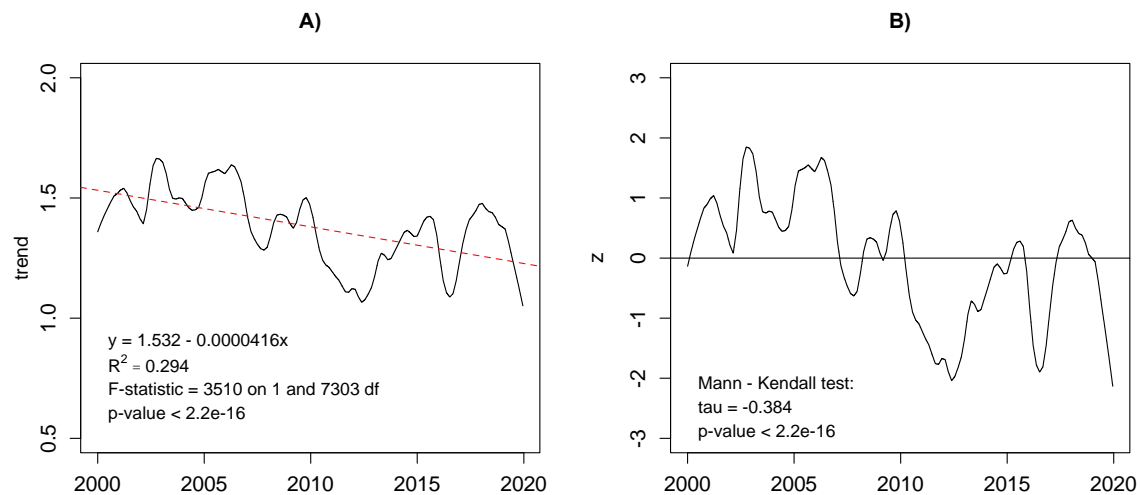
### Descomposición de la serie diaria

La serie diaria de altura del espejo de agua en Rucaco muestra la estacionalidad esperada, dada su evidente correlación con las precipitaciones mostrada en la Figura 3.18, para los valores medios entre ambas variables. En la componente de tendencia (trend), se observa una declinación importante entre el año 2007 y 2012. Entre los años 2013 y 2019 se observan dos ostensibles fluctuaciones de amplitud 3 a 4 años en un nivel menor a las observadas antes del año 2007 (Fig. 3.19).



**Figura 3.19.** Descomposición aditiva de la serie de altura diaria del espejo de agua en el sector de Rucaco, río Cruces, entre el año 1 enero de 2000 y 31 de diciembre de 2019.

Un análisis más detallado de la señal de tendencia (trend), mediante el ajuste de un modelo lineal y la aplicación de la prueba de Mann-Kendall a las anomalías estandarizadas, ratifican lo señalado anteriormente (Fig. 3.20 A) y Fig. 3.20 B)). La serie presenta una disminución hacia los años más recientes, coincidente con la tendencia observada en las series mensual y anual de precipitaciones (Figs. 3.9 y 3.10).



**Figura 3.20. A)** Componente de tendencia (trend) de altura diaria del espejo de agua del río Cruces en Rucaco entre el 1 de enero de 2000 y el 31 de diciembre de 2019. La línea roja segmentada señala el ajuste de un modelo lineal y, **B)** Anomalías estandarizadas (z) de la serie y test de Mann - Kendall.

### 3.5. Conclusiones

- En general las conclusiones indicadas en los informes de seguimiento del HRC del año 2016, 2017 y 2018 se mantienen. Lo más relevante en este nuevo periodo es que: 1) la pluviosidad del año 2019 fue menor al observado el 2018 y al nivel de referencia de un año normal (1871 mm, establecido por la Dirección Meteorológica de Chile) e inferior al promedio histórico general ( $\bar{x}=2395$  mm, IC =[2315 - 2474]) hasta el año anterior y, 2) las máximas precipitaciones acumuladas ocurrieron en julio y no en agosto como ocurrió los años 2017 y 2018.
- Las temperaturas mínimas del aire registradas desde 1960 a 2019, mostraron la estacionalidad característica de la zona valdiviana y descrita en los informes anteriores. Estas comienzan a disminuir en otoño, específicamente en el mes de marzo, para alcanzar su mínimo en julio (ca. 5°C) y luego comenzar su ascenso a partir de septiembre.
- La variación promedio de las temperaturas mínimas mensuales a través de los años mostró una tendencia a disminuir arrastrada por los últimos cuatro años. A nivel anual, la temperatura mínima del aire mostró la misma tendencia observada en los análisis anteriores; con fluctuaciones a nivel de décadas en torno al promedio sin una tendencia secular.
- La serie histórica mensual de precipitaciones (1960-2019), mostró un claro y típico patrón de estacionalidad de la zona valdiviana. Las lluvias comienzan a incrementar en otoño, específicamente hacia fines de abril, para alcanzar su máximo entre junio y agosto.

- Fuera de la estacionalidad típica de las precipitaciones en la zona de Valdivia y en el HRC, se observó, tanto en la serie mensual como anual, fluctuaciones con tendencia en la escala 10 a 13 años.
- Las precipitaciones totales en la zona de Valdivia mostraron una disminución significativa entre 1960 y 2019, y con el decrecimiento significativo de las precipitaciones anuales desde 1901 al 2005.
- Durante los últimos años se ha observado un aumento de eventos con pluviosidades menores al promedio histórico de la serie (1901-2018) y al normal anual de la Dirección Meteorológica de Chile (1871 mm), con un incremento de los valores extremos. Durante el año 2019, las precipitaciones volvieron a caer de manera que el incremento observado el 2017 y 2018 no logran minar la declinación de largo plazo.
- El 2016 se ha mantenido en el año con la menor pluviosidad histórica en 120 años (1901-2019), y también se constituye en el mínimo global para el registro completo de precipitaciones en Valdivia entre 1853 y el 2019.
- La serie histórica mensual de los mínimos caudales hídricos y del espejo de agua del río Cruces en Rucaco, mostraron como era de esperar una asociación directa con el patrón estacional de precipitaciones.
- El patrón histórico del caudal hídrico y del nivel del espejo de agua, dependientes de la pluviosidad, mostraron además de la variabilidad estacional, la declinación de largo plazo asociada a las precipitaciones.

### 3.6. Referencias

CONAMA (2007) Final report: Study about climate variability in Chile during the 21 st century. Comisión Nacional sobre Medio Ambiente, Santiago, 63 p

González-Reyes A, Muñoz AA (2013) Cambios en la precipitación de la ciudad de Valdivia (Chile) durante los últimos 150 años. Bosque (Valdivia) 34(2):191-200. DOI: 10.4067/S0717-92002013000200008

Huber A (1970) Diez años de observaciones climatológicas en la Estación Teja - Valdivia (Chile) 1960-1969. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Valdivia, 46 p

Kendall MG (1970) Rank Correlation Methods, 2nd ed. New York: Hafner

Koppe C, De Long G (1958) Weather and Climate. McGraw-Hill Company Inc., New York

Mann HB (1945) Nonparametric tests against trend. Econometría 13(13): 245-259

Quintana J (2004) Estudio de los factores que explican la variabilidad de la precipitación en Chile en escalas de tiempo interdecadal. Tesis Magister en Ciencias mención Geofísica. Departamento de Geofísica Universidad de Chile, Santiago, p 88

Quintana JM, Aceituno P (2012) Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of South America (Chile): 30-43 S. Atmósfera (México) 25(1):1-22. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56523435001>

R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

Reyes JC (1981) Características de las precipitaciones de Valdivia: 1960-1976. Tesis Doctoral. Universidad Austral de Chile, Valdivia

Rusticucci M, Penalba O (2000) Interdecadal changes in precipitation seasonal cycle over Southern South America and their relationship with surface temperature. Climate Research 16(1):1-15

UACH (2014) Diagnóstico ambiental del humedal del Río Cruces basado en la comparación de condiciones ambientales actuales e históricas: Bases para su monitoreo y sustentabilidad. Convenio Servicio de Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Universidad Austral de Chile. Informe final. Marzo de 2014, p 374

UACH (2016) Programa de Monitoreo Ambiental Actualizado del Humedal del Río Cruces y sus Ríos Tributarios. Informe final. Abril de 2016, p 683

UACH (2017) Programa de Monitoreo Ambiental Actualizado del Humedal del Río Cruces y sus Ríos Tributarios. Informe final. Marzo 2017, p 830

UACH (2018) Programa de Monitoreo Ambiental Actualizado del Humedal del Río Cruces y sus Ríos Tributarios. Informe final correspondiente al periodo abril 2017- marzo 2018, p 817

#### **4. COMPONENTES DEL PROGRAMA**

A continuación, se describen los resultados de la etapa correspondiente al quinto año del Programa de Monitoreo Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC) (abril 2019-marzo 2020). Estos se comparan con los resultados del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (abril 2014-marzo 2015) y con los obtenidos durante los cuatro primeros años de este programa de monitoreo (abril 2015 a marzo 2019).

##### **4.1. COMPONENTES ABIÓTICOS**

###### **4.1.1. CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL**

###### **4.1.1.1. Objetivos**

**Medir y analizar en el agua superficial los siguientes parámetros:**

- Temperatura, pH, conductividad y sólidos disueltos totales (SDT)
- Sólidos suspendidos totales (SST) y transparencia
- Oxígeno disuelto, demanda bioquímica y química de oxígeno (DBO<sub>5</sub> y DQO, respectivamente)
- Cloruros y Sulfatos
- Carbono orgánico total

- Nutrientes (Amonio, Nitrato, Nitrito, Nitrógeno total, Fosfato o Fósforo soluble y Fósforo total)
- Bacterias coliformes totales y fecales
- Metales pesados (fracción disuelta y particulada) (Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio)
- Ácidos grasos, Ácidos resínicos y compuestos Órgano-Halogenados Absorbibles (AOX)
- Dioxinas y Furanos (17 congéneres incluidos en el Convenio de Estocolmo de 2001).

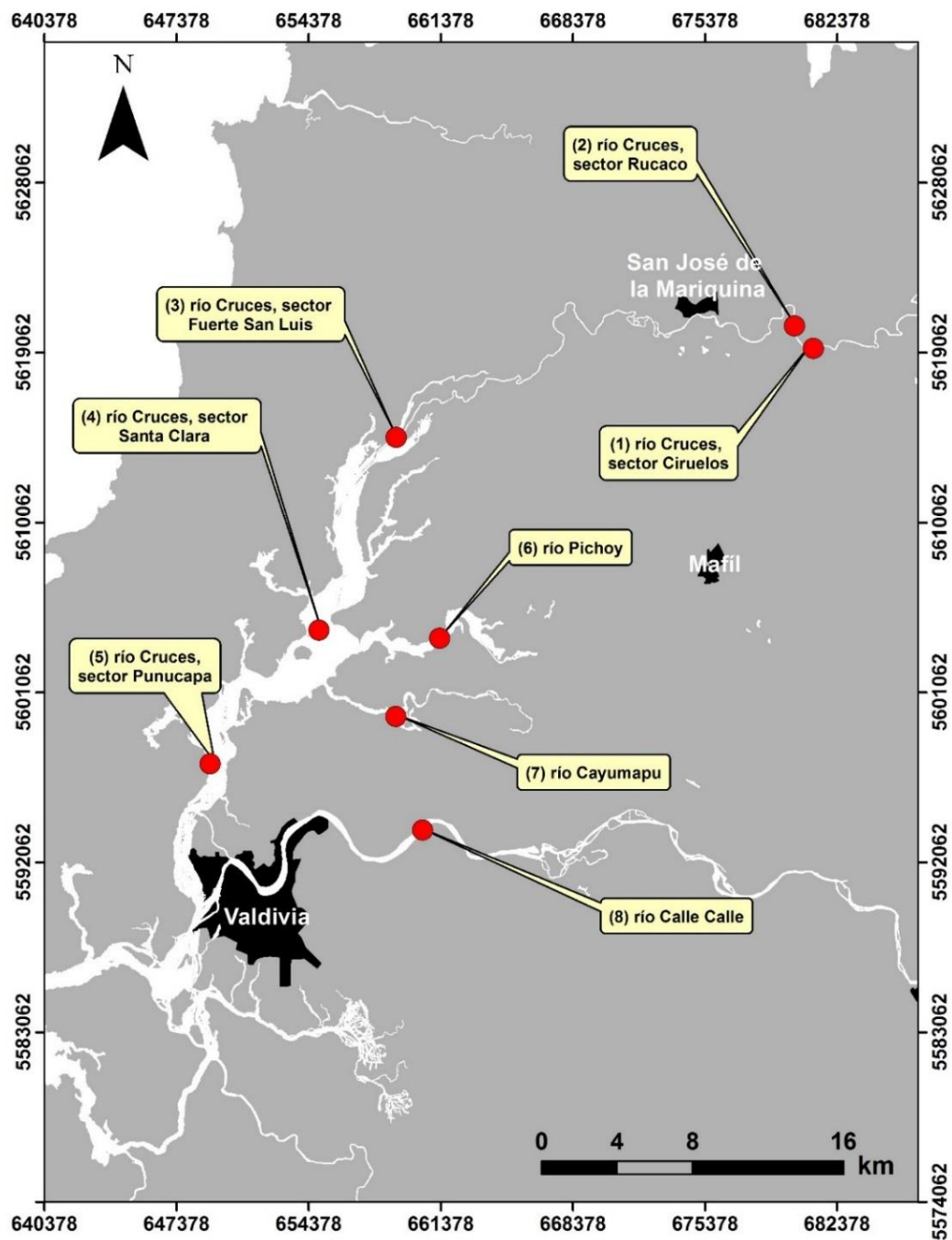
#### 4.1.1.2. Material y métodos

Los muestreos de agua se realizaron en ocho estaciones (Fig. 4.1.1.1) y con dos periodicidades:

- Periodicidad mensual** desde abril 2015 a diciembre 2019, para temperatura, pH, conductividad, sólidos disueltos totales (SDT), sólidos suspendidos totales (SST) y transparencia y oxígeno disuelto.
- Periodicidad estacional** (abril y julio) para Cloruros, Sulfatos, DBO<sub>5</sub>, DQO, Carbono orgánico total, nutrientes, bacterias coliformes totales y fecales, metales pesados disueltos y particulados, Ácidos grasos, Ácidos resínicos, AOX, Dioxinas y Furanos. Se eligieron los meses de abril y julio de cada año, a fin de evaluar las concentraciones de tales parámetros en condiciones de menor y mayor caudal hídrico (abril y julio, respectivamente). En el ANEXO 1 de este Capítulo se indican las fechas en que se realizaron estos muestreos estacionales.

La Figura 4.1.1.1 muestra la ubicación de las ocho estaciones seleccionadas para análisis de calidad de agua superficial en el HRC. En el ANEXO 1 de este Capítulo se indican las fechas en que se realizaron los muestreos para los objetivos de este estudio.





**Figura 4.1.1.1.** Ubicación de las estaciones de muestreo (1 a 8) para análisis de calidad del agua superficial en el área de estudio.

Las metodologías de obtención de muestras, mediciones *in situ* y análisis de laboratorio utilizadas para los estudios de calidad del agua superficial fueron:

- Recolección de agua superficial (*ca.* 20 cm de profundidad) con: i) balde plástico limpiado químicamente con detergentes no iónicos y enjuagado con agua desionizada y agua Tipo I para llenar envases de vidrio previamente tratados para los análisis de Sulfatos, Cloruros, Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, DQO y compuestos orgánicos, y ii) vara de PVC con frascos limpios Nalgene® en su extremo, para obtener agua para los análisis de metales pesados y así evitar la eventual contaminación de las muestras por la cercanía de la embarcación.
- Temperatura, pH, conductividad y Sólidos Disueltos Totales (SDT): uso de sonda multiparamétrica para mediciones *in situ* (Unidades: °C, unidades de pH, µmS/cm y mg/L, respectivamente).
- Sólidos Suspendidos Totales o particulados y transparencia: método gravimétrico (Unidad: mg/L) y Disco Secchi (Unidad: m).
- Oxígeno disuelto: uso de sonda multiparamétrica para mediciones *in situ* y titulación por Método de Winkler (A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis, First edition. Timothy R Parsons; Yoshiaki Maita; Carol M Lalli, 1984).
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition. 2005. Method 5210 B.
- Demanda química de oxígeno (DQO): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition. 2005. Method 5220.
- Carbono orgánico total: método de combustión catalítica (Unidad: % C).
- Nutrientes: (Amonio, Nitrato, Nitrito, Nitrógeno total, Fosfato o Fósforo soluble y Fósforo total): mediante absorción molecular (Unidades: mg/L).
- Bacterias Coliformes totales y fecales: metodología de cultivo y recuento de colonias (NMP/100 ml).
- Sulfatos: gravimetría. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition. 2005. 4500-SO42-C y/o Cromatografía Iónica. EPA Method 300.0.

- Cloruros: volumetría. NCh2313/32. Of199 y/o Cromatografía Iónica. EPA Method 300.0.
- Metales pesados: i) separación de la fracción disuelta particulada mediante filtración de las muestras con una membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro, y ii) cuantificación mediante espectroscopía de masa de plasma inductivamente acoplado (ICP-MS). Análisis de Mercurio por espectrometría de absorción atómica de vapor frío (Unidades: metales disueltos:  $\mu\text{g/L}$  y metales particulados:  $\mu\text{g/g}$ ).
- Ácidos grasos: cromatografía gaseosa con detección de masa (Unidad:  $\mu\text{g/L}$ ).
- Ácidos resínicos: cromatografía gaseosa con detección de masa (Unidad:  $\mu\text{g/L}$ ).
- Compuestos Órgano-Halogenados Adsorbibles (AOX): titulación micro coulombimétrica con adsorción en carbono activado (Unidad:  $\text{mg/L}$ ).
- Dioxinas y Furanos: Cromatografía gaseosa de alta resolución con detección de masa de alta resolución (HRGC/HRMS) y preparación automática de muestras (FMS) utilizando Extracción en Fase Sólida (SPE) (Unidad:  $\text{ng/L}$ ).

### **Tratamiento de los datos**

#### **Estadística univariada**

Se utilizaron dos aproximaciones para el análisis de los datos:

#### **a) Agrupamiento de estaciones por sectores:**

Se agruparon las ocho estaciones en sectores acorde sus ubicaciones y condiciones de marea como sigue:

- L = sector límnic del río Cruces; es decir, la parte del río que no es afectada por las mareas. Incluye las estaciones 1 (Ciruelos) y 2 (Rucaco) (Fig. 4.1.1.1).
- EE = eje estuarial y central del río Cruces; es decir, la parte del humedal afectada por mareas. Incluye las estaciones 3 (Fuerte San Luis; San Luis de aquí en adelante), 4 (Santa Clara) y 5 (Punucapa) ordenadas de norte a sur (Fig. 4.1.1.1).

- T = ríos tributarios del humedal del río Cruces; es decir, ríos afectados por mareas y que se comunican con el eje central del mismo río. Incluye las estaciones 6 (Pichoy) y 7 (Cayumapu) (Fig. 4.1.1.1).
- F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; área afectada por mareas. Incluye la estación 8 (Calle Calle), considerada como sitio control, ya que se ubica fuera del HRC (Fig. 4.1.1.1).

**b) Tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones:**

En este caso se compararon las estaciones por separado y no agrupadas como explicado anteriormente.

La data recopilada durante las campañas del período 2014 - 2019, permite categorizar la variabilidad espacial e inter-anual de los parámetros estudiados. Por lo tanto, sectores y estaciones (aproximaciones a y b, respectivamente), además de años son variables categóricas consideradas como factores fijos en los análisis estadísticos realizados. El Análisis Univariado consideró la aplicación de Análisis de Varianza (ANDEVA), para evaluar la existencia o no de diferencias significativas entre los factores fijos o de interés (ver Sokal & Rohlf, 1994); *i.e.* sectores, estaciones y años. Cuando los valores de cada variable fueron inferiores al límite de detección de la técnica, se usó dicho valor límite como representativo de cada parámetro o variable en análisis.

En general, se consideró aplicar el ANDEVA sobre los datos sin transformar mediante la evaluación de los supuestos de normalidad ejecutando la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Sokal & Rohlf, 1994). Por otra parte, el supuesto de homogeneidad de varianzas u homocedasticidad se evaluó mediante el uso de las Pruebas de Bartlett (Sokal & Rohlf, 1994). La primera se aplica cuando los datos provienen de una distribución normal, pero no es muy robusta a fuertes desviaciones de la normalidad. Cuando no se cumplieron estos supuestos (indicado en cada caso), de igual manera se realizó ANDEVA, debido a que su

capacidad de detectar diferencias es mayor que la de una prueba no paramétrica (Sokal & Rohlf, 1994).

Luego de la aplicación del ANDEVA y en aquellos casos en que los factores fijos (sectores y estaciones), evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), se aplicó la prueba *a posteriori* de Tukey para determinar a qué factor fijo podía atribuirse la generación de diferencias entre sus niveles. Todos los procedimientos anteriores se realizaron usando el módulo Generalized Linear Models implementado en el software SIGMA PLOT 11.0.

### **Estadística multivariada y de tendencias**

Para evaluar desde una perspectiva multivariada la variabilidad de los parámetros analizados en el agua superficial del área de estudio, se efectuaron análisis de componentes principales (ACP) considerando las campañas ejecutadas entre los años 2014 y 2019. El ACP permite reducir el set de variables a un menor número de componentes ortogonales, perdiendo la menor cantidad de información posible (Cayuela, 2011).

Los puntajes obtenidos como resultado del análisis fueron graficados mediante representaciones biplot y clasificados temporal y espacialmente (años y estaciones, respectivamente) determinándose la existencia de diferenciación estadística entre tales reclasificaciones mediante PERMANOVA. Adicionalmente, se evaluó la eventual existencia de tendencias temporales estadísticamente significativas, incorporándose la prueba de Mann & Kendall (Mann 1945, Kendall 1975, Gilbert 1987) de tendencia neta, cuyo propósito es evaluar estadísticamente la existencia de una tendencia monotónica (no necesariamente lineal) ascendente o descendente de las variables de interés a lo largo del tiempo. En atención a los objetivos del análisis, se destacaron aquellos parámetros que mostraron tendencias ascendentes estadísticamente significativas. En estos casos, el análisis fue complementado con representaciones boxplot por campaña de muestreo (2014 a 2019).

Se descartó en el análisis la utilización de Arsénico, Cadmio y Mercurio disueltos (en la mayoría de los casos bajo el límite de detección), además de Ácidos resínicos (nunca detectados con la metodología utilizada). Para Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos, se incluyen solo datos de abril, mes elegido para la recolección de agua para el análisis de estos parámetros.

#### **4.1.1.3. Resultados**

##### **4.1.1.3.1. Estadística univariada**

#### **Temperatura, pH, conductividad y sólidos disueltos totales (SDT)**

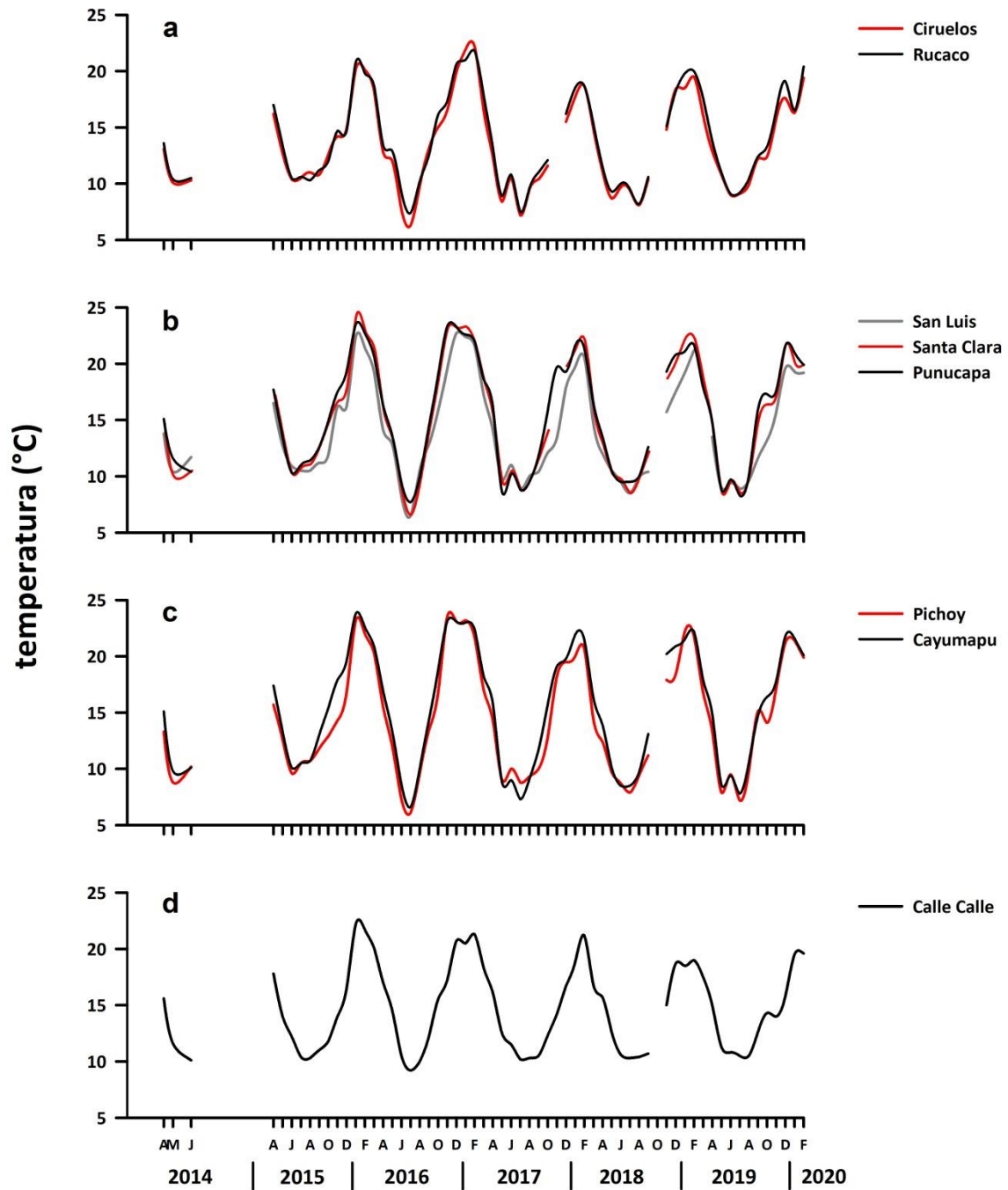
Las Tablas 4.1.1.1 a 4.1.1.4 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.2 a 4.1.1.5, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de la temperatura, pH, conductividad y SDT, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.

En términos generales, la variabilidad espacial y temporal de la temperatura, fue bastante homogénea, con la ocurrencia general de valores más altos durante el período estival en el eje central del río Cruces (área estuarial) y ríos tributarios (Fig. 4.1.1.2).

Aun cuando no se encontró un patrón definido de variabilidad espacial y estacional del pH, los datos muestran que en general los valores más bajos ocurrieron en los ríos tributarios (Fig. 4.1.1.3).

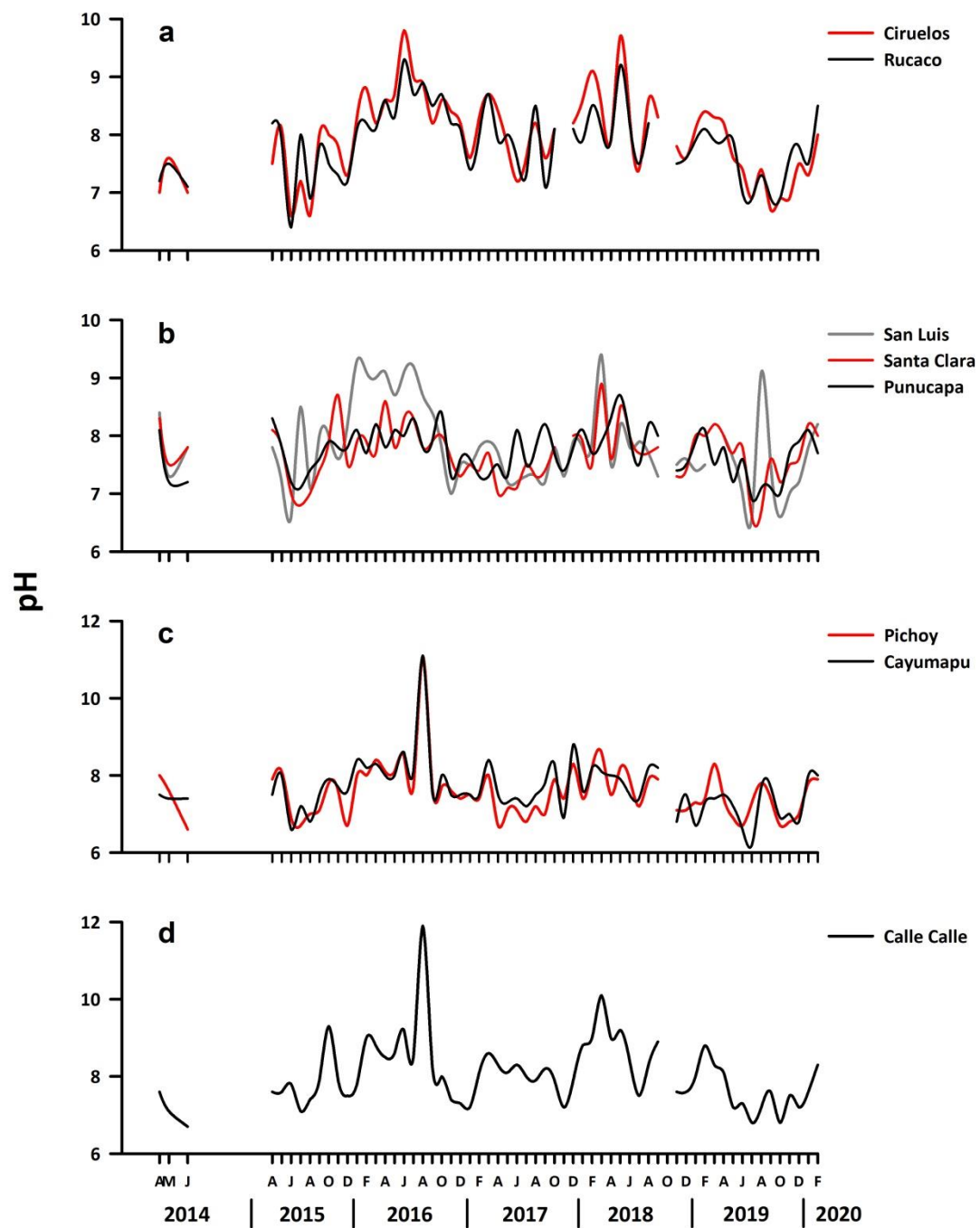
Durante todo el periodo de estudio, la conductividad mostró valores más altos y mayor heterogeneidad espacial durante los muestreos correspondientes al período comprendido entre los meses de enero a abril (Fig. 4.1.1.4). Tales meses corresponden al período de menor caudal hídrico y consecuentemente, hay mayor intrusión salina al interior del HRC; particularmente al sector Punucapa (sector estuarial), donde se presentaron los valores más altos de conductividad.

La variabilidad temporal y espacial de las concentraciones de SDT, presentó una tendencia similar a lo descrito para los valores de conductividad del agua superficial, detectándose los valores más altos durante el período estival e inicios del otoño, particularmente en la estación Punucapa, sector estuarial del HRC (Fig. 4.1.1.5).

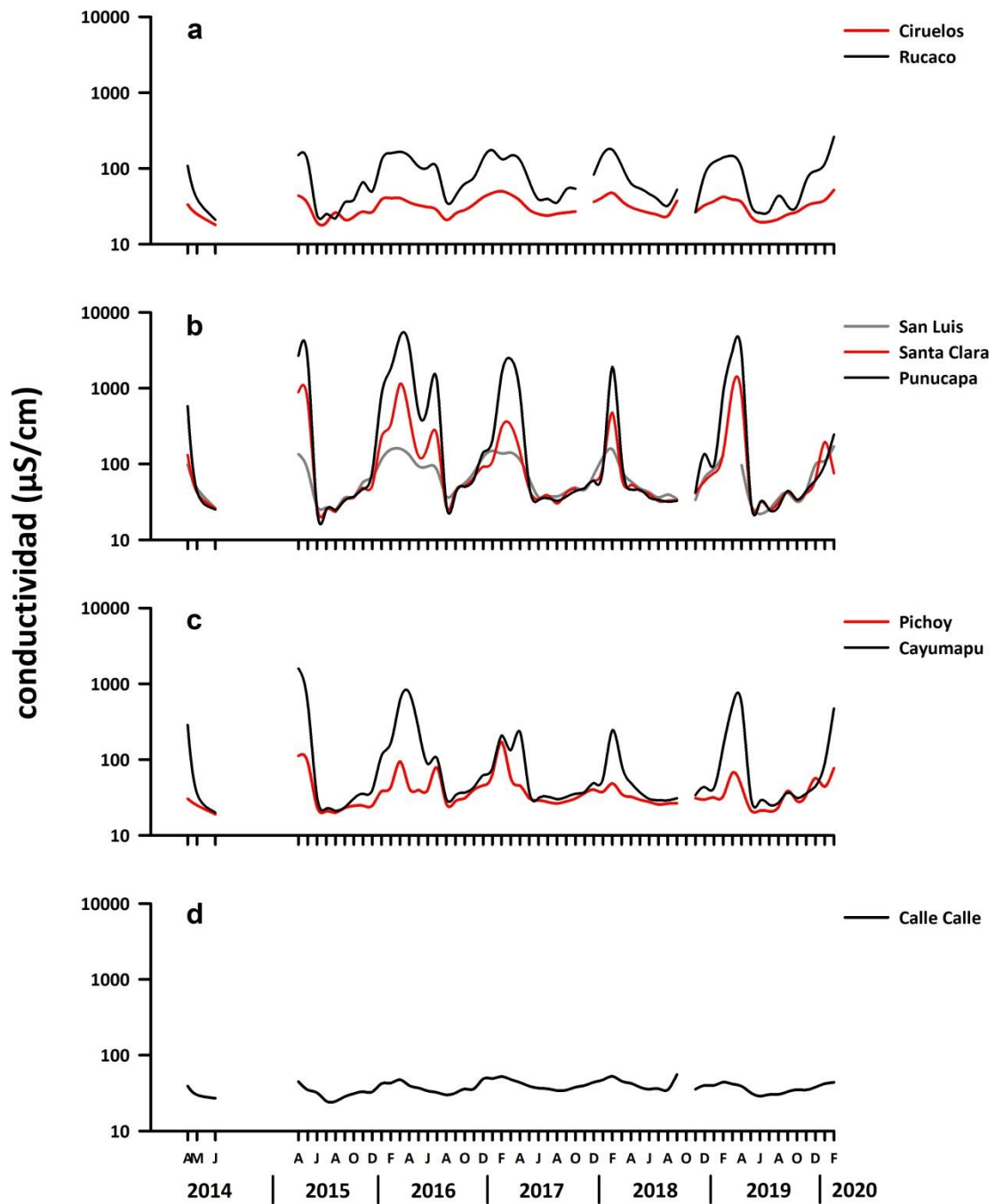


**Figura 4.1.1.2.** Comparación inter-anual de la temperatura (°C) en el agua superficial del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d).

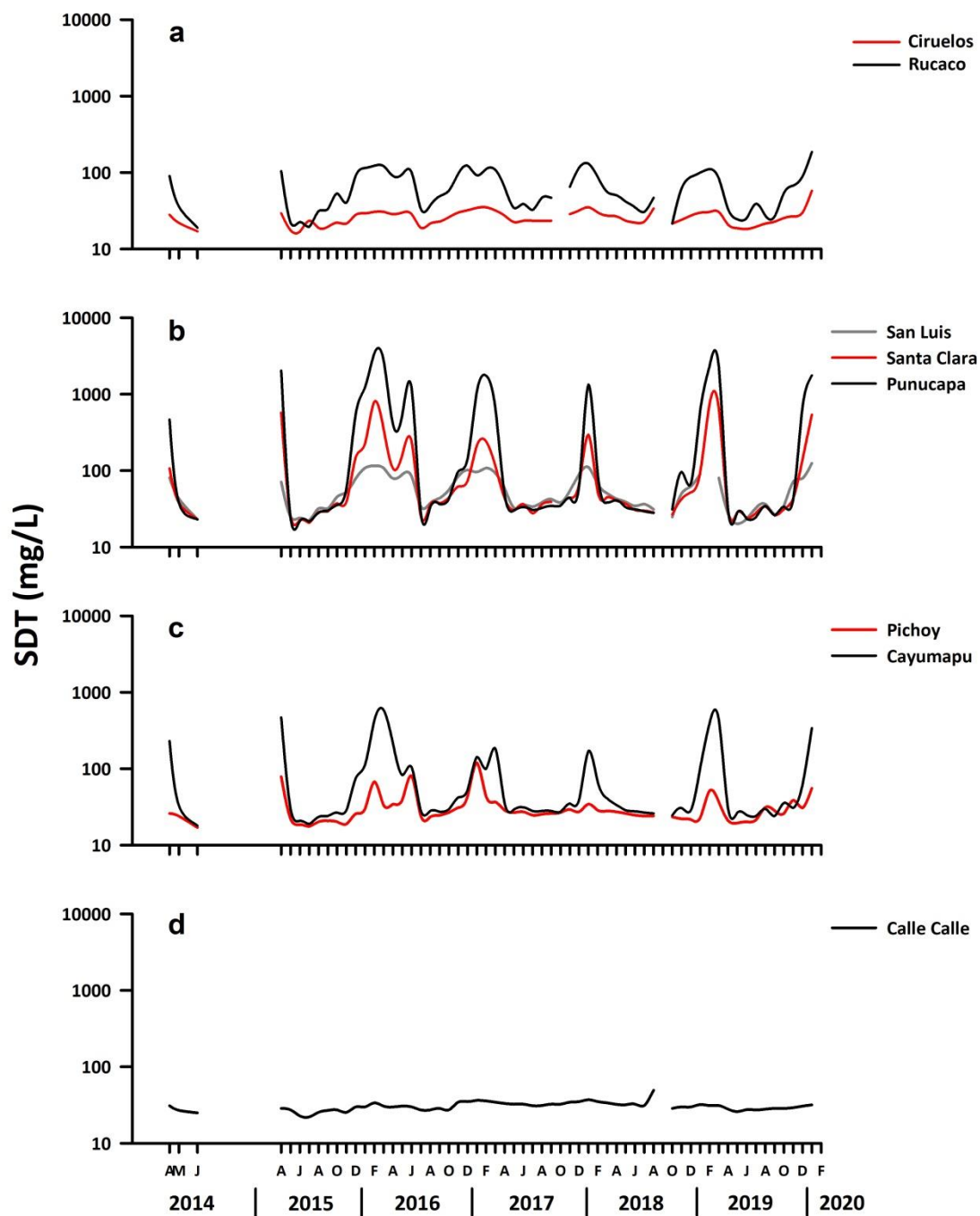




**Figura 4.1.1.3.** Comparación inter-anual del pH en el agua superficial del sector límico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d).



**Figura 4.1.1.4.** Comparación inter-anual de la conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d).



**Figura 4.1.1.5.** Comparación inter-anual de los sólidos disueltos totales (SDT) (mg/L) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d).

## **Análisis estadísticos**

### ***En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores)***

La Tabla 4.1.1.1 muestra que la temperatura del agua en el área de estudio fue significativamente más alta ( $p < 0,05$ ) durante los años 2015 y 2014, en la estación ubicada fuera del humedal (sector F o río Calle Calle) y en las del eje central del mismo (sector EE) y durante abril. No se detectó una variabilidad inter anual clara para el caso del pH, pero sí para su variabilidad espacial y estacional: valores de pH significativamente más bajos ( $p < 0,05$ ) en los ríos tributarios (sector T) y más altos durante abril (Tabla 4.1.1.1). Los valores de conductividad y SDT, fueron significativamente más altos ( $p < 0,05$ ) en el eje central del humedal y en los ríos tributarios y durante el mes de abril (período de menor caudal) (Tabla 4.1.1.1). No se detectaron diferencias interanuales significativas ( $p < 0,05$ ), para conductividad y SDT (Tabla 4.1.1.1).

**Tabla 4.1.1.1.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en la temperatura, pH, conductividad y SDT del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Sector (L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
temperatura (*)(***)	Año (A)	5	0,098	0,019	31,381	<b>&lt;0,001</b>	2015>2014>2016=2017=2018=2019
	Sector (S)	3	0,045	0,015	23,944	<b>&lt;0,001</b>	F>EE>L=T
	Mes (M)	1	0,923	0,923	1471,653	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x S x M	15	0,016	0,001	1,745	0,073	
	Error	48	0,030	0,000			
pH (*)(***)	Año (A)	5	0,044	0,008	17,972	<b>&lt;0,001</b>	2019=2016>2018=2017=2015=2014
	Sector (S)	3	0,010	0,003	7,204	<b>&lt;0,001</b>	L=EE=F>T
	Mes (M)	1	0,006	0,006	13,861	<b>0,010</b>	A > J
	A x S x M	15	0,004	0,000	0,540	0,904	
	Error	48	0,023	0,000			
conductividad (*)(***)	Año (A)	5	1,647	0,329	1,901	0,112	
	Sector (S)	3	3,634	1,211	6,988	<b>&lt;0,001</b>	EE=T>L=F
	Mes (M)	1	4,879	4,879	28,152	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x S x M	15	0,714	0,047	0,275	0,996	
	Error	48	8,319	0,173			
SDT (*)(***)	Año (A)	5	1,801	0,360	1,720	0,148	
	Sector (S)	3	3,519	1,173	5,600	<b>0,002</b>	EE=T>L=F
	Mes (M)	1	2,684	2,684	12,813	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x S x M	15	1,086	0,072	0,346	0,986	
	Error	48	10,055	0,209			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a log<sub>10</sub> o raíz cuadrada; (\*\*\*) No cumple los supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

La Tabla 4.1.1.2 muestra que la temperatura del agua en el área de estudio fue significativamente más alta ( $p < 0,05$ ) durante los años 2015 y 2014, en la estación ubicada fuera del humedal (río Calle Calle), en estaciones del eje central del mismo (Punucapa y Santa Clara) y durante abril. Para el caso del pH, no se observó una tendencia clara al realizar comparaciones interanuales, pero sí al comparar estaciones de muestreo y estacionalidad: los valores más altos para este parámetro se midieron en aguas del eje central del HRC (San Luis y Punucapa) y durante abril (Tabla 4.1.1.2). Los valores de conductividad y SD fueron significativamente más altos ( $p < 0,05$ ) durante el año 2016 y en las estaciones Punucapa para el primer parámetro y Punucapa, Santa Clara y Cayumapu para el segundo (Tabla 4.1.1.2). Las estaciones Ciruelos, Rucaco (sector límnico), San Luis (eje central del HRC), Pichoy (tributario) y Calle Calle (fuera del HRC), fueron las que tuvieron los valores más bajos de conductividad y SD. Similar a lo observado en la aproximación de análisis a, los valores más altos de ambos parámetros se midieron en abril (período de menor caudal hídrico) (Tabla 4.1.1.2).

**Tabla 4.1.1.2.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de temperatura, pH, conductividad y SDT del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci= Ciruelos, Ru= Rucaco, SL= San Luis, SC= Santa Clara, Pu= Punucapa, Pi= Pichoy, Ca= Cayumapu y CC= Calle Calle) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
temperatura (**)	Año (A)	5	89,958	17,992	60,228	<b>&lt;0,001</b>	2015>2014>2017=2016=2018=2019
	Estación (E)	7	42,267	6,038	20,213	<b>&lt;0,001</b>	CC=Pu=SC>Ca=Ru>Ci=SL=Pi
	Mes (M)	1	760,500	760,500	2545,811	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	Residual	35	10,455	0,299			
	Total	95	995,453	10,478			
pH (**)	Año (A)	5	16,499	3,300	29,588	<b>&lt;0,001</b>	2019=2016>2014=2015=2017=2018
	Estación (E)	7	5,520	0,789	7,070	<b>&lt;0,001</b>	SL>Pu=Pi=Ca; SL=Ci=Ru=CC>Pi
	Mes (M)	1	1,815	1,815	16,275	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	Residual	35	3,903	3,903			
	Total	95	37,666	37,666			
conductividad (*)(**)	Año (A)	5	3,106	0,621	14,772	<b>&lt;0,001</b>	2016>2014=2015=2017=2019; 2019>2018
	Estación (E)	7	7,723	1,103	26,235	<b>&lt;0,001</b>	Pu>Ca=SC=Ru=SL>Ci=Pi=CC
	Mes (M)	1	7,934	7,934	188,677	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	Residual	35	1,472	0,042			
	Total	95	28,899	0,304			
SDT (*)	Año (A)	5	3,286	0,658	8,492	<b>&lt;0,001</b>	2016>2018; 2016=2014=2015=2017=2019
	Estación (E)	7	8,448	1,207	15,582	<b>&lt;0,001</b>	Pu=Ca=SC>Ci=Ru=SL=Pi=CC
	Mes (M)	1	4,884	4,884	63,062	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	Residual	35	2,711	0,077			
	Total	95	28,007	0,295			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a log<sub>10</sub> o raíz cuadrada; (\*\*) Cumple al menos un supuesto de ANDEVA.

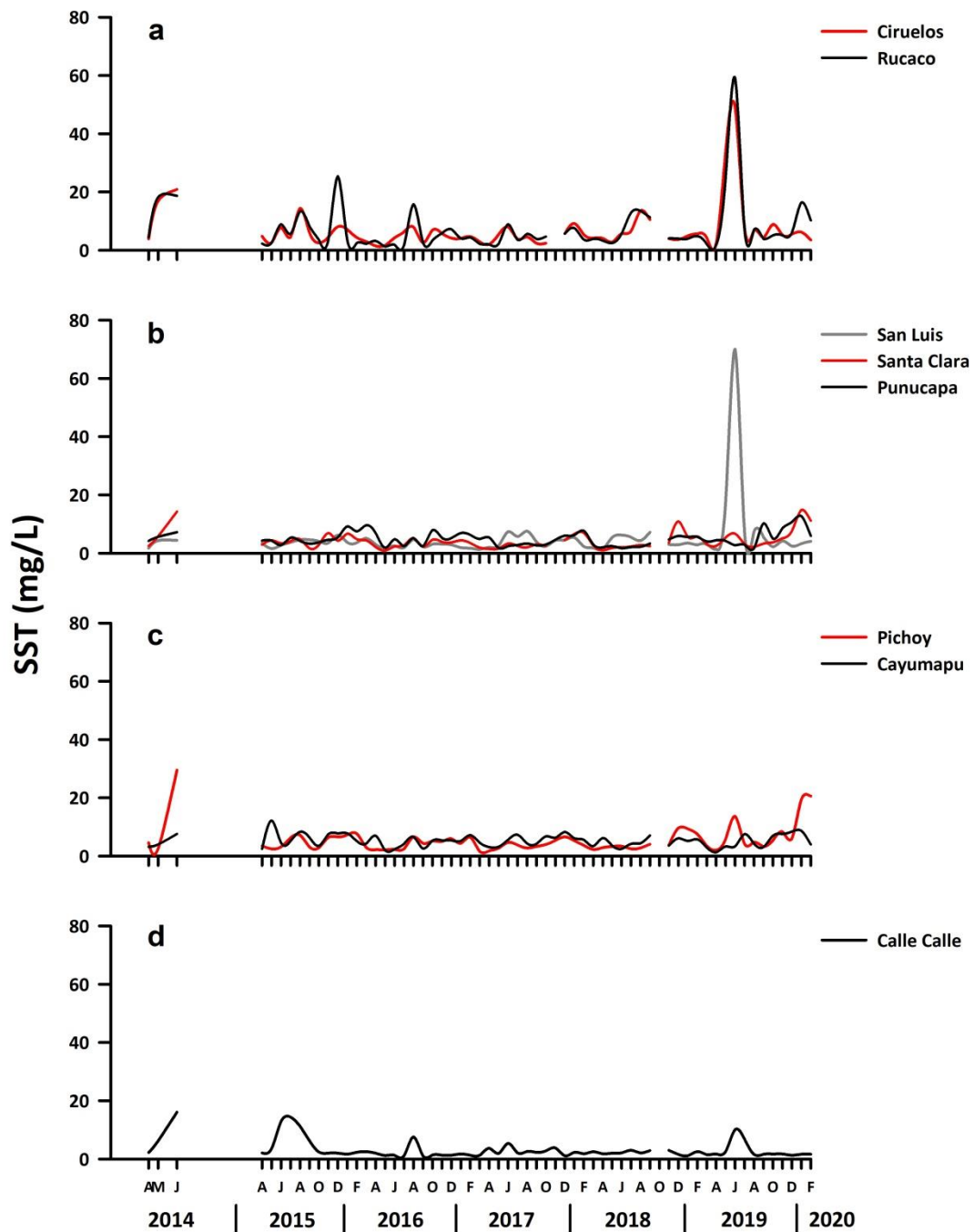
### **Sólidos suspendidos totales (SST) y transparencia del agua**

Las Tablas 4.1.1.5 y 4.1.1.6 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.6 y 4.1.1.7, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de sólidos suspendidos totales y la transparencia del agua en el área de estudio, durante el período 2014-2019.

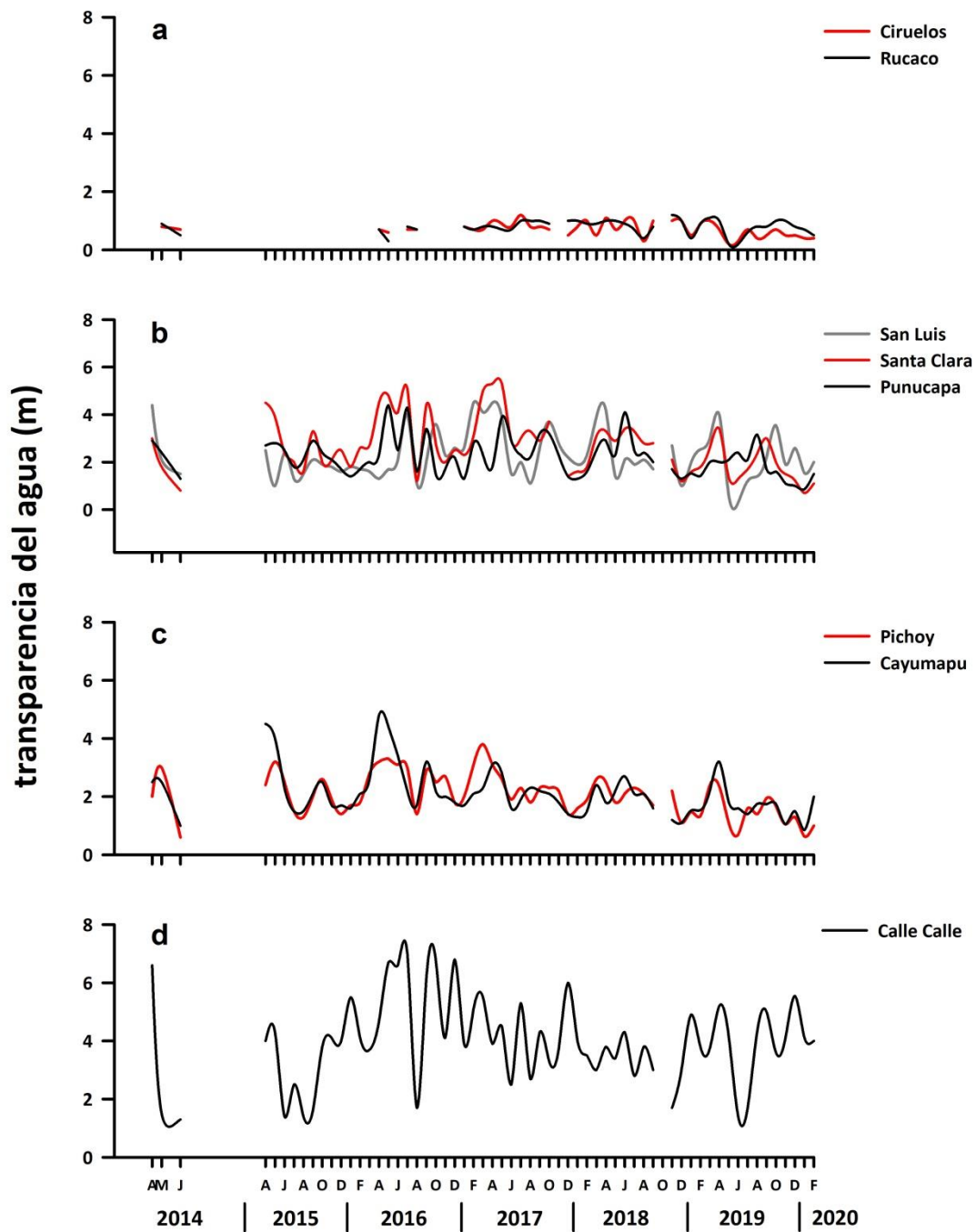
En términos generales, las concentraciones de SST fueron más altas en el sector límnico (particularmente en Rucaco) y en los ríos tributarios del HRC, durante las estaciones de otoño e invierno (Fig. 4.1.1.6). El aumento de caudal hídrico y precipitaciones durante ese período, resulta probablemente en mayor resuspensión de sedimentos del fondo en estaciones de poca profundidad como las del sector límnico (Ciruelos y Rucaco); más aún, durante el invierno (mayor precipitación) y en comparación con los otros sitios de muestreo, esas estaciones captarían mayor cantidad de sedimentos en sus cauces debido a la menor amplitud de los mismos; *i.e.*, mayor efecto de la escorrentía superficial proveniente de áreas agrícolas aledañas. La Figura 4.1.1.6 muestra que en general, las concentraciones más bajas de SST se estimaron en aguas de la estación ubicada fuera del HRC (río Calle Calle).

Los valores más altos de transparencia se observaron en la estación ubicada fuera del HRC (río Calle Calle); la misma que en general ha tenido las concentraciones más bajas de SST durante todo el período de estudio (*cf.* Fig. 4.1.1.6 y 4.1.1.7). Los datos obtenidos en los sectores Ciruelos y Rucaco, no representan una medida real de transparencia debido a que estos fueron obtenidos desde la orilla del cauce, por la imposibilidad de acceder al centro de este.





**Figura 4.1.1.6.** Comparación inter-anual en las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) (mg/L) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d).



**Figura 4.1.1.7.** Comparación inter-anual de la transparencia (m) del agua en el sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d).

## Análisis estadísticos

### ***En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores)***

La Tabla 4.1.1.3 muestra que las concentraciones de SST fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2014 y 2015, en el sector límnico y durante el periodo de mayor caudal hídrico (julio). La transparencia del agua fue significativamente más alta ( $p < 0,05$ ) durante los años 2016 y 2014, en la estación ubicada fuera del humedal (río Calle Calle) y durante el mes de menor caudal hídrico (abril) (Tabla 4.1.1.3).

**Tabla 4.1.1.3.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de SST y transparencia del agua en el área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Sector (L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
SST (*)(***)	Año (A)	5	1,485	0,297	7,577	<b>&lt;0,001</b>	2014>2015=2016=2017=2018=2019
	Sector (S)	3	0,365	0,122	3,108	<b>0,035</b>	L=EE=T=F
	Mes (M)	1	1,675	1,675	42,756	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x S x M	15	0,621	0,0414	1,056	0,419	
	Error	48	1,881	0,0392			
Transparencia (*)(**)(1)	Año (A)	5	20,430	4,086	5,510	<b>&lt;0,001</b>	2016>2014=2015=2018=2019; 2016=2017
	Sector (S)	2	23,240	11,620	15,671	<b>&lt;0,001</b>	F>EE=T
	Mes (M)	1	19,009	19,009	25,635	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x S x M	10	17,895	1,789	2,413	<b>0,026</b>	
	Error	36	26,695	0,742			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA. (1) No se ingresó al análisis el sector límnico.

**En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):**

La Tabla 4.1.1.4 muestra que las concentraciones de SST fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el periodo de mayor caudal (julio). No se detectaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre años y estaciones. Los valores de transparencia del agua fueron significativamente más altos ( $p < 0,05$ ) durante los años 2016 y 2015, durante el periodo de bajo caudal hídrico (abril) y en las estaciones San Luis y Calle Calle, esta última ubicada fuera del HRC (Tabla 4.1.1.4).

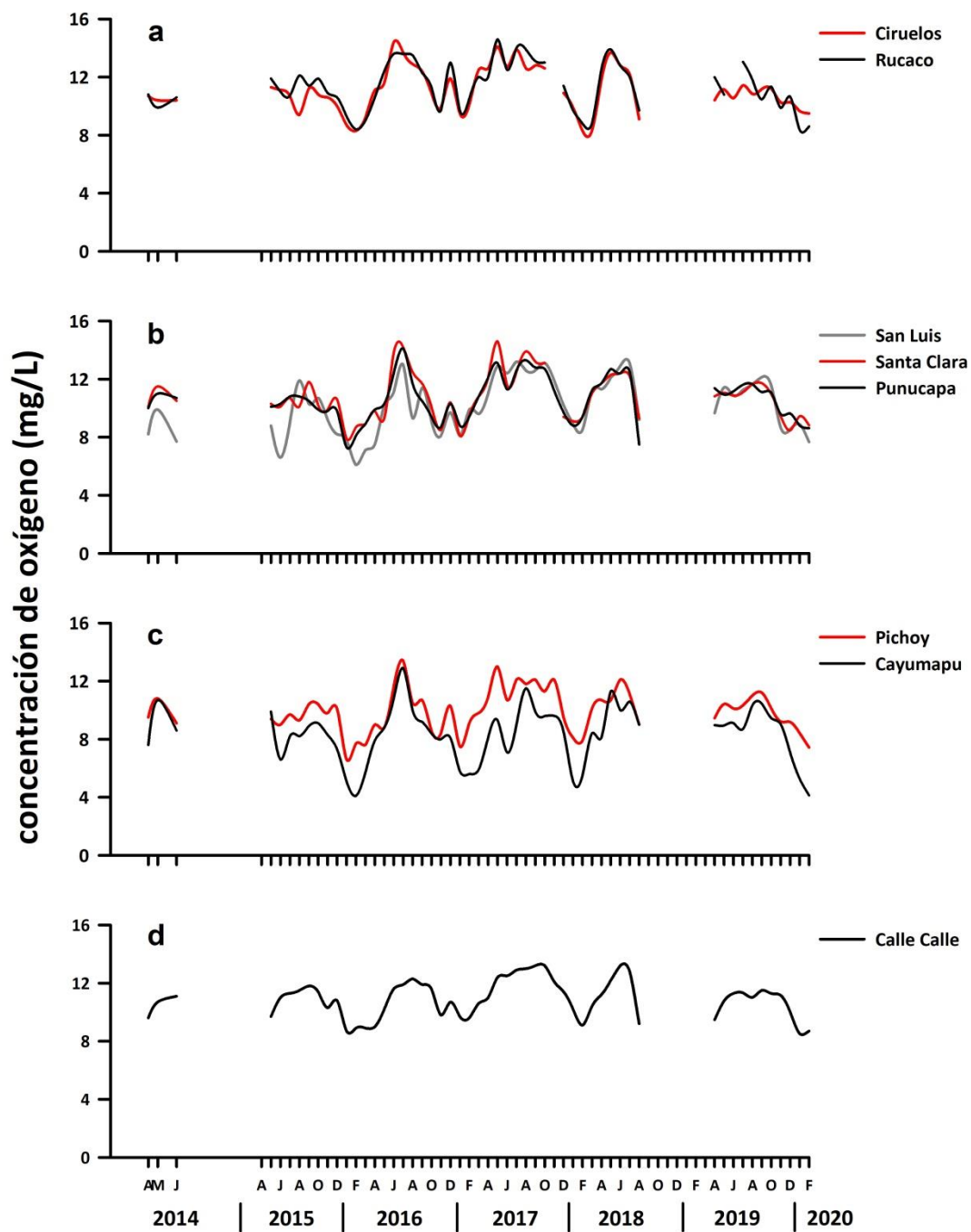
**Tabla 4.1.1.4.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de SST y transparencia del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci= Ciruelos, Ru= Rucaco, SL= San Luis, SC= Santa Clara, Pu= Punucapa, Pi= Pichoy, Ca= Cayumapu y CC= Calle Calle) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
SST (*)(**)	Año (A)	4	22,801	5,700	1,258	0,310	
	Estación (E)	7	39,602	5,657	1,249	0,311	
	Mes (M)	1	67,161	67,161	14,827	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	Error	28	126,833	4,530			
Transparencia (*)(1)	Año (A)	4	0,295	0,0737	4,170	<b>0,013</b>	2016>2014=2015=2019; 2016=2017=2018
	Estación (E)	5	0,434	0,0867	4,906	<b>0,004</b>	CC>SL=SC=Pu=Pi=Ca
	Mes (M)	1	0,282	0,282	15,951	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	Error	20	0,354	0,0177			

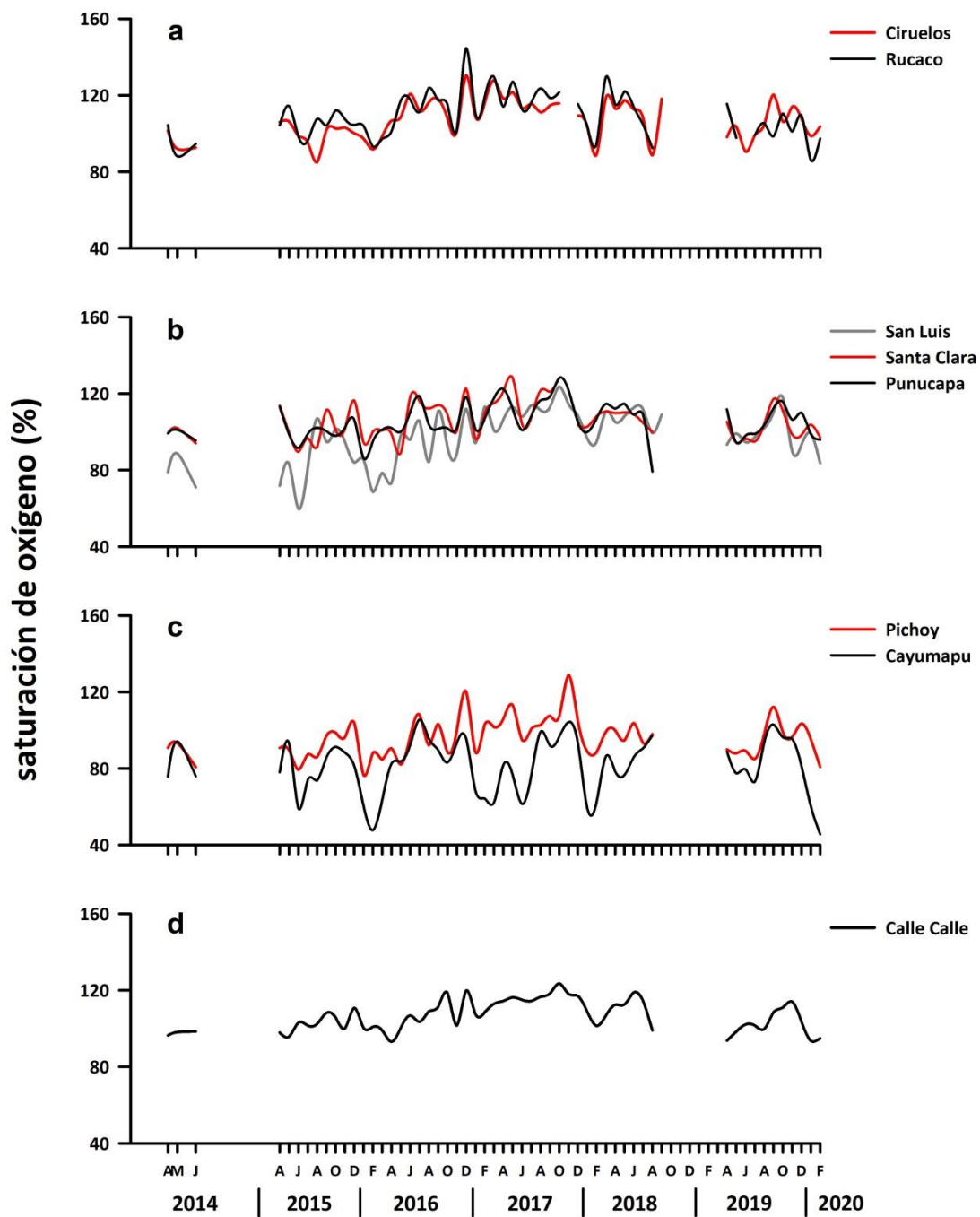
GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA. (1) No se ingresaron al análisis las estaciones Ciruelos y Rucaco.

### Oxígeno disuelto y saturación de oxígeno

Las Tablas 4.1.1.7 y 4.1.1.8 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.8 y 4.1.1.9, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de la concentración (mg/L) y saturación (%) de oxígeno, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.



**Figura 4.1.1.8.** Comparación inter-anual de las concentraciones de oxígeno (mg/L) en el agua superficial del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d).



**Figura 4.1.1.9.** Comparación inter-anual de la saturación de oxígeno (%) en el agua superficial del sector límico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d).

## Análisis estadísticos

### *En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores)*

La concentración y saturación de oxígeno muestran tendencias similares, ya que ambos parámetros presentaron valores significativamente más bajos ( $p < 0,05$ ) durante los años 2014 y 2015 y particularmente en los ríos tributarios (Tabla 4.1.1.5). La concentración de  $O_2$  fue significativamente más alta ( $p < 0,05$ ) durante la temporada de mayor caudal hídrico (julio), mientras que la saturación no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en cuanto a este factor (Tabla 4.1.1.5).

**Tabla 4.1.1.5.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en la concentración y saturación de oxígeno del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Oxígeno (mg/L) (*)(**)	Año (A)	5	58,250	11,650	14,519	<b>&lt;0,001</b>	2016=2017=2018=2019>2014=2015
	Sector (S)	3	48,018	16,006	19,947	<b>&lt;0,001</b>	L=EE=F>T
	Mes (M)	1	44,840	44,840	55,880	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	Error	48	38,517	0,802			
Oxígeno (%) (**)	Año (A)	5	2986,234	597,247	6,493	<b>&lt;0,001</b>	2017>2014=2015=2019; 2018>2014=2015
	Sector (S)	3	4709,767	1569,922	17,069	<b>&lt;0,001</b>	L=EE=F>T
	Mes (M)	1	0,525	0,525	0,005	0,940	
	Error	48	4414,923	91,978			

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA.

**En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):**

En general, las concentraciones y saturaciones de oxígeno fueron significativamente más bajas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2014 y 2015, en el río Cayumapu y en el período de menor caudal hídrico (abril) (Tabla 4.1.1.6).

**Tabla 4.1.1.6.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en la concentración y saturación de oxígeno del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci= Ciruelos, Ru= Rucaco, SL= San Luis, SC= Santa Clara, Pu= Punucapa, Pi= Pichoy, Ca= Cayumapu y CC= Calle Calle) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

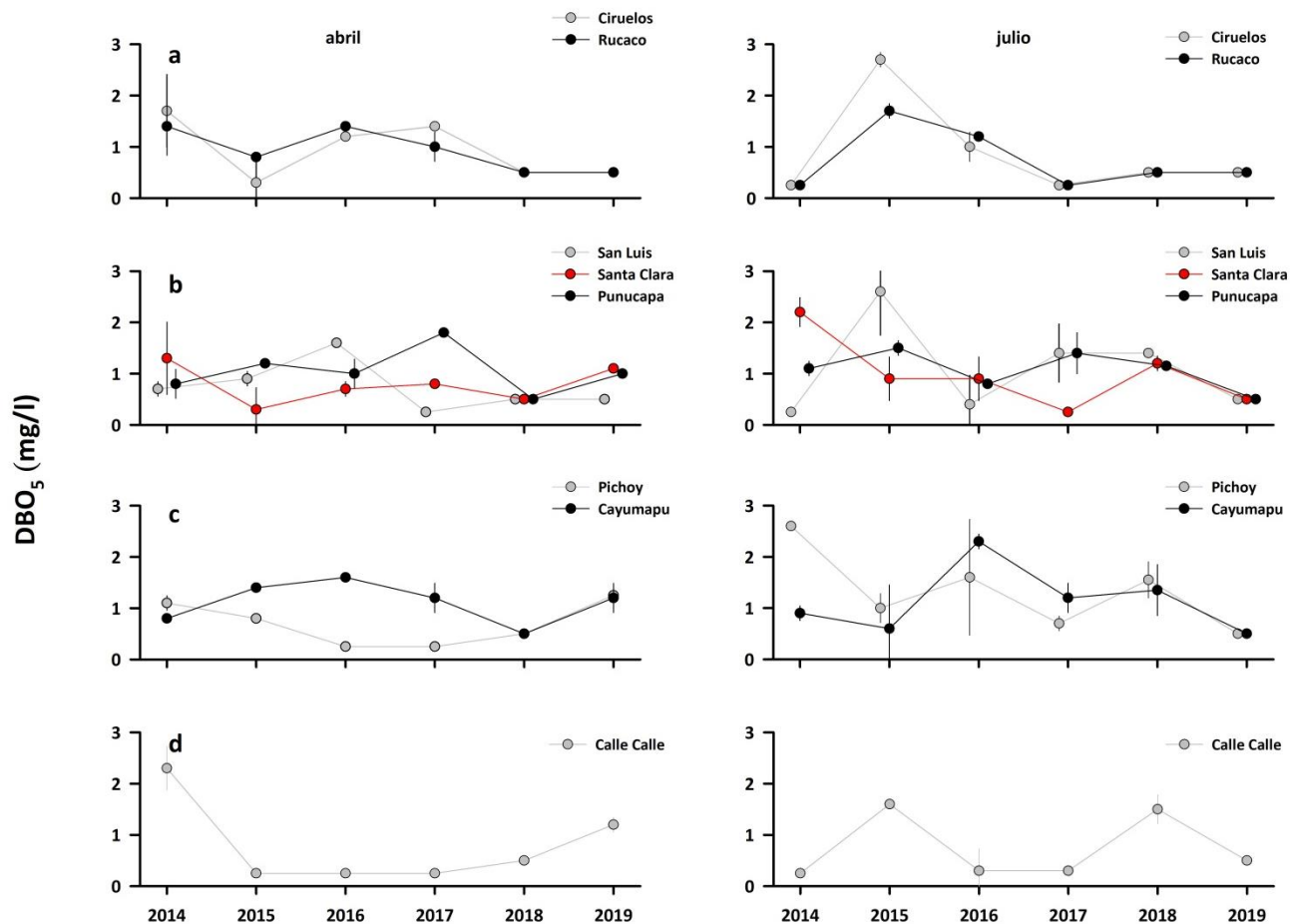
Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Oxígeno (mg/L) (*)	Año (A)	4	54,106	13,526	29,826	<b>&lt;0,001</b>	2017=2018=2016>2019>2015=2014
	Estación (E)	7	54,994	7,856	17,323	<b>&lt;0,001</b>	Ci=Ru=SL=SC=Pu=CC=Pi>Ca
	Mes (M)	1	53,628	53,628	118,252	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	Error	28	12,698	0,454			
Oxígeno (%) (*)(**)	Año (A)	4	5,530	1,383	25,478	<b>&lt;0,001</b>	2017=2018=2016>2019=2014=2015
	Estación (E)	7	15,565	2,224	40,976	<b>&lt;0,001</b>	Ci=Ru=Pu=SC=CC>SL=Pi>Ca
	Mes (M)	1	0,001	0,001	0,0186	0,892	
	Error	28	1,519	0,054			

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA.

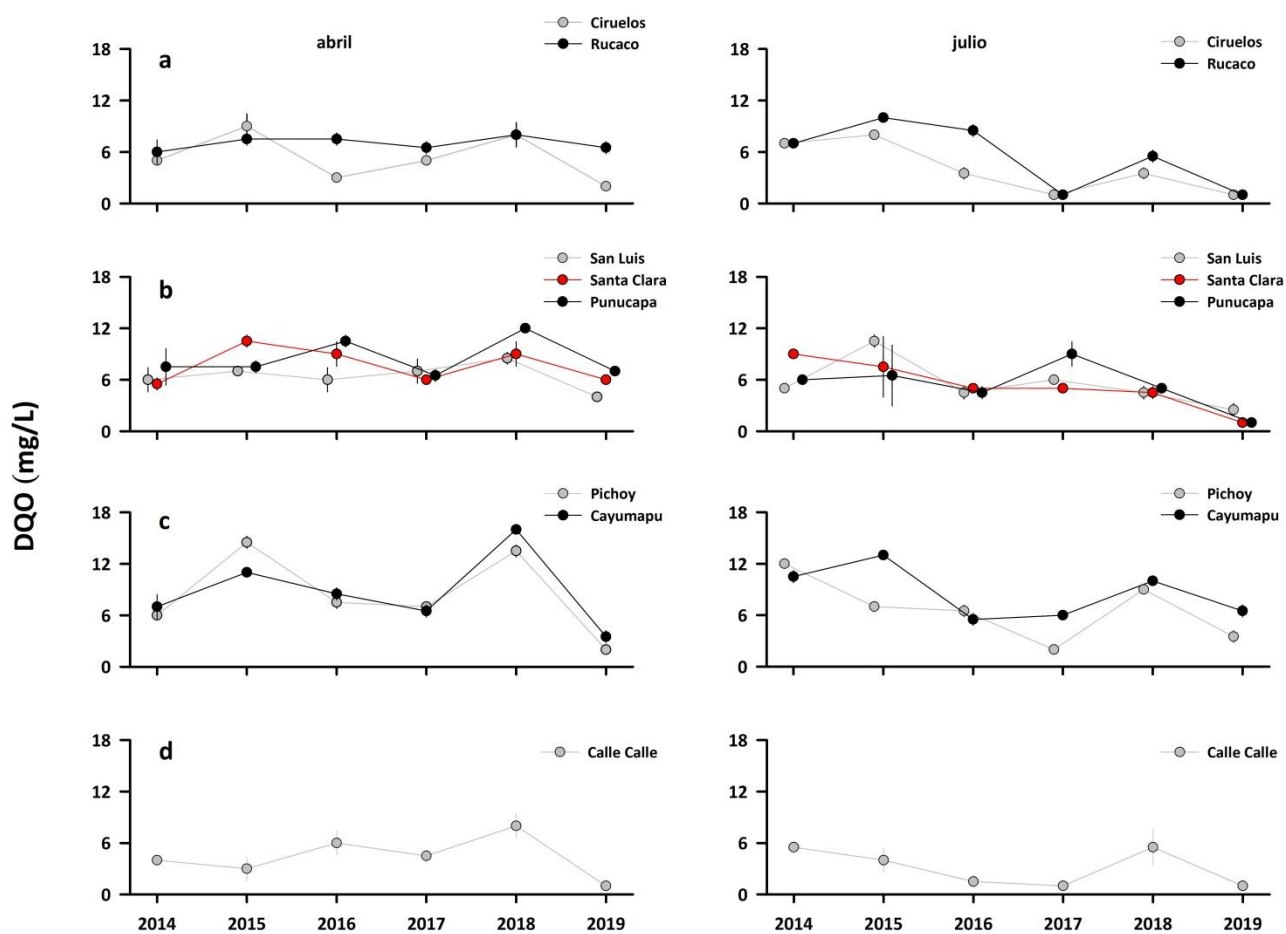
### **Demanda Bioquímica (DBO<sub>5</sub>) y Química de Oxígeno (DQO)**

Las Tablas 4.1.1.9 y 4.1.1.10 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.10 y 4.1.1.11, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de la DBO<sub>5</sub> y DQO, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.





**Figura 4.1.1.10.** Comparación inter-anual de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) (mg/L) en el agua superficial del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.1.11.** Comparación inter-anual de la demanda química de oxígeno (DQO) (mg/L) en el agua superficial del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

## Análisis estadísticos

### **En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores)**

La demanda bioquímica de oxígeno fue significativamente más alta ( $p < 0,05$ ) durante los años 2014, 2015 y 2018; no se encontraron diferencias significativas entre estaciones o meses de muestreo ( $p > 0,05$ ) (Tabla 4.1.1.7). A su vez, la demanda química de oxígeno fue significativamente más alta ( $p < 0,05$ ) durante los años 2015 y 2018, en ríos tributarios y durante el mes de abril (Tabla 4.1.1.7).

**Tabla 4.1.1.7.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en la demanda bioquímica y química de oxígeno del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
DBO <sub>5</sub> (*)(***)	Año (A)	5	2,912	0,582	3,188	<b>0,009</b>	2014=2015=2018>2017; 2017=2016=2019
	Sector (S)	3	0,862	0,287	1,573	0,199	
	Mes (M)	1	0,229	0,229	1,255	0,264	
	A x S x M	15	13,229	0,882	4,828	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	26,308	0,193			
DQO (*)(***)	Año (A)	5	505,270	101,054	39,804	<b>&lt;0,001</b>	2018=2015>2014=2016=2017>2019
	Sector (S)	3	323,097	107,699	42,422	<b>&lt;0,001</b>	T>EE>L>F
	Mes (M)	1	79,762	79,762	31,418	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x S x M	15	144,861	9,657	3,804	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	365,583	2,539			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar H<sub>0</sub>; (\*) = Datos transformados a log<sub>10</sub> o raíz cuadrada; (\*\*\*) No cumple los supuestos de ANDEVA.

### **En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):**

La demanda bioquímica de oxígeno difirió significativamente ( $p < 0,05$ ) entre años, (valores más altos durante los años 2014-2015 y 2018-2019), estaciones (valor más alto en Cayumapu) y meses de muestreo (mayor demanda en julio) (Tabla 4.1.1.8). La demanda

química de oxígeno mostró una variabilidad similar a la de la demanda bioquímica, pero con valores más altos durante abril (Tabla 4.1.1.8).

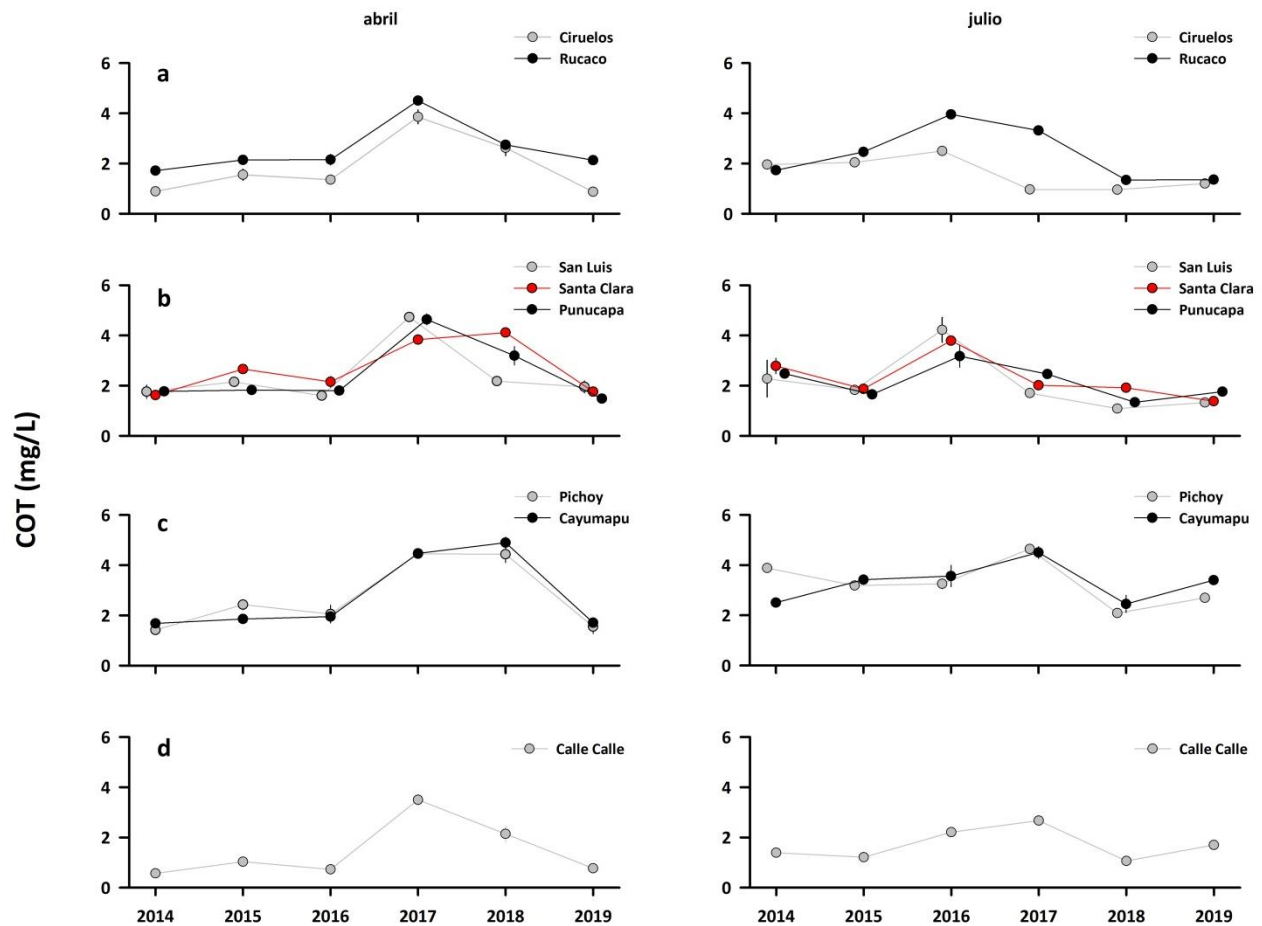
**Tabla 4.1.1.8.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en la demanda bioquímica y química de oxígeno del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci= Ciruelos, Ru= Rucaco, SL= San Luis, SC= Santa Clara, Pu= Punucapa, Pi= Pichoy, Ca= Cayumapu y CC= Calle Calle) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
DBO <sub>5</sub> (*)(***)	Año (A)	5	2,102	0,420	5,348	<b>&lt;0,001</b>	2014=2015=2018=2019>2017=2016
	Estación (E)	7	1,236	0,177	2,246	<b>0,037</b>	Ca>CC; Ca=Ci=Ru=SL=SC=Pu=Pi
	Mes (M)	1	0,553	0,553	7,030	<b>0,009</b>	J > A
	A × E × M	35	18,947	0,541	6,888	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	7,545	0,078			
DQO (*)(***)	Año (A)	5	26,348	5,270	154,222	<b>&lt;0,001</b>	2015=2018>2014>2016>2017>2019
	Estación (E)	7	16,440	2,349	68,732	<b>&lt;0,001</b>	Ca>Pi=Pu=SC=Ru=SL>Ci>CC
	Mes (M)	1	5,259	5,259	153,922	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A × E × M	35	12,176	0,348		<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	3,280	0,034			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a log<sub>10</sub> o raíz cuadrada; (\*\*\*) No cumple los supuestos de ANDEVA.

### Carbono orgánico total (COT)

La Tabla 4.1.1.11 del ANEXO 2 de este Capítulo y la Figura 4.1.1.12, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de carbono orgánico total, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.



**Figura 4.1.1.12.** Comparación inter-anual de las concentraciones de carbono orgánico total (mg/L) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

### **Análisis estadísticos**

#### ***En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores)***

La Tabla 4.1.1.9 muestra diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de carbono orgánico, con tendencias inter-anales no definidas y valores más altos en ríos tributarios.

**Tabla 4.1.1.9.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de COT del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
COT (*)(***)	Año (A)	5	6,107	1,221	58,282	<b>&lt;0,001</b>	2017>2016=2018>2014=2015=2019
	Sector (S)	3	4,422	1,474	70,355	<b>&lt;0,001</b>	T>EE>L>F
	Mes (M)	1	0,072	0,072	3,441	0,066	
	A x S x M	15	0,917	0,061	2,918	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	3,018	0,021			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a log<sub>10</sub> o raíz cuadrada; (\*\*\*) No cumple los supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

Las concentraciones de carbono orgánico total fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el año 2017 y en Cayumapu y Pichoy (Tabla 4.1.1.10). No se observaron diferencias estacionales significativas ( $p > 0,05$ ) en las concentraciones de este parámetro (Tabla 4.1.1.10).

**Tabla 4.1.1.10.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de COT del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci= Ciruelos, Ru= Rucaco, SL= San Luis, SC= Santa Clara, Pu= Punucapa, Pi= Pichoy, Ca= Cayumapu y CC= Calle Calle) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

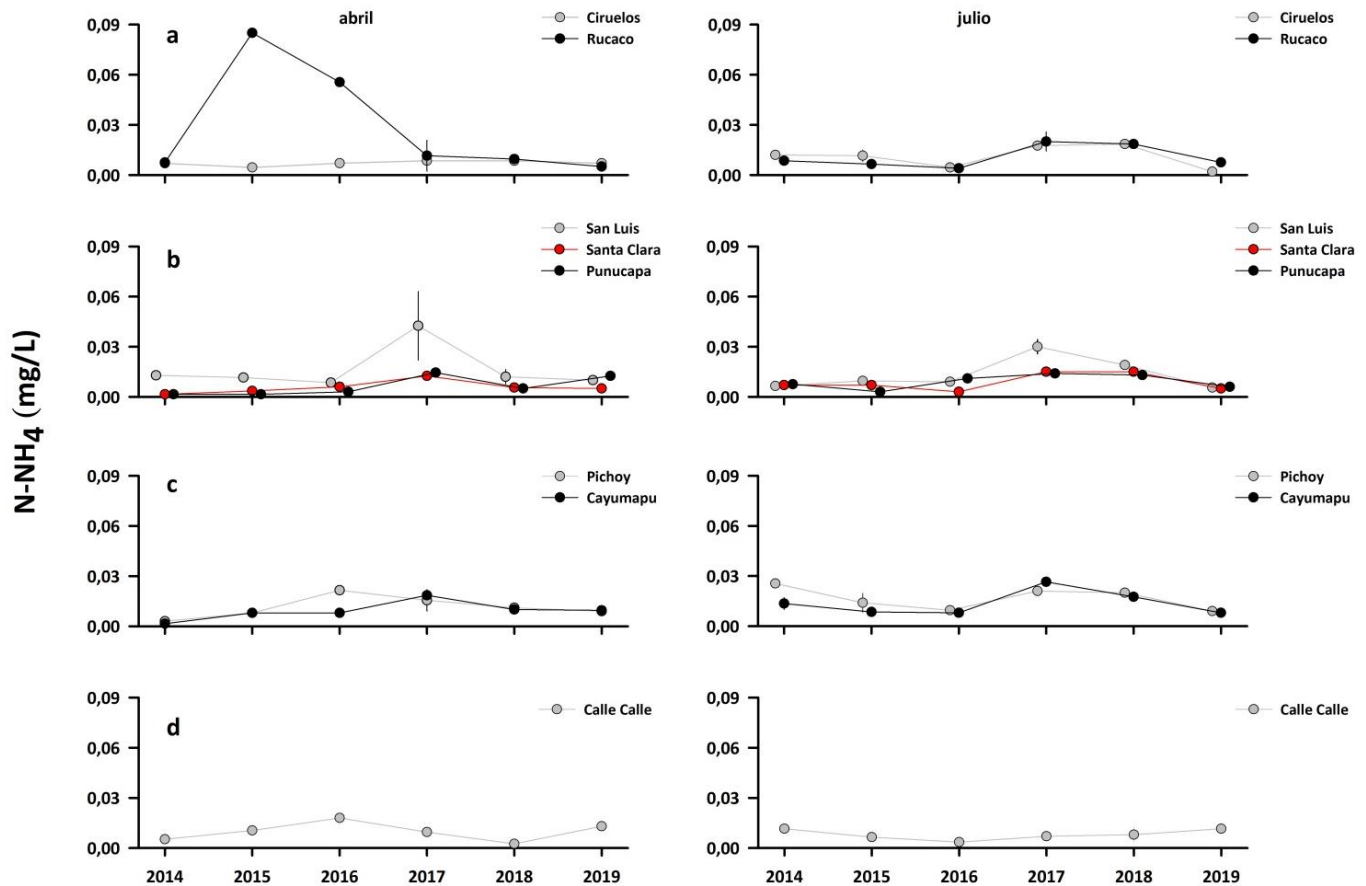
Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Prueba de Tukey
COT (*)(***)	Año (A)	5	67,301	13,460	379,945	<b>&lt;0,001</b>	2017>2016=2018>2015>2014>2019
	Estación (E)	7	46,064	6,580	185,750	<b>&lt;0,001</b>	Ca=Pi>Ru=SC>Pu=SL>CC=Ci
	Mes (M)	1	0,0103	0,010	0,292	0,590	
	A x E x M	35	19,918	0,569	16,064	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	233,262	0,035			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados Log<sub>10</sub> o raíz cuadrada (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.

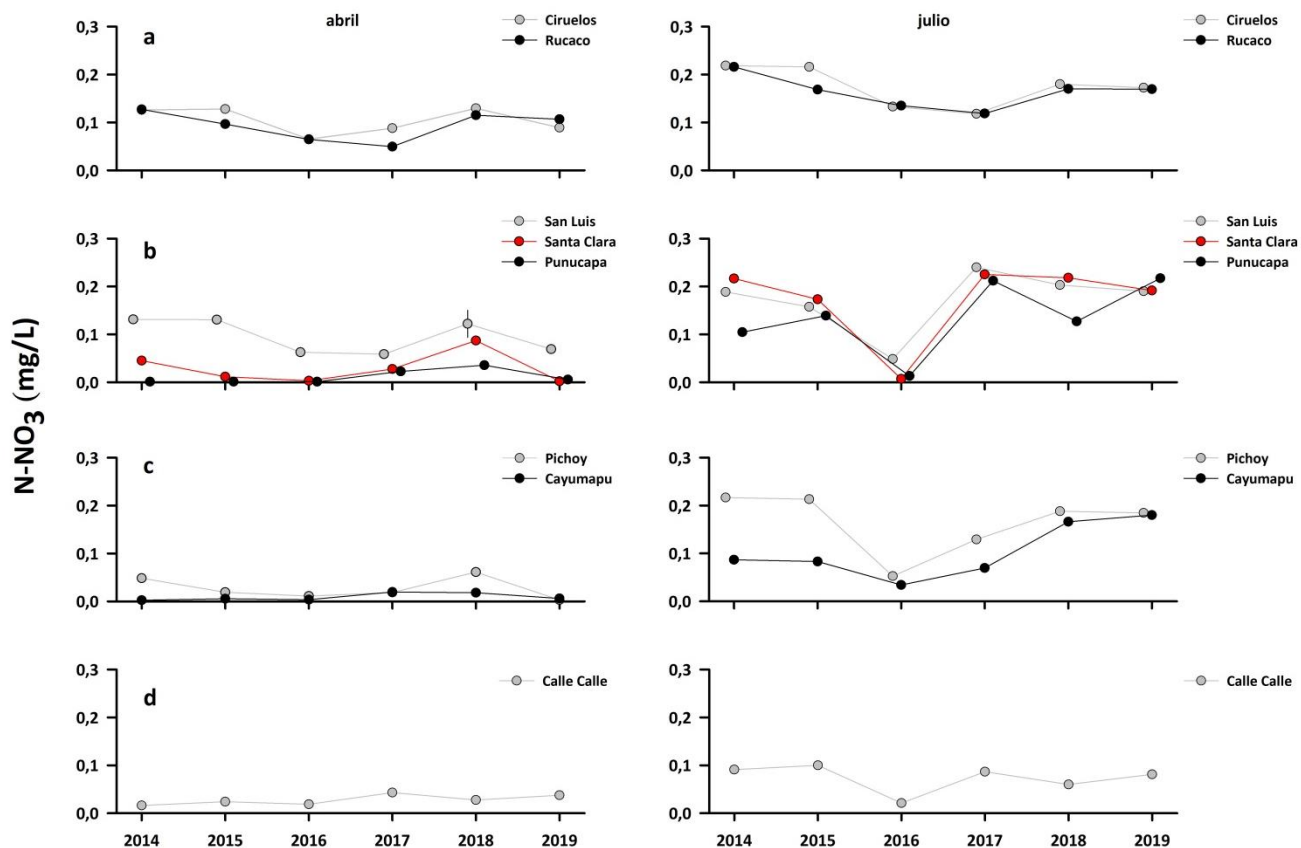
## Nutrientes

### Amonio, nitrato, nitritos y nitrógeno total

Las Tablas 4.1.1.12 a 4.1.1.15 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.13 a 4.1.1.16, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de Amonio, Nitrato, Nitrito y Nitrógeno total, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.

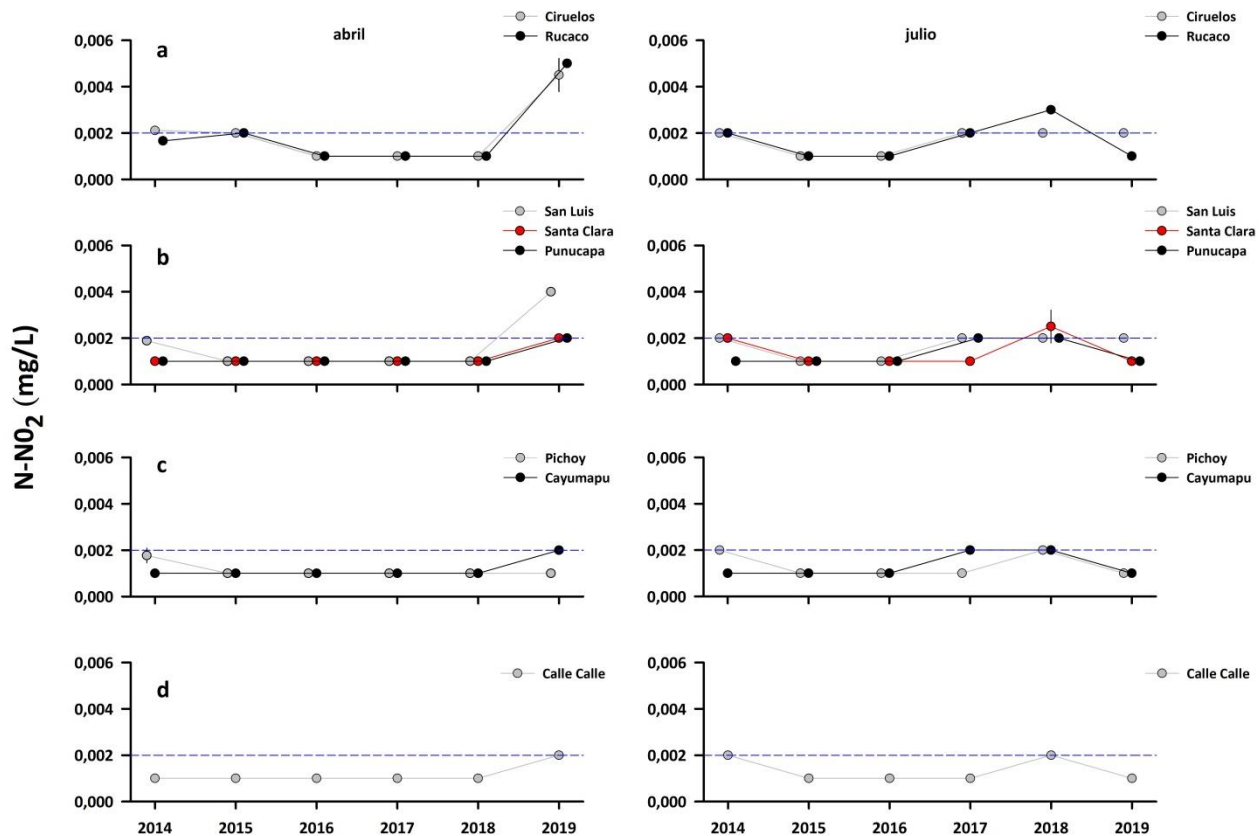


**Figura 4.1.1.13.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Amonio (N-NH<sub>4</sub>) (mg/L) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

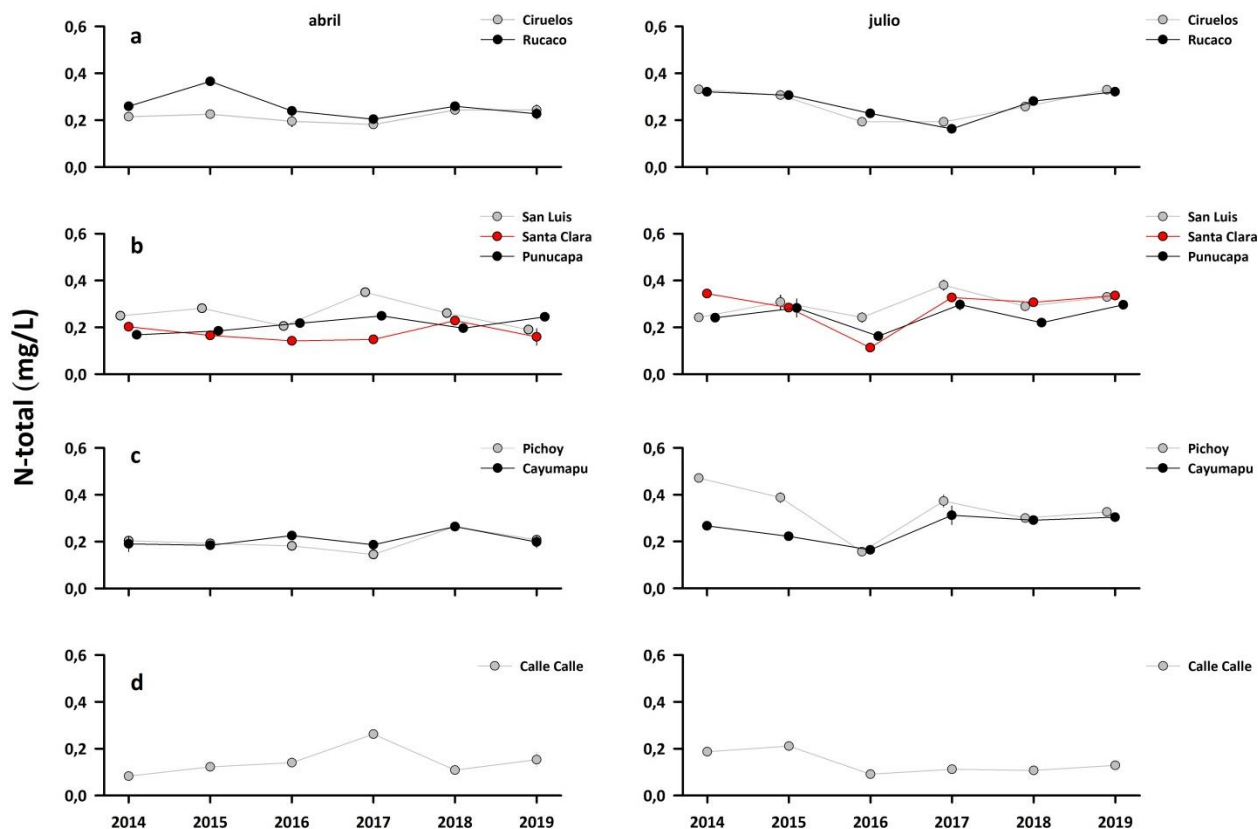


**Figura 4.1.1.14.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Nitrato ( $\text{N-NO}_3$ ) (mg/L) en el agua superficial del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.





**Figura 4.1.1.15.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Nitrito (N-NO<sub>2</sub>) (mg/L) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas. La línea segmentada azul indica el límite de detección del método utilizado.



**Figura 4.1.1.16.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Nitrógeno total (N-total) (mg/L) en el agua superficial del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. No se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

### Análisis estadísticos

No se realizaron análisis estadísticos para las concentraciones de Nitrito, debido a que no fue detectado en la mayoría de las campañas y estaciones del área de estudio (ver Fig. 4.1.1.15).

#### ***En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores)***

La Tabla 4.1.1.11 muestra diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) para las concentraciones de Amonio, Nitrato y Nitrógeno total; sin embargo, solo las de Nitrato y Nitrógeno total mostraron tendencias definidas, con concentraciones más altas durante el

período 2017-2019. En general, tanto Nitrato como Nitrógeno total tuvieron concentraciones significativamente más altas en aguas del sector límnico y eje estuarial del HRC y durante el período de mayor caudal hídrico (julio) (Tabla 4.1.1.11).

**Tabla 4.1.1.11.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Amonio, Nitrato y Nitrógeno total del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Sector (L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Amonio (*)(***)	Año (A)	5	0,019	0,004	4,499	<b>&lt;0,001</b>	2017>2014=2016=2019; 2017=2018=2015
	Sector (S)	3	0,010	0,004	4,153	0,070	
	Mes (M)	1	0,002	0,000	0,0258	0,873	
	A x S x M	15	0,031	0,002	2,412	<b>0,004</b>	
	Error	144	0,124	0,001			
Nitrato (*)(***)	Año (A)	5	0,299	0,059	15,505	<b>&lt;0,001</b>	2019=2018=2017=2015=2014>2016
	Sector (S)	3	0,497	0,166	42,978	<b>&lt;0,001</b>	L>EE>T=F
	Mes (M)	1	1,025	1,025	266,261	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x S x M	15	0,112	0,007	1,941	<b>0,024</b>	
	Error	144	0,555	0,003			
N-total (*)(***)	Año (A)	5	0,346	0,069	12,279	<b>&lt;0,001</b>	2019=2018=2017=2015=2014>2016
	Sector (S)	3	1,359	0,453	80,337	<b>&lt;0,001</b>	L=EE=T>F
	Mes (M)	1	0,240	0,240	42,534	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x S x M	15	0,418	0,029	4,940	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	0,812	0,006			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

La Tabla 4.1.1.12 muestra diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) para las concentraciones de Amonio, Nitrato y Nitrógeno total; en general, las concentraciones de los dos primeros compuestos anteriormente mencionados fueron más altas durante los años 2017 y 2018, respectivamente. Por el contrario, las concentraciones de Nitrógeno total

fueron similares durante todo el período de estudio, con excepción del año 2016 cuando fueron significativamente más bajas (Tabla 4.1.1.12). Las concentraciones de Amonio y Nitrato fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en el sector límnic (Rucaco y Ciruelos, respectivamente), a la vez que las de Nitrógeno total tuvieron sus máximos en Rucaco, San Luis y Pichoy (Tabla 4.1.1.12). Solo las concentraciones de Nitrato y Nitrógeno total mostraron diferencias estacionales significativas ( $p < 0,05$ ) (más altas durante el mes de julio; Tabla 4.1.1.12).

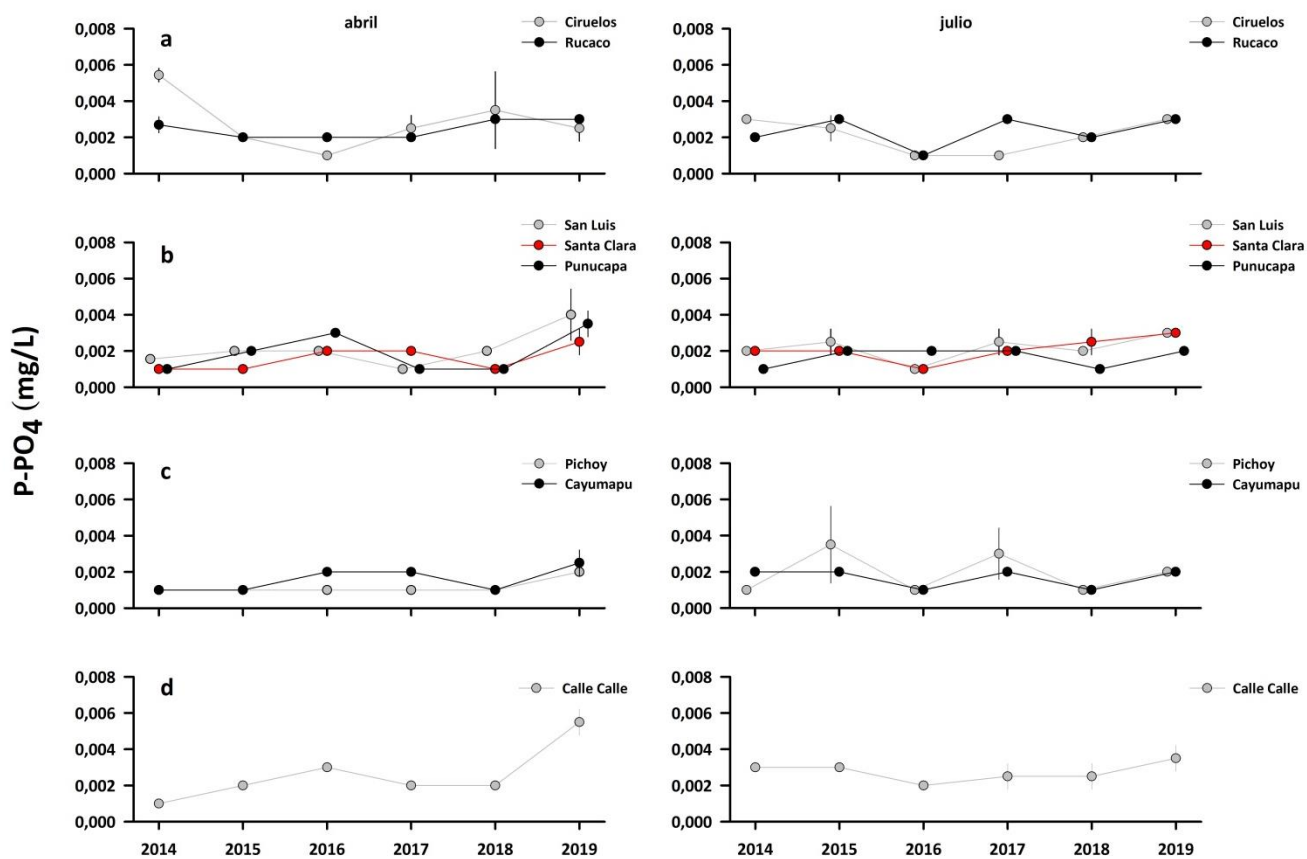
**Tabla 4.1.1.12.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Amonio, Nitrato y Nitrógeno total del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci= Ciruelos, Ru= Rucaco, SL= San Luis, SC= Santa Clara, Pu= Punucapa, Pi= Pichoy, Ca= Cayumapu y CC= Calle Calle) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Amonio (*)(***)	Año (A)	5	0,038	0,008	70,780	<b>&lt;0,001</b>	2017>2018>2015=2016>2019=2014
	Estación (E)	7	0,039	0,006	52,047	<b>&lt;0,001</b>	Ru>SL=Pi>Ca>Ci=CC=Pu>SC
	Mes (M)	1	0,001	0,002	3,459	0,066	
	A x S x M	35	0,071	0,002	18,718	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	0,010	0,001			
Nitrato (*)(***)	Año (A)	5	0,440	0,0880	2747,102	<b>&lt;0,001</b>	2018>2014>2015=2019=2017>2016
	Estación (E)	7	0,787	0,112	3510,136	<b>&lt;0,001</b>	Ci>Ru=SL>Pi>CC=SC>Ca=Pu
	Mes (M)	1	1,394	1,394	43523,288	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x S x M	35	0,159	0,004	141,575	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	0,004	0,001			
N-total (*)(***)	Año (A)	5	0,129	0,026	118,667	<b>&lt;0,001</b>	2014=2015=2017=2018=2019>2016
	Estación (E)	7	0,376	0,054	247,154	<b>&lt;0,001</b>	SL=Ru=Pi>Ci=Ca=Pu=SC>CC
	Mes (M)	1	0,137	0,137	630,113	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x S x M	35	0,147	0,004	19,310	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	0,0209	0,003			

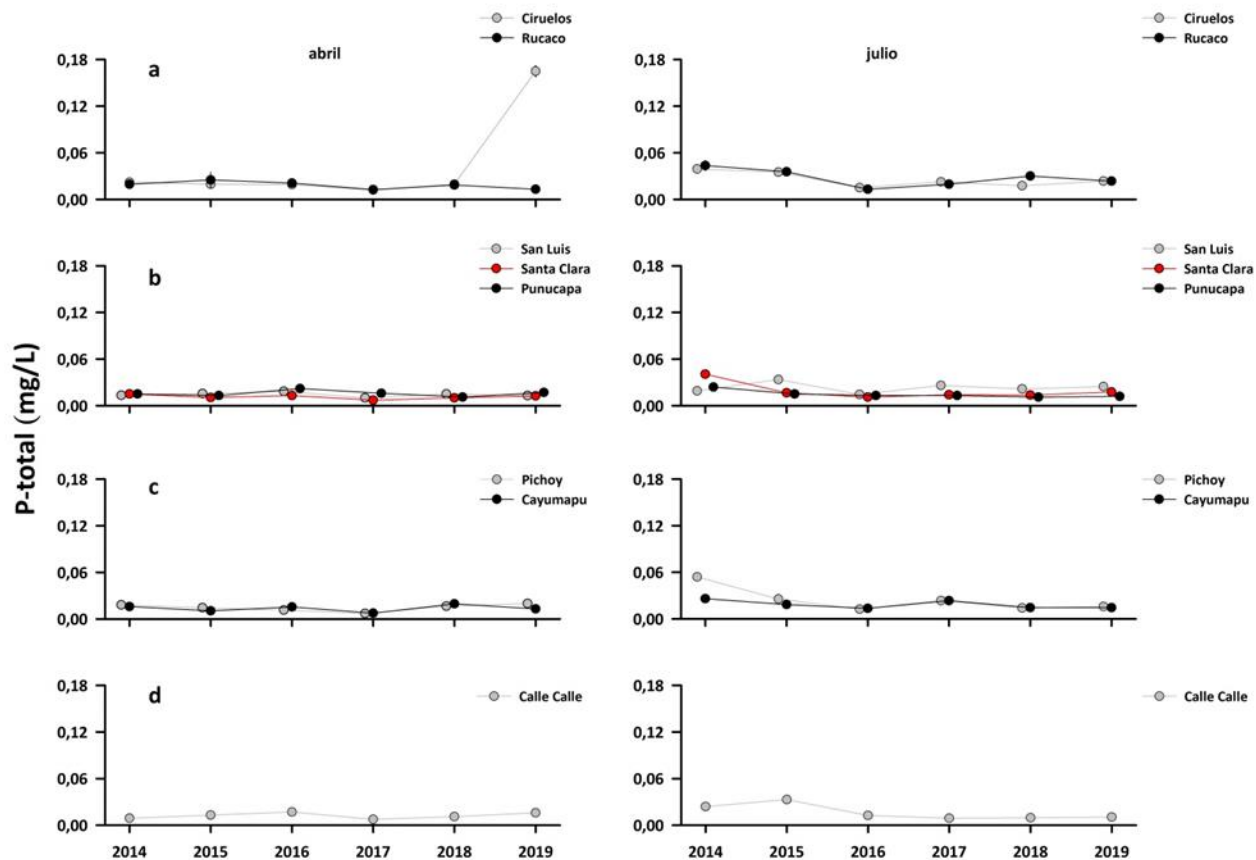
GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

## Fosfatos y Fósforo total

Las Tablas 4.1.1.16 y 4.1.1.17 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.17 y 4.1.1.18, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de Fosfato y Fósforo total, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.



**Figura 4.1.1.17.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Fosfatos (P-PO<sub>4</sub>) (mg/L) en el agua superficial del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.1.18.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Fósforo total (P-total) (mg/L) en el agua superficial del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. No se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

### Análisis estadísticos

#### *En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores)*

La Tabla 4.1.1.13 muestra tendencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) e inversas en las concentraciones de Fosfato y Fósforo total: mientras que las concentraciones de Fosfato fueron mayores durante el año 2019 y similares durante los otros años, las de Fósforo total fueron similares en todos los años con excepción del 2017 cuando fueron más bajas. Las concentraciones de Fosfatos fueron similares y significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en el

sector límnico y fuera del HRC y las de Fósforo total en el sector límnico y durante julio (Tabla 4.1.1.13).

**Tabla 4.1.1.13.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Fosfato y Fósforo total del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Sector (L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Fosfato (*)(***)	Año (A)	5	0,002	0,001	13,113	<b>&lt;0,001</b>	2019>2014=2015=2016=2017=2018
	Sector (S)	3	0,001	0,001	12,835	<b>&lt;0,001</b>	L=F>EE=T
	Mes (M)	1	0,001	0,001	0,031	0,859	
	A x S x M	15	0,001	0,001	3,069	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	0,003	0,002			
P-total (*)(***)	Año (A)	5	0,031	0,006	7,498	<b>&lt;0,001</b>	2014=2015=2016=2018=2019>2017
	Sector (S)	3	0,042	0,014	16,667	<b>&lt;0,001</b>	L>EE=T=F
	Mes (M)	1	0,009	0,009	11,367	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x S x M	15	0,022	0,002	1,769	<b>0,044</b>	
	Error	144	0,121	0,001			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

Se detectaron diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de Fosfatos y Fósforo: más altas durante el año 2019 y durante los años 2019 y 2014 y 2019 en Fosfato y Fósforo, respectivamente (Tabla 4.1.1.14). En general, las concentraciones de Fosfatos y Fósforo total fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en el agua de Ciruelos y Rucaco (sector límnico); las de Fósforo fueron más altas durante julio (Tabla 4.1.14).

**Tabla 4.1.1.14.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Fosfato y Fósforo total del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci= Ciruelos, Ru= Rucaco, SL= San Luis, SC= Santa Clara, Pu= Punucapa, Pi= Pichoy, Ca= Cayumapu y CC= Calle Calle) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

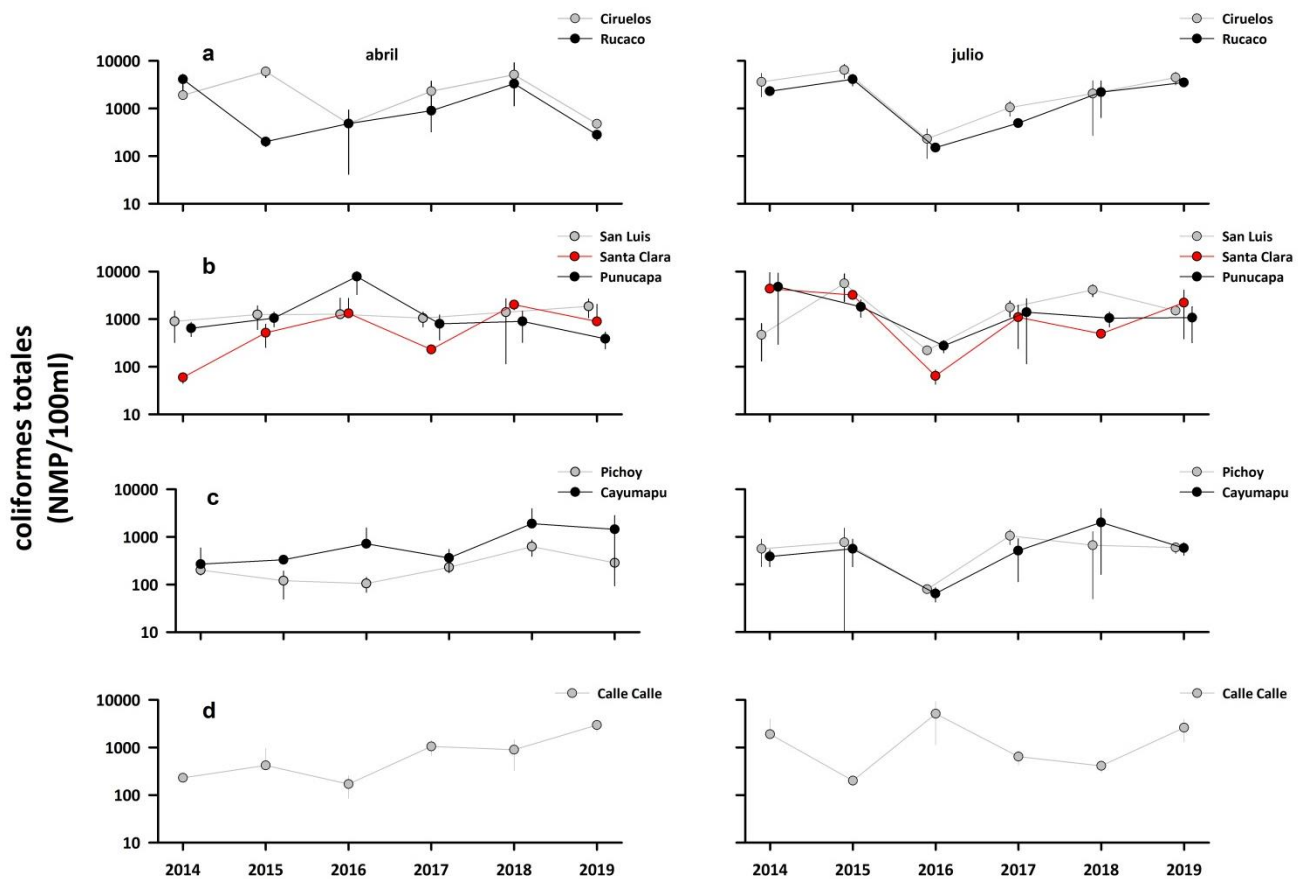
Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba Tukey
Fosfato (*)(***)	Año (A)	5	0,339	0,068	15,349	<b>&lt;0,001</b>	2019>2014=2015=2016=2017=2018
	Estación (E)	7	0,255	0,036	8,251	<b>&lt;0,001</b>	Ci=Ru=CC>SL=SC=Pu=Pi=Ca
	Mes (M)	1	0,001	0,001	0,014	0,905	
	A x E x M	35	0,362	0,010	2,342	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	0,424	0,004			
P-total (*)(***)	Año (A)	5	1,191	0,238	103,443	<b>&lt;0,001</b>	2014=2019>2015>2018=2016>2017
	Estación (E)	7	1,586	0,227	98,367	<b>&lt;0,001</b>	Ci>Ru>SL=Pi>Ca=Pu=SC>CC
	Mes (M)	1	0,603	0,603	261,925	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x E x M	35	1,159	0,033	14,378	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	0,221	0,002			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a log<sub>10</sub> o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

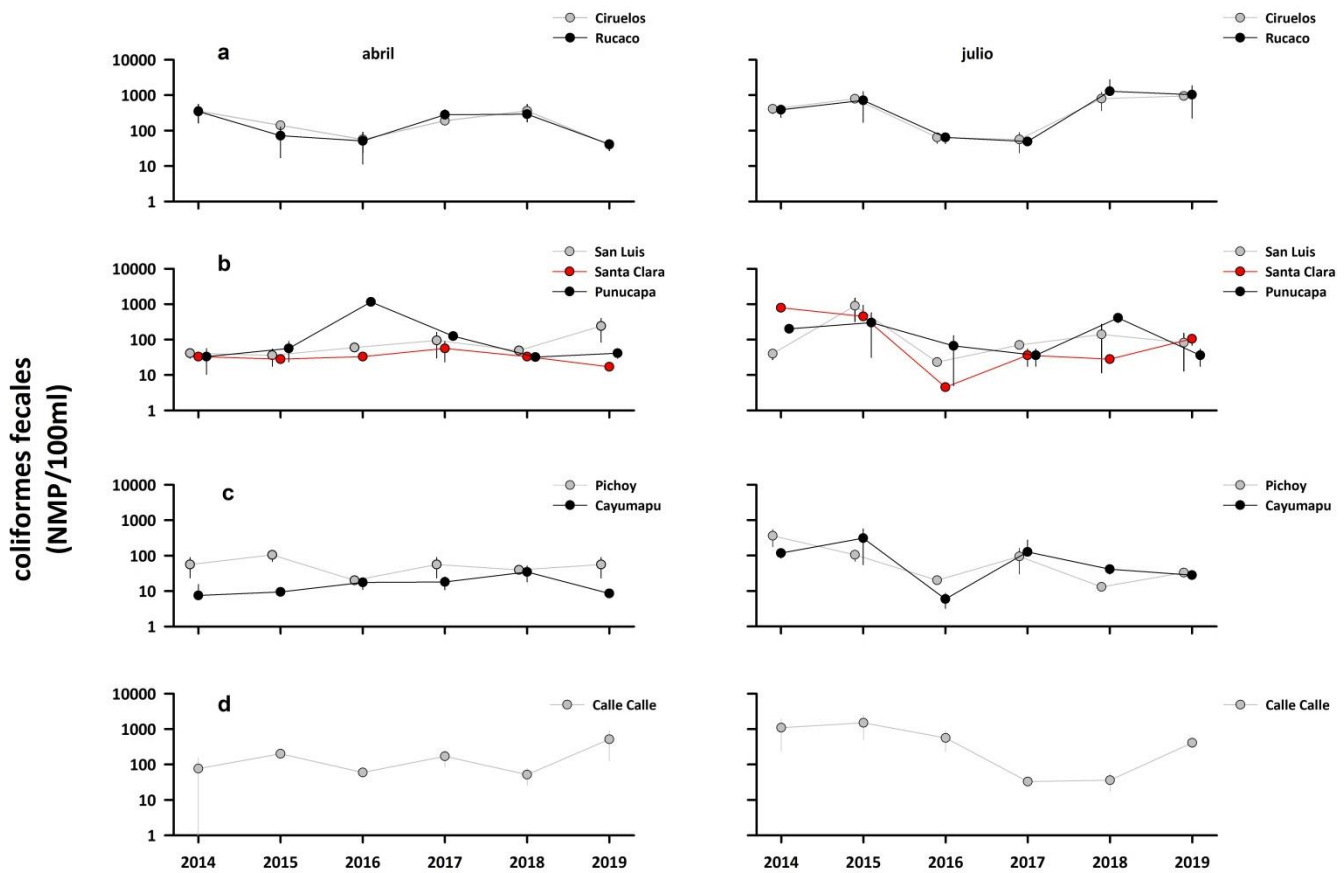
### Bacterias coliformes totales y fecales

Las Tablas 4.1.1.18 y 4.1.1.19 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.19 y 4.1.1.20, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de Bacterias coliformes totales y fecales, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.





**Figura 4.1.19.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Bacterias coliformes totales (NMP/100ml) en el agua superficial del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.1.20.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Bacterias coliformes fecales (NMP/100ml) en el agua superficial del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

## Análisis estadísticos

### ***En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):***

La Tabla 4.1.1.15 muestra diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de Bacterias coliformes totales y fecales: las primeras tuvieron concentraciones similares durante todo el período de estudio, con excepción del año 2016 cuando ocurrieron en menor concentración. Por el contrario, las concentraciones de coliformes fecales fueron similares y más altas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2014, 2015 y 2019 y más bajas y similares durante los otros años. Las concentraciones de coliformes totales fueron más altas ( $p < 0,05$ ) en el sector límnic y las fecales en este sector y fuera del HRC; en ambos casos durante el mes de julio (Tabla 4.1.1.15).

**Tabla 4.1.1.15.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Bacterias coliformes totales (Col. Totales) y fecales (Col. Fecales) del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Col. totales (*)(***)	Año (A)	5	5,087	1,017	6,753	<b>&lt;0,001</b>	2014=2015=2017=2018=2019>2016
	Sector (S)	3	7,840	2,613	17,345	<b>&lt;0,001</b>	L>EE=F>T
	Mes (M)	1	1,241	1,241	8,240	<b>0,005</b>	J > A
	A x S x M	15	7,502	0,500	3,319	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	21,696	0,151			
Col. fecales (*)(***)	Año (A)	5	1412,134	282,427	8,818	<b>&lt;0,001</b>	2014=2015=2019>2016=2017=2018
	Sector (S)	3	2783,698	927,899	28,970	<b>&lt;0,001</b>	L=F>EE>T
	Mes (M)	1	1356,725	1356,73	42,359	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x S x M	15	2019,802	138,653	4,329	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	4612,228	32,029			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

**En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):**

Las concentraciones de Bacterias coliformes totales y fecales fueron significativamente más bajas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2016 y 2016-2017, respectivamente (Tabla 4.1.1.16). Las primeras tuvieron sus concentraciones más altas ( $p < 0,05$ ) en aguas de las estaciones Ciruelo y Rucaco, a la vez que las concentraciones de las fecales ocurrieron en esas mismas estaciones, además del Calle Calle (Tabla 4.1.1.16). Las concentraciones de ambos tipos de bacterias fueron significativamente más altas durante el mes de julio (Tabla 4.1.1.16).

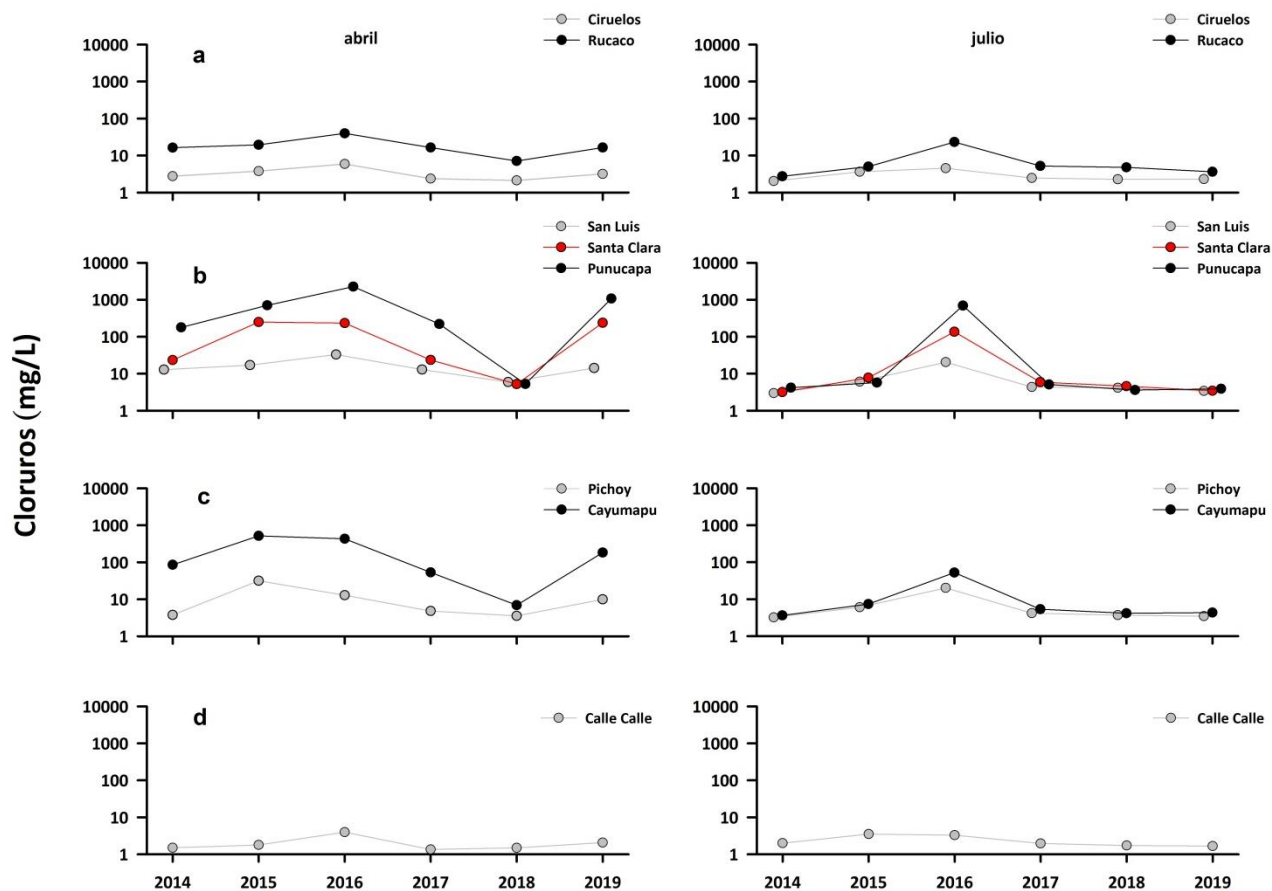
**Tabla 4.1.1.16.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Bacterias coliformes totales (Col. totales) y fecales (Col. fecales) del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci= Ciruelos, Ru= Rucaco, SL= San Luis, SC= Santa Clara, Pu= Punucapa, Pi= Pichoy, Ca= Cayumapu y CC= Calle Calle) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Col. totales (*)(***)	Año (A)	5	6,698	1,340	12,382	<b>&lt;0,001</b>	2014=2015=2017=2018=2019>2016
	Estación (E)	7	9,981	1,413	13,060	<b>&lt;0,001</b>	Ci=Ru>SL=SC=Pu=CC>Pi=Ca
	Mes (M)	1	1,228	1,228	11,348	<b>0,001</b>	J > A
	A x S x M	35	12,144	0,347	3,207	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	10,386	0,107			
Col. fecales (**)	Año (A)	5	6,021	1,204	17,669	<b>&lt;0,001</b>	2015=2014=2018=2019>2016=2017
	Estación (E)	7	17,826	2,547	37,368	<b>&lt;0,001</b>	Ru=Ci=CC>Pu=SL=SC=Pi>Ca
	Mes (M)	1	4,007	4,007	58,804	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x S x M	35	12,712	0,363	5,330	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	6,542	0,0681			

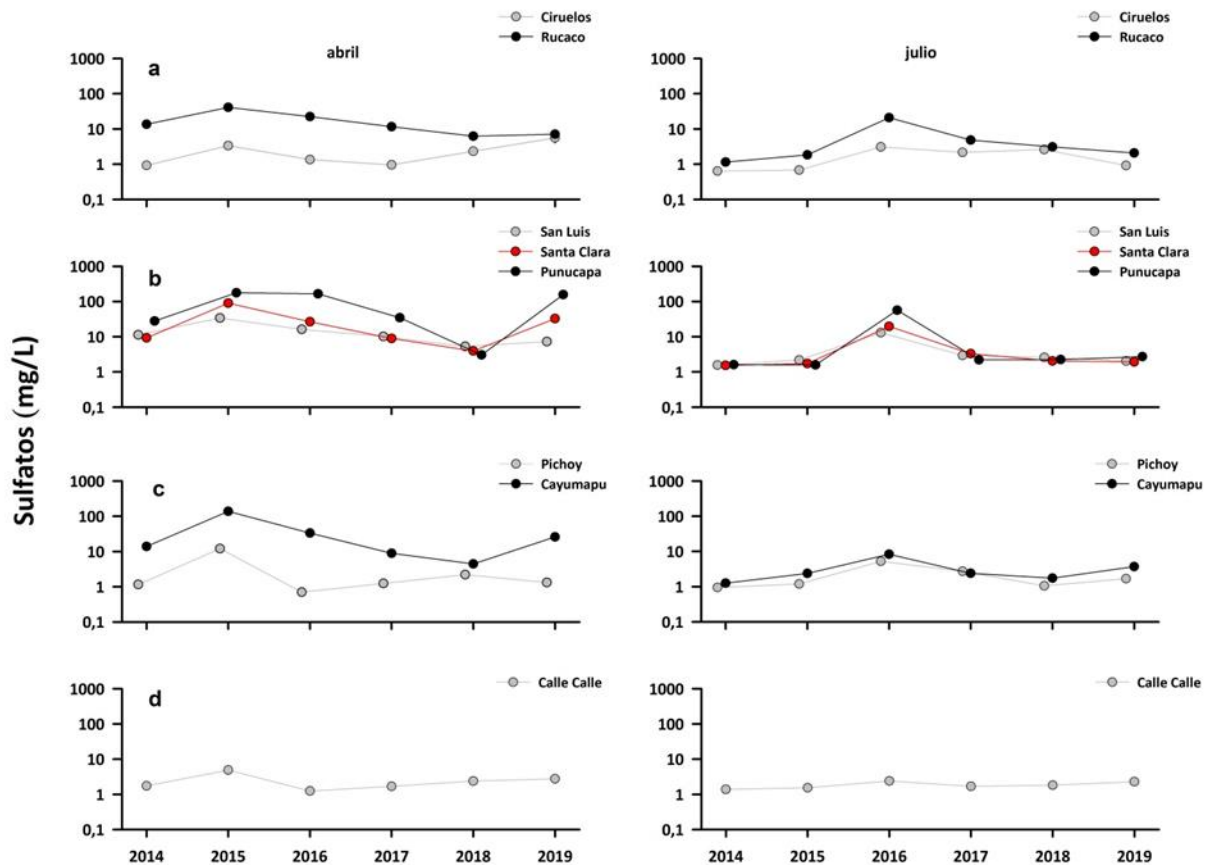
GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

## Cloruro y Sulfato

Las Tablas 4.1.1.20 y 4.1.1.21 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.21 y 4.1.1.22, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de los iones Cloruro y Sulfato, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.



**Figura 4.1.1.21.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Cloruros (mg/L) en el agua superficial del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. No se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.1.22.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Sulfatos (mg/L) en el agua superficial del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. No se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

### Análisis estadísticos

#### ***En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):***

La Tabla 4.1.1.17 muestra que las concentraciones de Cloruros y Sulfatos, tuvieron las concentraciones más altas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2015, 2016 y 2019, en el eje estuarial y central del HRC y durante abril, período de menor caudal hídrico.

**Tabla 4.1.1.17.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Cloruros y Sulfatos del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Sector (L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Cloruros (*)(***)	Año (A)	5	736,627	147,325	4,362	<b>0,001</b>	2015=2016=2019>2014=2017=2018
	Sector (S)	3	1295,26	431,756	12,782	<b>&lt;0,001</b>	EE>T>L=F
	Mes (M)	1	503,963	503,963	14,920	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x S x M	15	252,643	16,843	0,499	0,938	
	Error	144	4863,951	33,777			
Sulfatos (*)(***)	Año (A)	5	4,835	0,967	7,223	<b>&lt;0,001</b>	2015=2016=2019>2014=2017=2018
	Sector (S)	3	9,082	3,027	22,612	<b>&lt;0,001</b>	EE>L=T=F
	Mes (M)	1	7,784	7,784	58,144	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x S x M	15	1,153	0,0769	0,574	0,891	
	Error	144	19,279	0,134			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a log<sub>10</sub> o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

Las concentraciones de Cloruros y Sulfatos, fueron significativamente más altas (p<0,05) durante el año 2016, en Punucapa y Cayumapu y durante abril, período de menor caudal hídrico (Tabla 4.1.1.18).

**Tabla 4.1.1.18.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Cloruros y Sulfatos del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci= Ciruelos, Ru= Rucaco, SL= San Luis, SC= Santa Clara, Pu= Punucapa, Pi= Pichoy, Ca= Cayumapu y CC= Calle Calle) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Cloruros (*) (***)	Año (A)	5	20,474	4,095	10126,070	<b>&lt;0,001</b>	2016>2015>2019>2017>2014>2018
	Estación (E)	7	38,780	5,540	13700,195	<b>&lt;0,001</b>	Pu>Ca>SC>Ru>SL>Pi>Ci>CC
	Mes (M)	1	15,185	15,185	37552,368	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A × E × M	35	4,544	0,130	321,033	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	0,03	0,001			
Sulfatos (*) (***)	Año (A)	5	8,179	1,636	3377,800	<b>&lt;0,001</b>	2016>2015>2019>2017>2018=2014
	Estación (E)	7	19,807	2,830	5843,012	<b>&lt;0,001</b>	Pu>Ca=SC>Ru>SL>CC>Pi>Ci
	Mes (M)	1	13,387	13,387	27644,921	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A × E × M	35	2,797	0,0799	165,032	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	0,046	0,001			

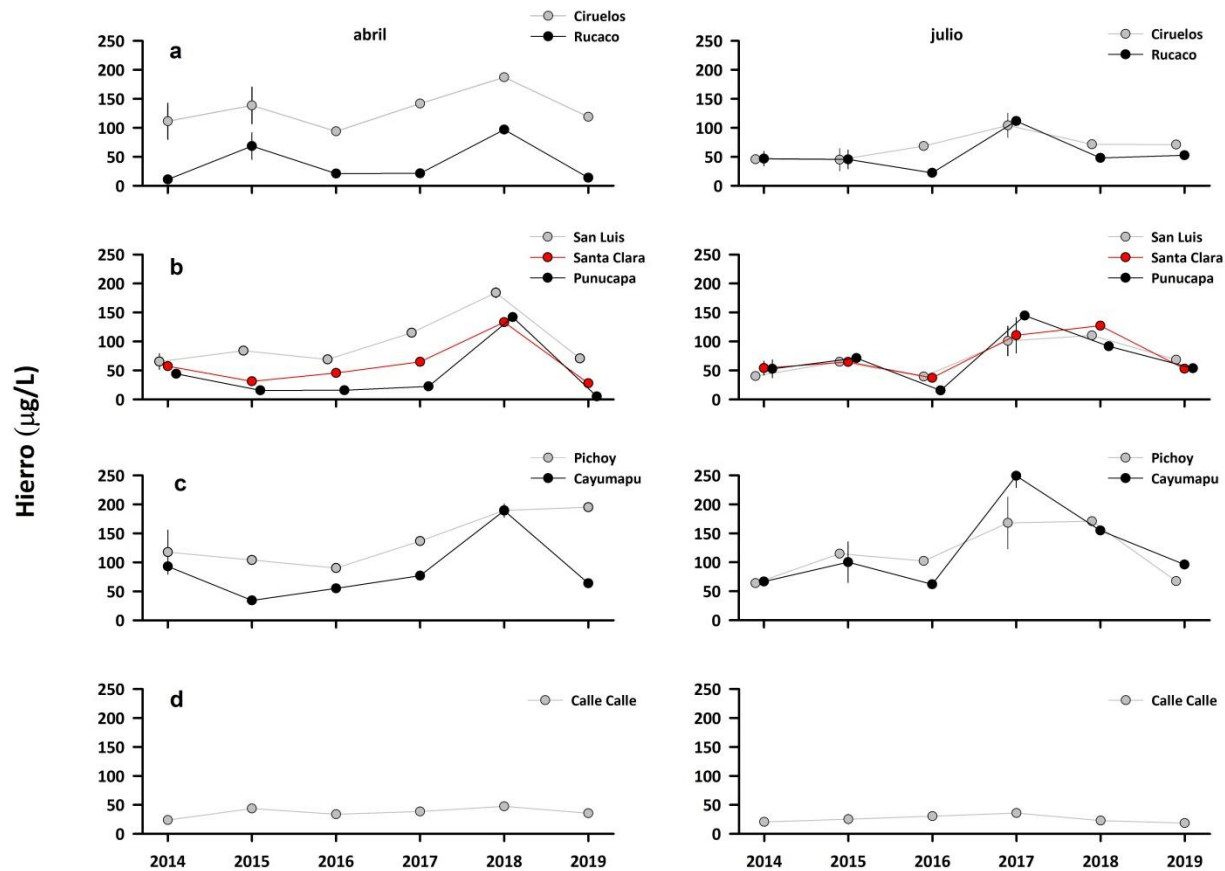
GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a log<sub>10</sub> o raíz cuadrada; (\*\*\*) No cumple supuestos de ANDEVA.

## Metales pesados disueltos

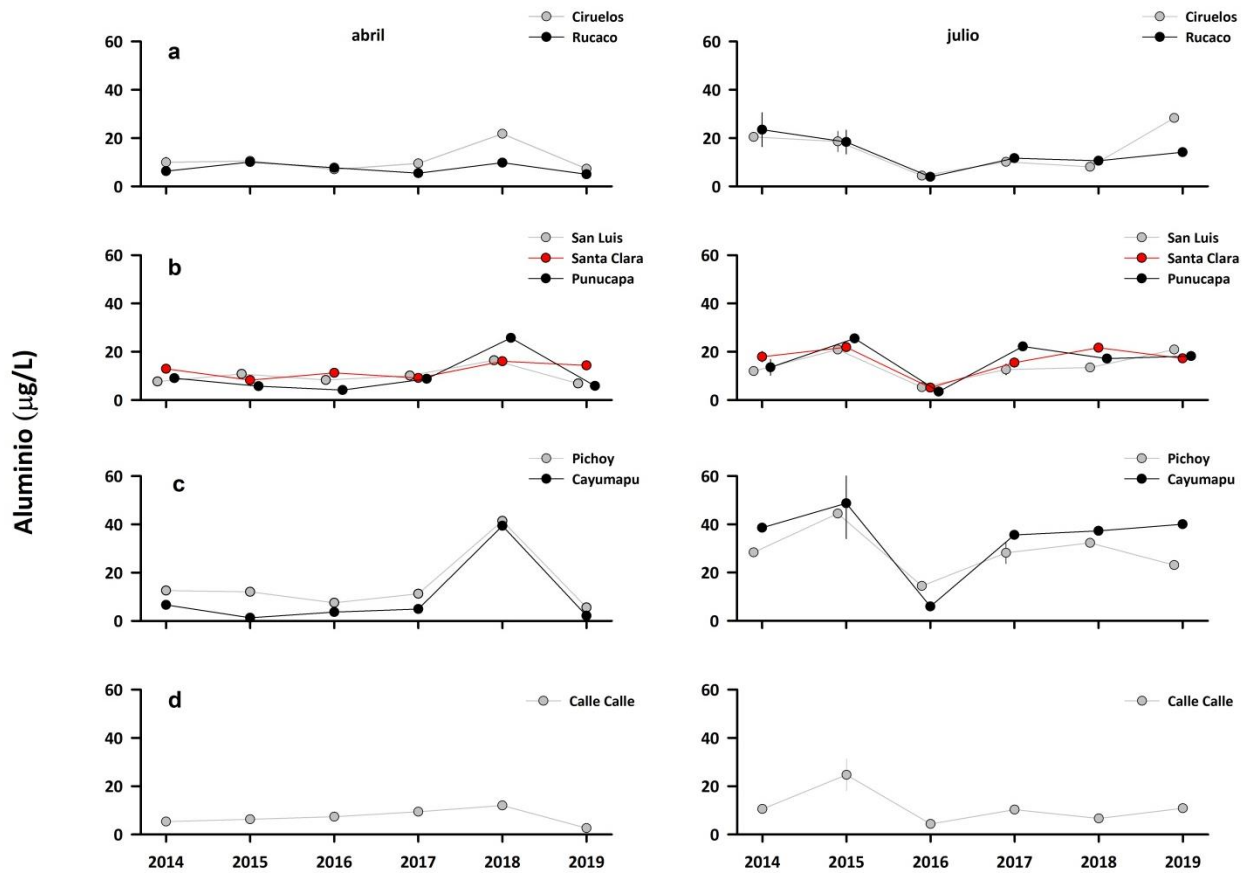
### Hierro, Aluminio y Manganeso

Las Tablas 4.1.1.22 a 4.1.1.24 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.23 a 4.1.1.25, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.

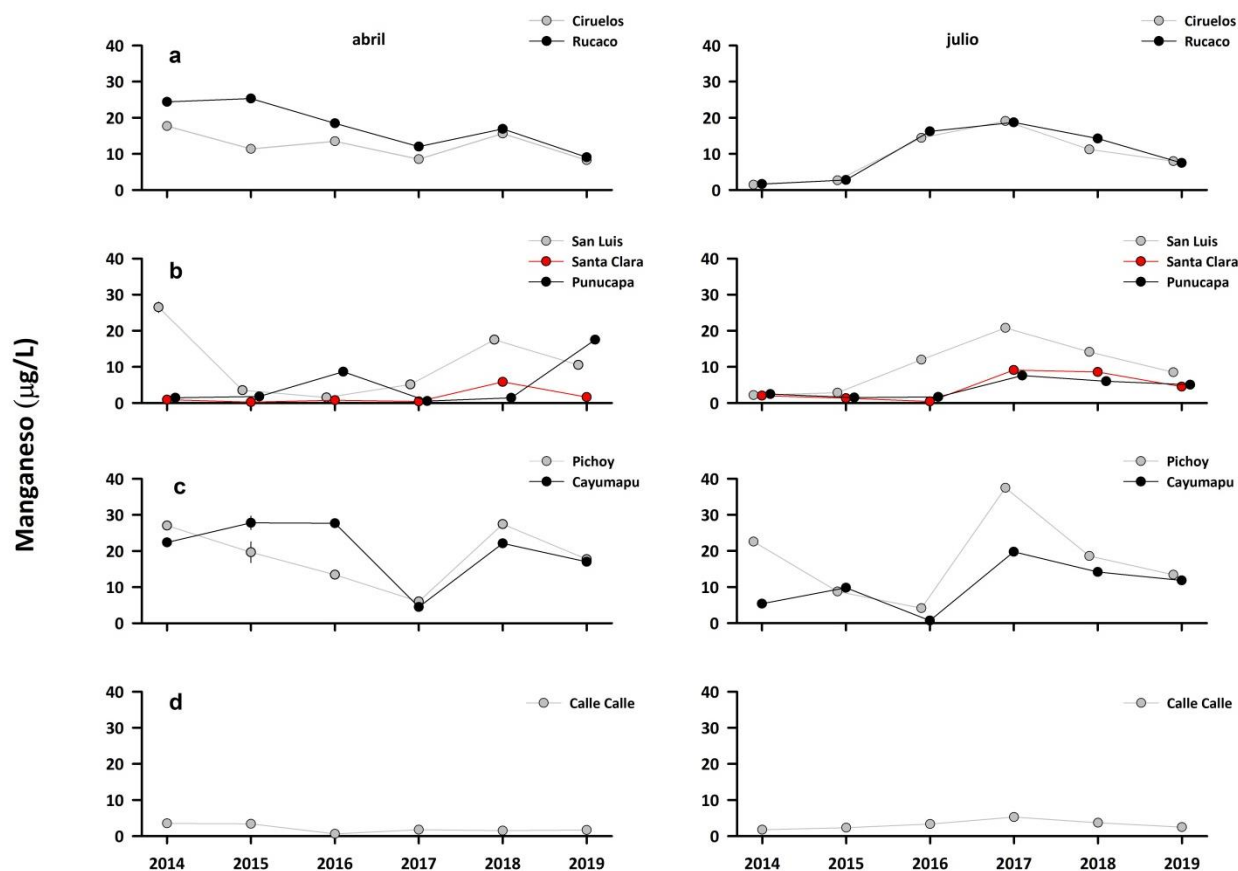




**Figura 4.1.1.23.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Hierro disuelto ( $\mu\text{g/L}$ ) en el agua superficial del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.1.24.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Aluminio disuelto ( $\mu\text{g/L}$ ) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.1.25.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Manganeso disuelto ( $\mu\text{g/L}$ ) en el agua superficial del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. No se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

## Análisis estadísticos

### **En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):**

La Tabla 4.1.1.19 muestra variabilidad inter-anual significativa en las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos, fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2018 y 2017, 2018 y 2015 y en ríos tributarios del HRC; las concentraciones de Hierro no difirieron significativamente entre meses ( $p > 0,05$ ), a la vez que las de Aluminio y Manganeso fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en julio y abril, respectivamente (Tabla 4.1.1.19).

**Tabla 4.1.1.19.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) disueltos del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Fe (*) (***)	Año (A)	5	247,582	49,516	14,522	<b>&lt;0,001</b>	2018=2017>2014=2015=2016=2019
	Sector (S)	3	413,778	137,926	40,534	<b>&lt;0,001</b>	T>L=EE>F
	Mes (M)	1	2,473	2,473	0,727	0,395	
	A x S x M	15	78,394	5,226	1,536	0,100	
	Error	144	489,996	3,403			
Al (*) (***)	Año (A)	5	49,351	9,870	39,469	<b>&lt;0,001</b>	2018=2015>2014=2017=2019>2016
	Sector (S)	3	38,690	12,897	51,571	<b>&lt;0,001</b>	T>L=EE>F
	Mes (M)	1	48,055	48,055	192,163	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x S x M	15	11,108	0,741	2,961	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	36,010	0,250			
Mn (*) (***)	Año (A)	5	10,128	2,026	3,447	<b>0,006</b>	2018>2015=2016; 2018=2014=2017=2019
	Sector (S)	3	139,750	46,583	79,267	<b>&lt;0,001</b>	T>L>EE>F
	Mes (M)	1	3,154	3,154	5,367	<b>0,022</b>	A > J
	A x S x M	15	28,439	1,896	3,226	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	84,625	0,588			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple los supuestos del ANDEVA.

**En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):**

Las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganese disueltos, fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el año 2018 y primariamente en el río Pichoy (Tabla 4.1.1.20). En general, las concentraciones de estos tres metales fueron más bajas en el río Calle Calle ( $p < 0,05$ ) (Tabla 4.1.1.20). Las concentraciones de Hierro no difirieron significativamente entre meses ( $p > 0,05$ ), a la vez que las de Aluminio y Manganese fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en julio y abril, respectivamente (Tabla 4.1.1.20).

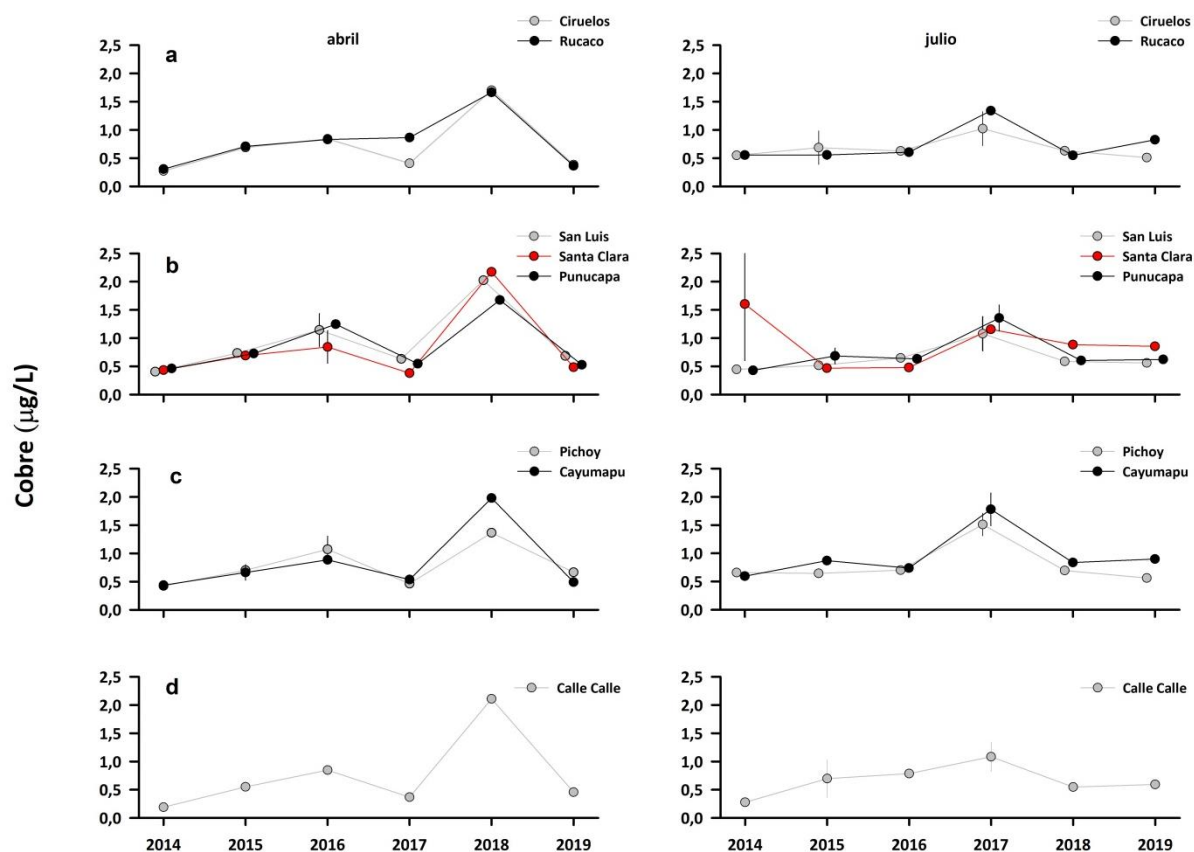
**Tabla 4.1.1.20.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganese (Mn) disueltos del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci= Ciruelos, Ru= Rucaco, SL= San Luis, SC= Santa Clara, Pu= Punucapa, Pi= Pichoy, Ca= Cayumapu y CC= Calle Calle) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Fe (*)(***)	Año (A)	5	387,860	77,572	239,477	<b>&lt;0,001</b>	2018>2017>2015=2019>2016=2014
	Estación (S)	7	621,940	88,849	274,289	<b>&lt;0,001</b>	Pi>Ca=Ci>SL>SC>Pu=Ru>CC
	Mes (M)	1	0,048	0,048	0,149	0,701	
	A x E x M	35	146,390	4,182	12,912	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	31,091	0,324			
Al (*)(***)	Año (A)	5	63,887	12,777	298,732	<b>&lt;0,001</b>	2018>2015>2014>2017=2019>2016
	Estación (S)	7	42,624	6,089	142,363	<b>&lt;0,001</b>	Ca=Pi>SC>Ci=SL=Pu>Ru>CC
	Mes (M)	1	57,109	57,109	1335,196	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x E x M	35	22,176	0,634	14,814	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	4,109	0,043			
Mn (*)(***)	Año (A)	5	17,357	3,471	848,862	<b>&lt;0,001</b>	2018>2017>2014>2019>2016>2015
	Sector (S)	7	171,593	24,513	5994,201	<b>&lt;0,001</b>	Pi>Ca>Ru>Ci>SL>Pu>CC>SC
	Mes (M)	1	4,023	4,023	983,696	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x E x M	35	54,600	1,560	381,469	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	0,393	0,004			

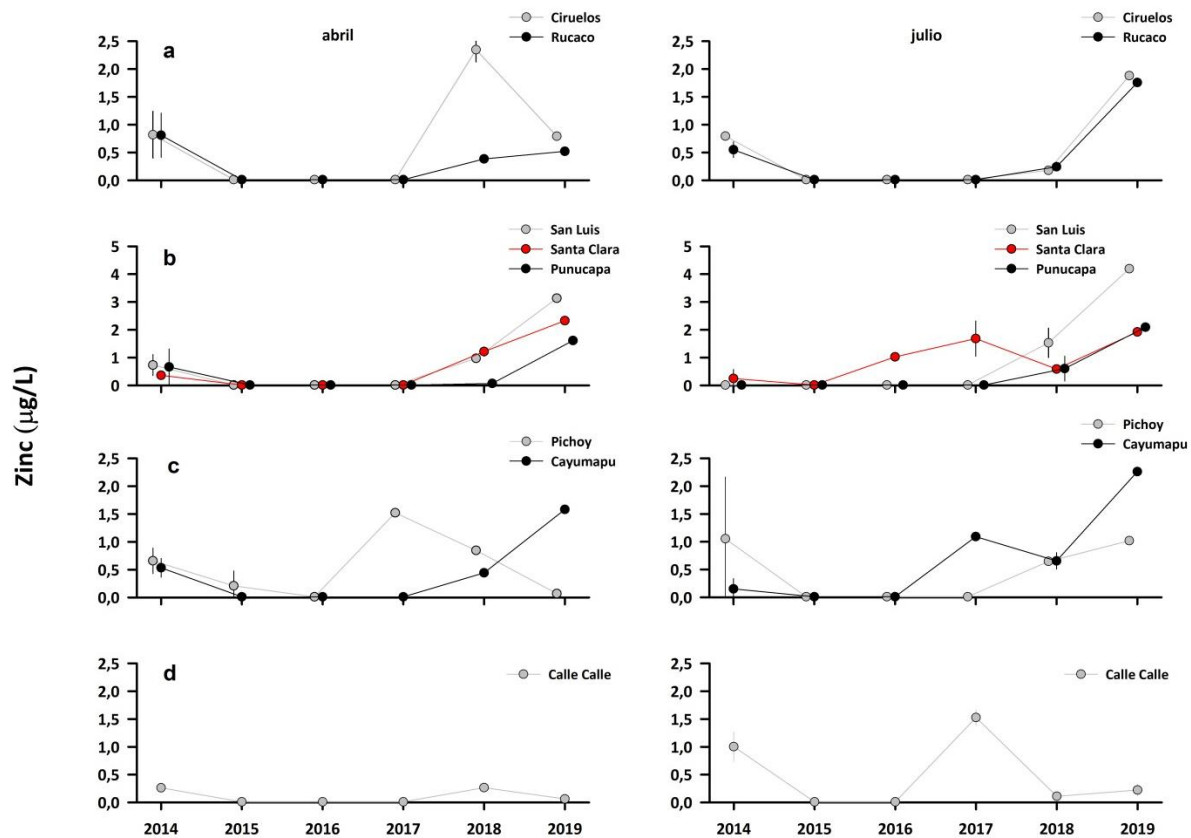
GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple los supuestos del ANDEVA.

### Cobre, Zinc y Plomo

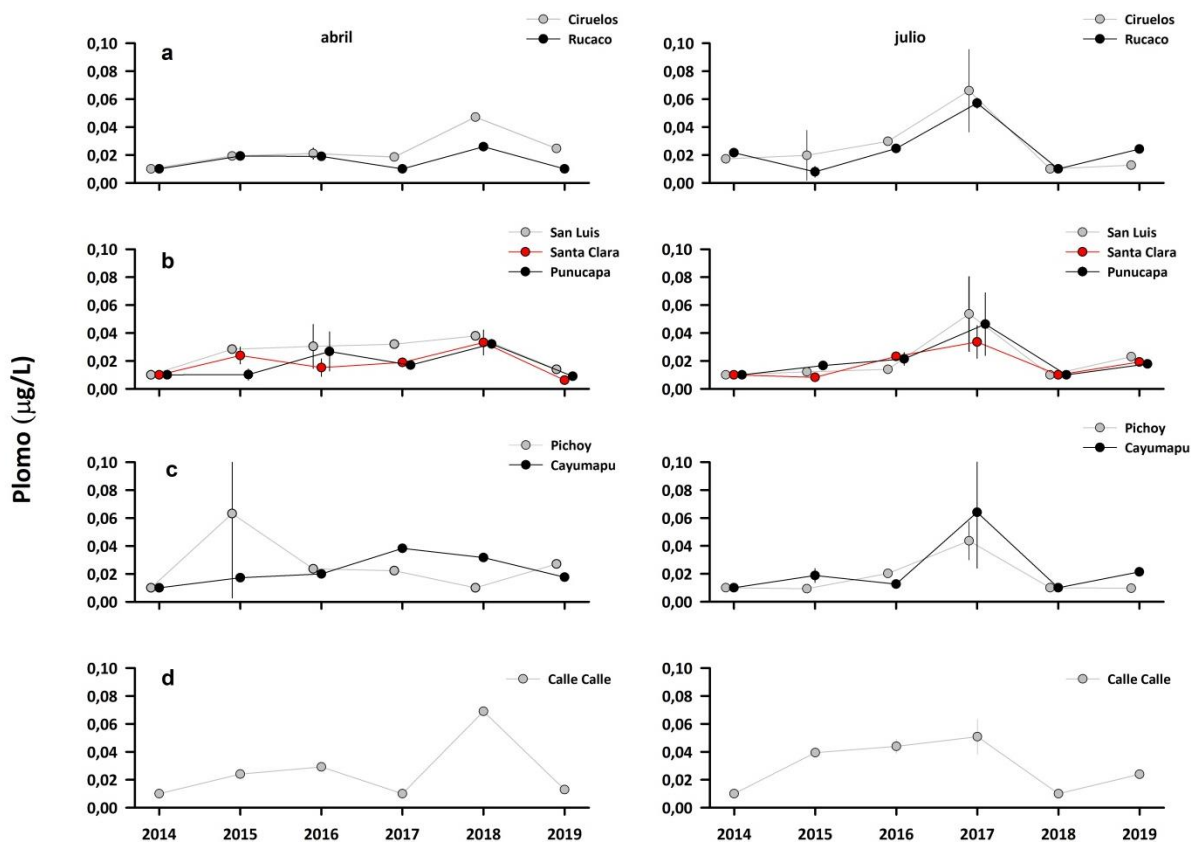
Las Tablas 4.1.1.25 a 4.1.1.27 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.26 a 4.1.1.28, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo disueltos, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.



**Figura 4.1.1.26.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Cobre disuelto ( $\mu\text{g/L}$ ) en el agua superficial del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.1.27.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Zinc disuelto ( $\mu\text{g/L}$ ) en el agua superficial del sector litoral (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.1.28.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Plomo disuelto ( $\mu\text{g/L}$ ) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

### **Análisis estadísticos**

#### ***En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):***

La Tabla 4.1.1.21 muestra diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo disueltos, pero sin tendencias definidas. Las concentraciones de Cobre disuelto fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en ríos tributarios y eje estuarial, las de Zinc disuelto en el sector límnico, eje estuarial del HRC y tributarios y las de Plomo disuelto más altas fuera del humedal ( $p < 0,05$ ) (Tabla 4.1.21). Se detectaron diferencias estacionales significativas ( $p < 0,05$ ), solo para las concentraciones de Zinc disuelto (más altas en julio) (Tabla 4.1.1.21).



**Tabla 4.1.1.21.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Plomo (Pb) disueltos del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Cu (*)(**)	Año (A)	5	3,036	0,607	52,858	<b>&lt;0,001</b>	2018>2017=2016>2015=2019>2014
	Sector (S)	3	0,196	0,065	5,678	<b>0,001</b>	T>L=F; T=EE>F
	Mes (M)	1	0,001	0,001	0,053	0,819	
	S x A x M	15	0,196	0,0132	1,137	0,329	
	Error	144	1,654	0,0115			
Zn (*)(***)	Año (A)	5	15,168	3,034	39,954	<b>&lt;0,001</b>	2019>2018=2014>2017>2016=2015
	Sector (S)	3	0,755	0,252	3,315	<b>0,022</b>	EE>F; EE=T=L
	Mes (M)	1	0,302	0,302	3,973	<b>0,048</b>	J > A
	S x A x M	15	2,785	0,186	2,445	<b>0,003</b>	
	Error	144	10,934	0,076			
Pb (*)(***)	Año (A)	5	0,0922	0,018	24,043	<b>&lt;0,001</b>	2017>2016=2018=2015=2019>2014
	Sector (S)	3	0,006	0,003	2,673	<b>0,050</b>	F>EE; F=T=L
	Mes (M)	1	0,001	0,001	0,038	0,847	
	S x A x M	15	0,029	0,002	2,537	<b>0,002</b>	
	Error	144	0,110	0,001			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple los supuestos del ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

Se detectaron diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo disueltos: las de Cobre disuelto fueron más altas durante el año 2018, las de Zinc disuelto durante los años 2019 y 2018 y las de Plomo disuelto durante el año 2017 (Tabla 4.1.1.22). Las concentraciones de Cobre disuelto fueron significativamente más bajas ( $p < 0,05$ ) en Ciruelos y Calle Calle, a la vez que las de Zinc y Plomo disuelto, no mostraron tendencias espaciales definidas (Tabla 4.1.1.22).

**Tabla 4.1.1.22.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Plomo (Pb) disueltos del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci= Ciruelos, Ru= Rucaco, SL= San Luis, SC= Santa Clara, Pu= Punucapa, Pi= Pichoy, Ca= Cayumapu y CC= Calle Calle) y Mes (A = abril y J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Cu (*) (***)	Año (A)	5	11,685	2,337	63,384	<b>&lt;0,001</b>	2018>2017=2016>2015>2019=2014
	Estación (E)	7	0,805	0,115	3,121	<b>0,005</b>	Ca>Ci=CC; SC>Ci; Ca=Ru=Pi=Pu=SL
	Mes (M)	1	0,130	0,130	3,538	0,063	
	A x E x M	35	2,074	0,059	1,607	<b>0,036</b>	
	Error	96	3,540	0,037			
Zn (*) (***)	Año (A)	5	23,152	4,630	328,525	<b>&lt;0,001</b>	2019>2018>2014>2017>2016=2015
	Estación (E)	7	1,832	0,262	18,569	<b>&lt;0,001</b>	SL=SC>Ca=Pi=Ci=Ru>Pu=CC
	Mes (M)	1	0,178	0,178	12,646	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x E x M	35	7,145	0,204	14,484	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	1,353	0,014			
Pb (*) (***)	Año (A)	5	0,110	0,022	38,782	<b>&lt;0,001</b>	2017>2016=2018=2015>2019>2014
	Estación (E)	7	0,012	0,002	3,399	<b>0,003</b>	CC>SC; CC=Ci=Ru=SL=Pu=Pi=Ca
	Mes (M)	1	0,001	0,001	0,381	0,538	
	A x E x M	35	0,059	0,002	2,956	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	0,054	0,001			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple los supuestos del ANDEVA.

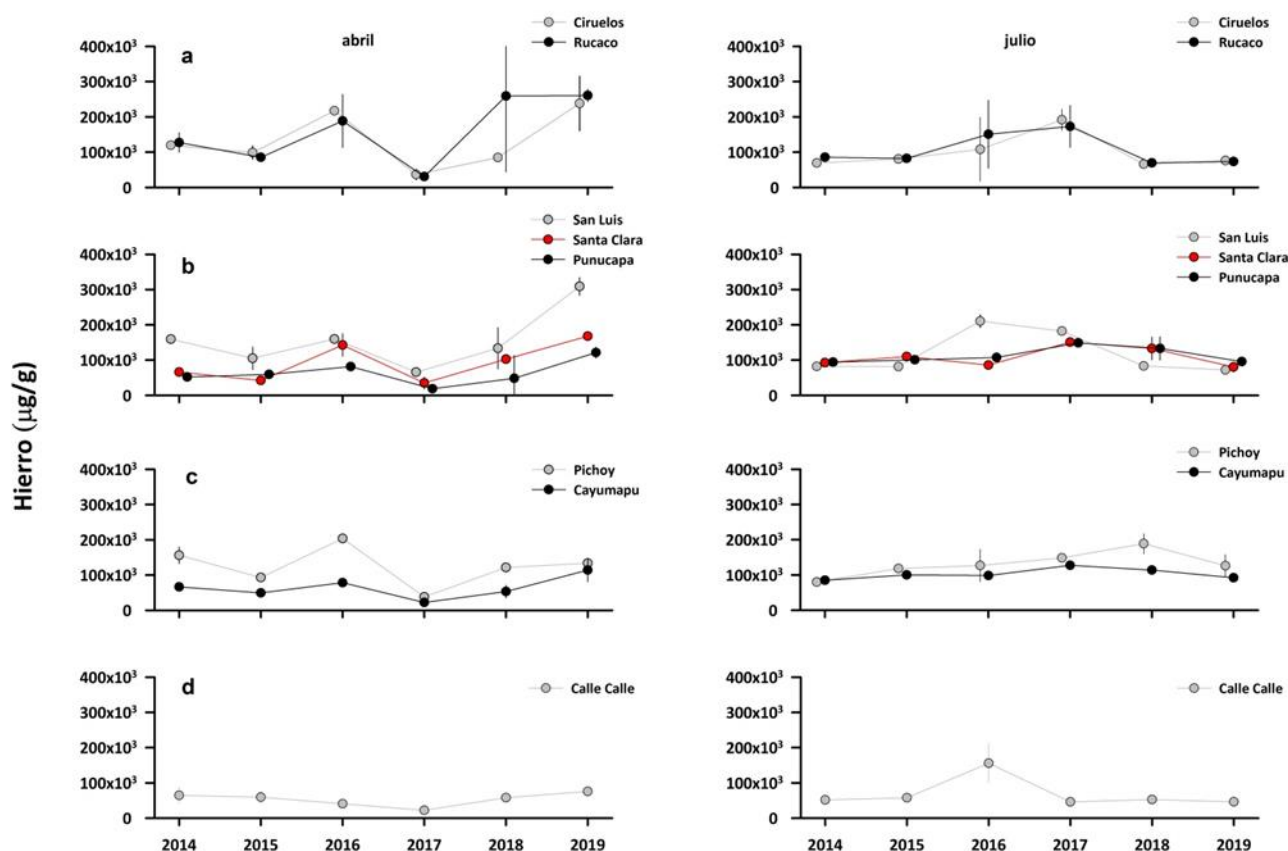
### Cadmio, Arsénico y Mercurio

Las Tablas 4.1.1.28 a 4.1.1.30 del ANEXO 2 de este Capítulo muestran la variabilidad inter-anual y espacial de Cadmio, Arsénico y Mercurio disueltos en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019. El Cadmio disuelto fue detectado en abril 2015 en Ciruelos, Rucaco y Pichoy y en abril 2019 en Punucapa (Tabla 4.1.1.28, ANEXO 2). El Arsénico disuelto fue detectado durante abril 2017 en Punucapa y Calle Calle y durante julio 2019 en San Luis y Calle Calle (Tabla 4.1.1.29, ANEXO 2), a la vez que no se ha detectado Mercurio disuelto con la técnica utilizada (Tabla 4.1.1.30, ANEXO 2).

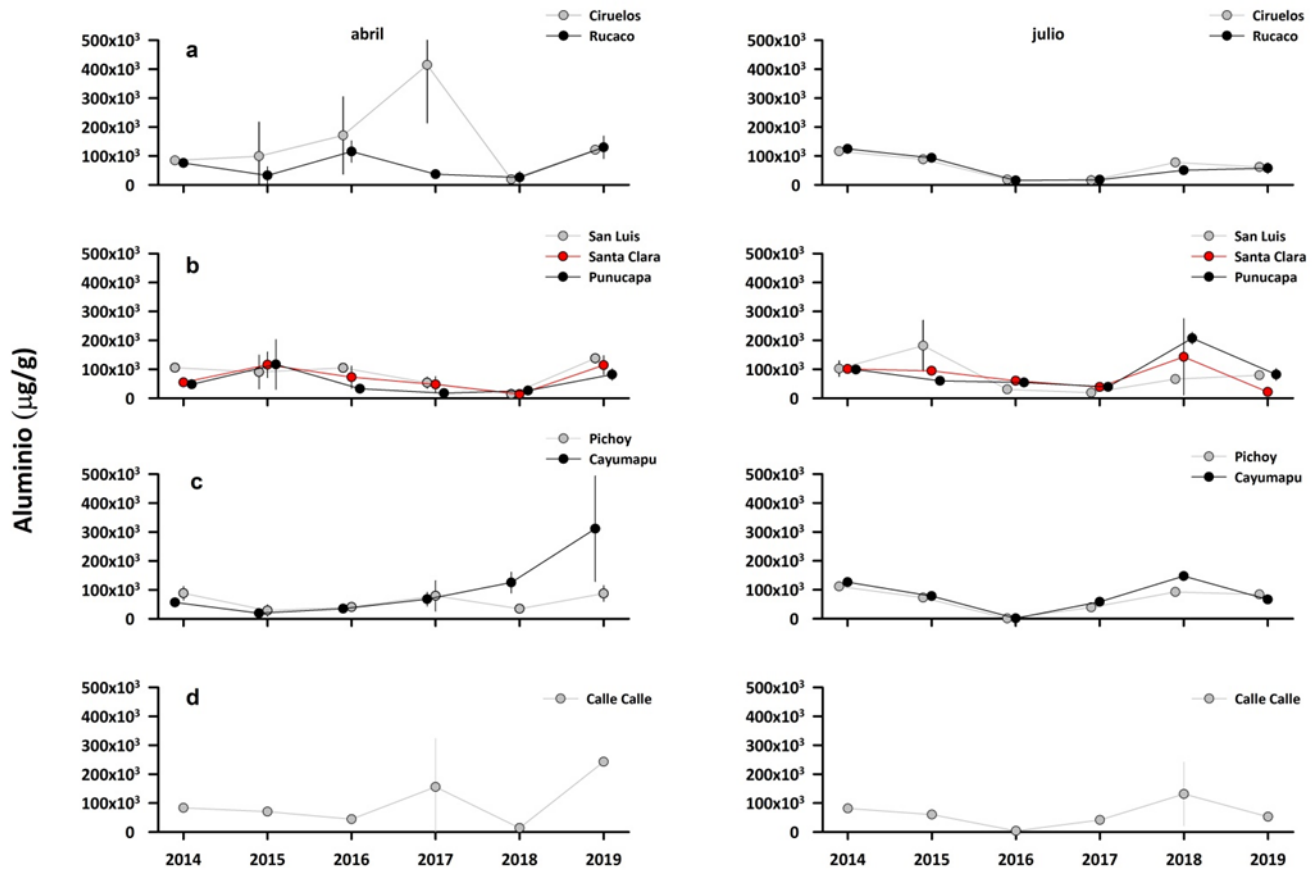
## Metales pesados particulados

### Hierro, Aluminio y Manganeseo

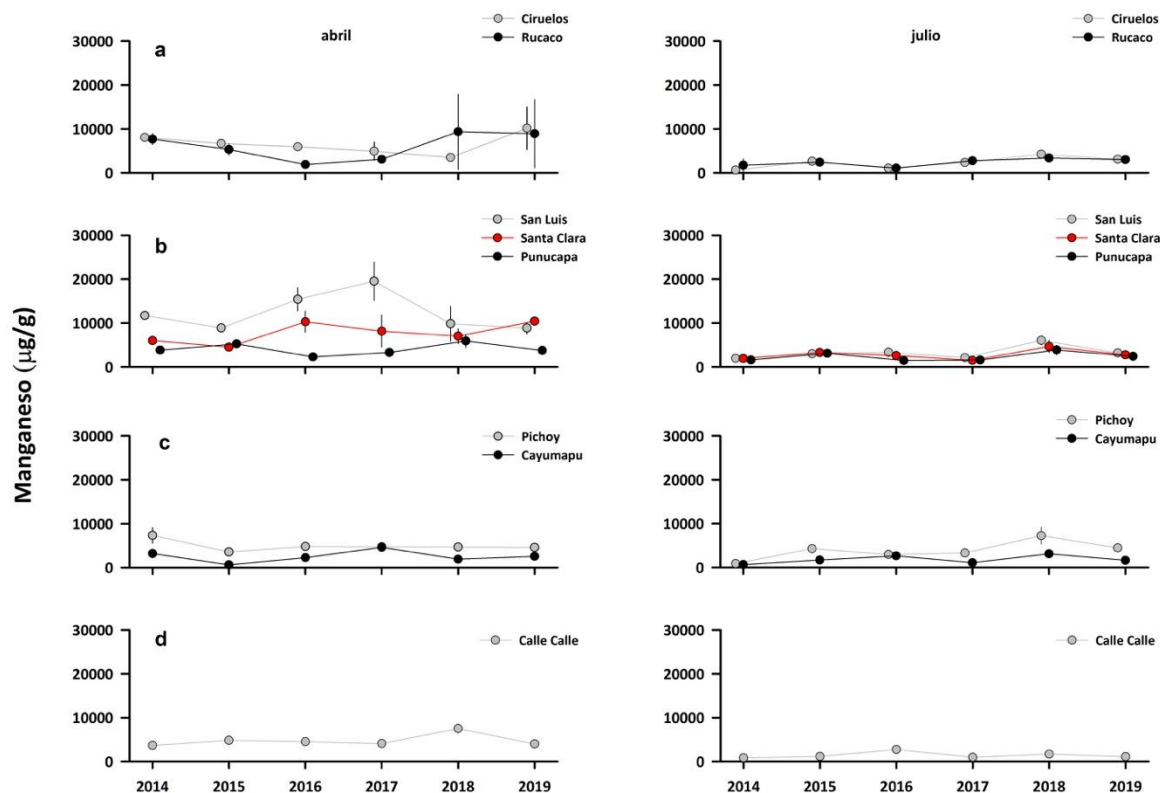
Las Tablas 4.1.1.31 a 4.1.1.33 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.29 a 4.1.1.31, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeseo particulados, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.



**Figura 4.1.1.29.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Hierro particulado ( $\mu\text{g/g}$ ) en el agua superficial del sector límico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.1.30.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Aluminio particulado ( $\mu\text{g/g}$ ) en el agua superficial del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.1.31.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Manganeso particulado ( $\mu\text{g/g}$ ) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

### Análisis estadísticos

#### *En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):*

La Tabla 4.1.1.23 diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso particulados, pero sin que se detecten tendencias definidas. El Hierro particulado tuvo concentraciones significativamente más altas en el sector límnico, el Aluminio particulado no difirió entre sectores ( $p > 0,05$ ) y el

Manganeso particulado tuvo concentraciones más altas ( $p < 0,05$ ) en el eje estuarial del HRC. En cuanto a estacionalidad, el Hierro particulado tuvo concentraciones más altas en julio, a la vez que el Aluminio y Manganeso particulados en abril (Tabla 4.1.1.23).

**Tabla 4.1.1.23.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) particulados del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año (2014-2019), Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes de muestreo (A=abril y J=julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Fe (*)(**)	Año (A)	5	1,444	0,289	7,791	<b>&lt;0,001</b>	2019=2016>2018=2015=2014=2017
	Sector (S)	3	1,312	0,437	11,801	<b>&lt;0,001</b>	L=EE=T>F
	Mes (M)	1	0,213	0,213	5,758	<b>0,018</b>	J > A
	A x S x M	15	0,972	0,065	1,748	<b>0,048</b>	
	Error	144	5,337	0,037			
Al (*)(***)	Año (A)	5	8,115	1,623	26,620	<b>&lt;0,001</b>	2019=2014=2015>2017=2018>2016
	Sector (S)	3	0,269	0,089	1,471	0,225	
	Mes (M)	1	0,554	0,554	9,094	<b>0,003</b>	A > J
	A x S x M	15	4,113	0,274	4,497	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	8,780	0,061			
Mn (*)(***)	Año (A)	5	1,070	0,214	5,145	<b>&lt;0,001</b>	2018>2014=2015=2016=2017; 2018=2019>2014
	Sector (S)	3	1,584	0,528	12,694	<b>&lt;0,001</b>	EE>L=T=F
	Mes (M)	1	6,367	6,367	153,057	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x S x M	15	1,347	0,089	2,159	<b>0,010</b>	
	Error	144	5,990	0,042			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

La Tabla 4.1.1.24 muestra diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso particulados; no obstante, no hay tendencias definidas. El Hierro particulado tuvo concentraciones significativamente más

altas ( $p < 0,05$ ) en estaciones del sector límnico (Ciruelos y Rucaco) y en el eje estuarial del HRC (San Luis y Punucapa), el Aluminio particulado no difirió entre estaciones ( $p > 0,05$ ), a la vez que las concentraciones de Manganeso particulado fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en San Luis (Tabla 4.1.1.24). En cuanto a estacionalidad, el Hierro particulado tuvo concentraciones más altas en julio, a la vez que el Aluminio y Manganeso particulados en abril (Tabla 4.1.1.24).

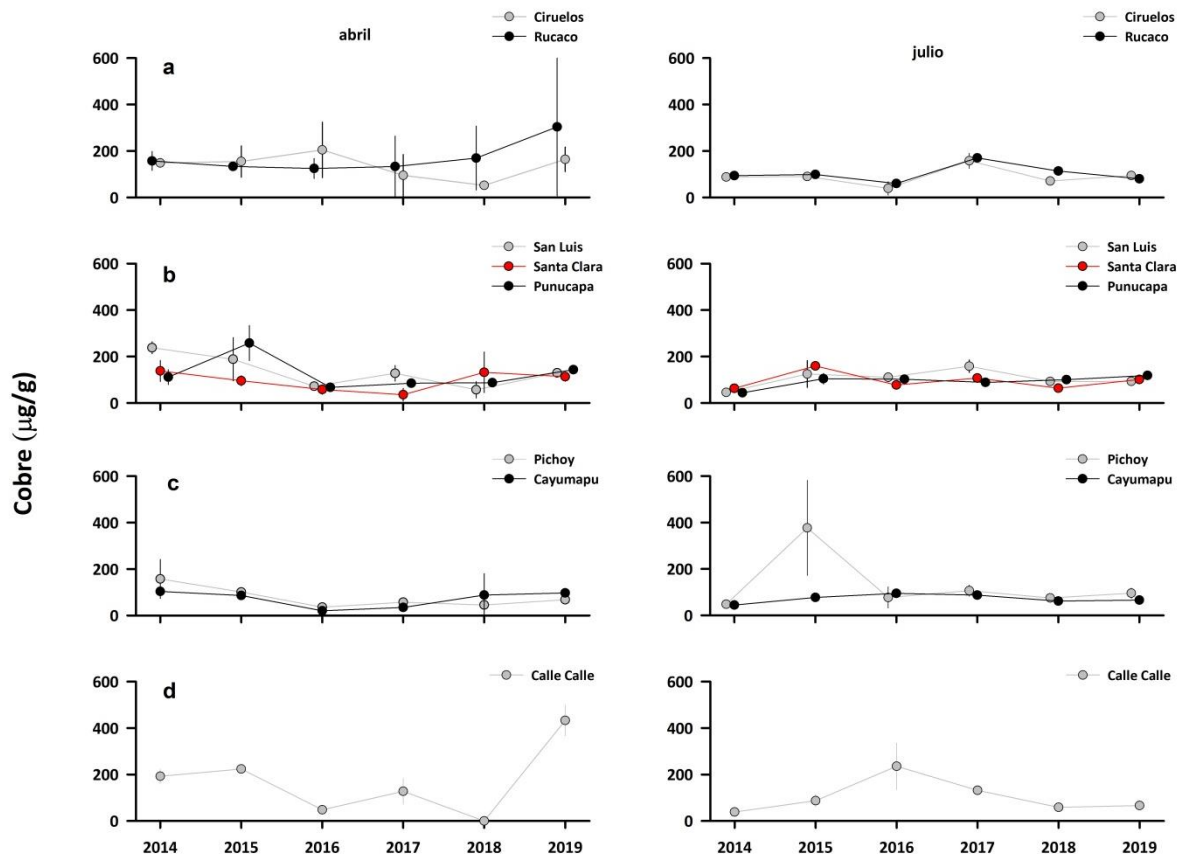
**Tabla 4.1.1.24.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de metales particulados Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci=Ciruelos, Ru=Rucaco, SL=San Luis, SC=Santa Clara, Pu=Punucapa, Pi=Pichoy, Ca=Cayumapu y CC=Calle Calle) y Mes (A = abril, J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Fe (*)(***)	Año (A)	5	1,610	0,322	14,268	<b>&lt;0,001</b>	2019=2016>2018=2015=2014>2017
	Estación (E)	7	2,431	0,347	15,391	<b>&lt;0,001</b>	Ci=Ru=SL=Pu>SC=Pi=Ca>CC
	Mes (M)	1	0,292	0,292	12,920	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x E x M	35	1,703	0,0487	2,157	<b>0,002</b>	
	Error	96	2,166	0,0226			
Al (*)(***)	Año (A)	5	7,496	1,499	30,037	<b>&lt;0,001</b>	2019=2014=2015>2017=2018>2016
	Estación (E)	7	0,532	0,0759	1,522	0,169	
	Mes (M)	1	0,273	0,273	5,470	<b>0,021</b>	A > J
	A x E x M	35	5,971	0,171	3,418	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	4,791	0,0499			
Mn (*)(***)	Año (A)	5	1,248	0,250	16,844	<b>&lt;0,001</b>	2018=2019=2017>2014=2015=2016
	Estación (E)	7	4,103	0,586	39,543	<b>&lt;0,001</b>	SL>SC=Pi>Ci=Ru>Pu=CC>Ca
	Mes (M)	1	6,863	6,863	463,063	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x E x M	35	2,119	0,0606	4,085	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	1,423	0,0148			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

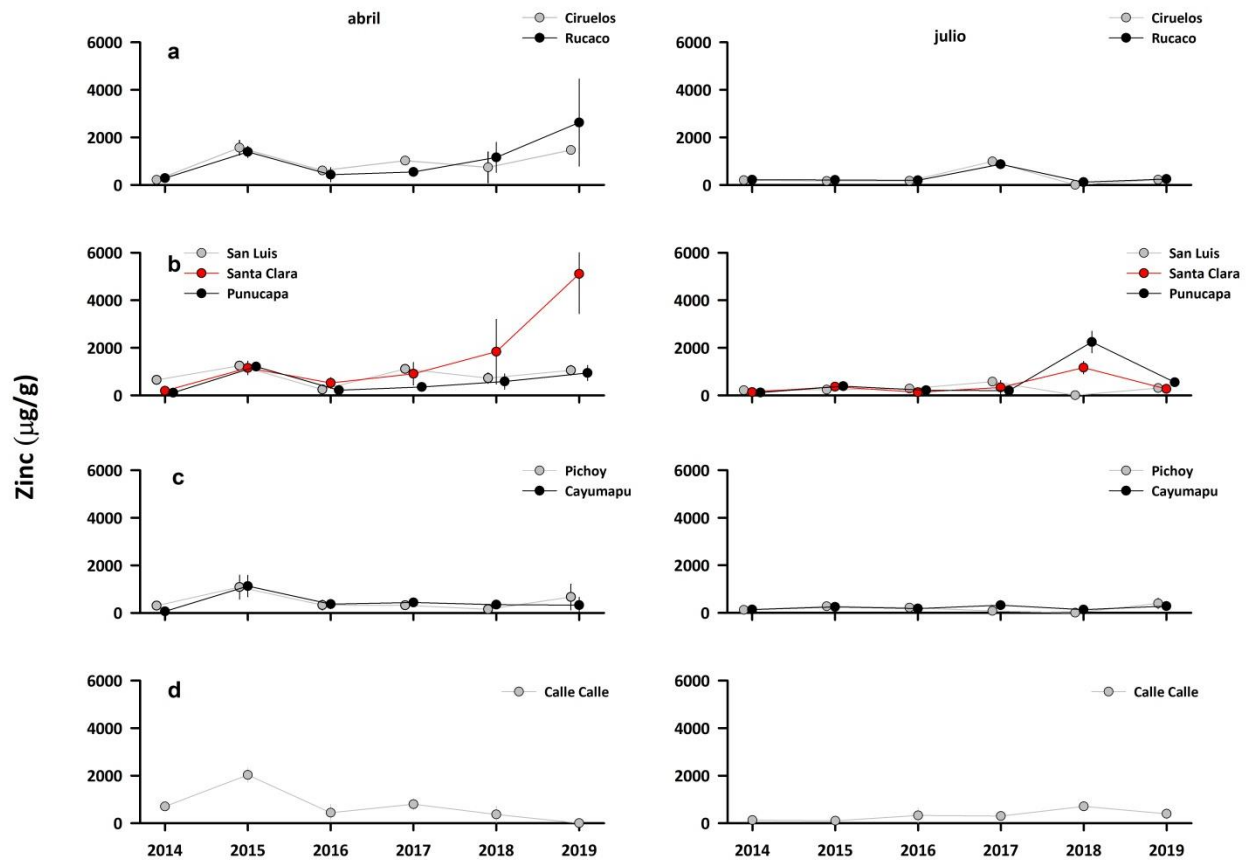
### Cobre, Zinc y Plomo

Las Tablas 4.1.1.34 a 4.1.1.36 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.32 a 4.1.1.34, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo particulados, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.

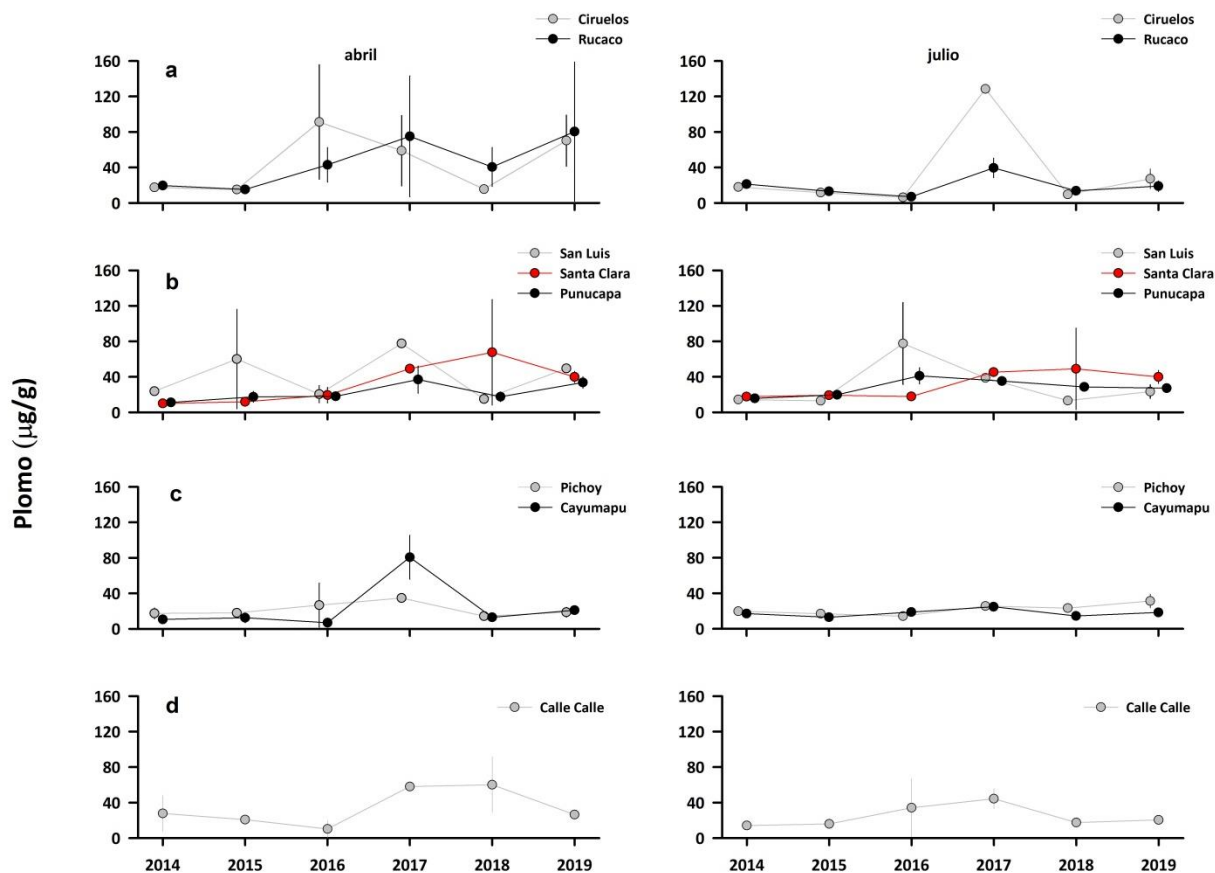


**Figura 4.1.1.32.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Cobre particulado ( $\mu\text{g/g}$ ) en el agua superficial del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.





**Figura 4.1.1.33.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Zinc particulado ( $\mu\text{g/g}$ ) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.1.34.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Plomo particulado ( $\mu\text{g/g}$ ) en el agua superficial del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

### Análisis estadísticos

#### *En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):*

La Tabla 4.1.1.25 muestra diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo particulados: las de Cobre particulado fueron más altas durante los años 2015 y 2019, las de Zinc particulado durante los años 2015, 2017, 2018 y 2019 y las de Plomo particulado durante el año 2017. En general, las concentraciones de estos metales fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en los sectores límnicos y eje estuarial del HRC y durante el mes de abril con excepción del Cobre particulado que no mostró variabilidad estacional significativa ( $p > 0,05$ ) (Tabla 4.1.1.25).

**Tabla 4.1.1.25.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Plomo (Pb) particulados del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año (2014-2019), Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes de muestreo (A=abril y J=julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Prueba de Tukey
Cu (*) (***)	Año (A)	5	6,635	1,327	40,174	<b>&lt;0,001</b>	2015=2019>2014=2016=2017>2018
	Sector (S)	3	1,313	0,438	13,251	<b>&lt;0,001</b>	L=EE>T=F
	Mes (M)	1	0,0850	0,0850	2,574	0,111	
	A x S x M	15	8,087	0,539	16,323	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	4,756	0,0330			
Zn (*) (***)	Año (A)	5	5,588	1,118	5,237	<b>&lt;0,001</b>	2015=2017=2018=2019>2014=2016
	Sector (S)	3	2,688	0,896	4,198	<b>0,007</b>	EE>T; EE=L=F
	Mes (M)	1	5,929	5,929	27,782	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x S x M	15	12,584	0,839	3,931	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	30,730	0,213			
Pb (*) (***)	Año (A)	5	4,493	0,899	21,462	<b>&lt;0,001</b>	2017>2019>2018=2014=2015=2016
	Sector (S)	3	0,605	0,202	4,821	<b>0,003</b>	L=EE>T; EE=L=F
	Mes (M)	1	0,304	0,304	7,266	<b>0,008</b>	A > J
	A x S x M	15	2,620	0,175	4,173	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	6,029	0,0419			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

La Tabla 4.1.1.26 muestra resultados similares a los de la Tabla 4.1.1.25, en cuanto a variabilidad inter-anual y estacional de las concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo particulados se refiere. Las concentraciones más altas de Cobre particulado ( $p < 0,05$ ) ocurrieron en estaciones del sector límnic (Ciruelos y Rucaco) y eje estuarial del HRC (San Luis, Santa Clara y Punucapa), a la vez que las de Zinc y Plomo particulados en esos sectores además del ubicado fuera del humedal (Calle Calle) y durante el mes de abril (Tabla 4.1.1.26).

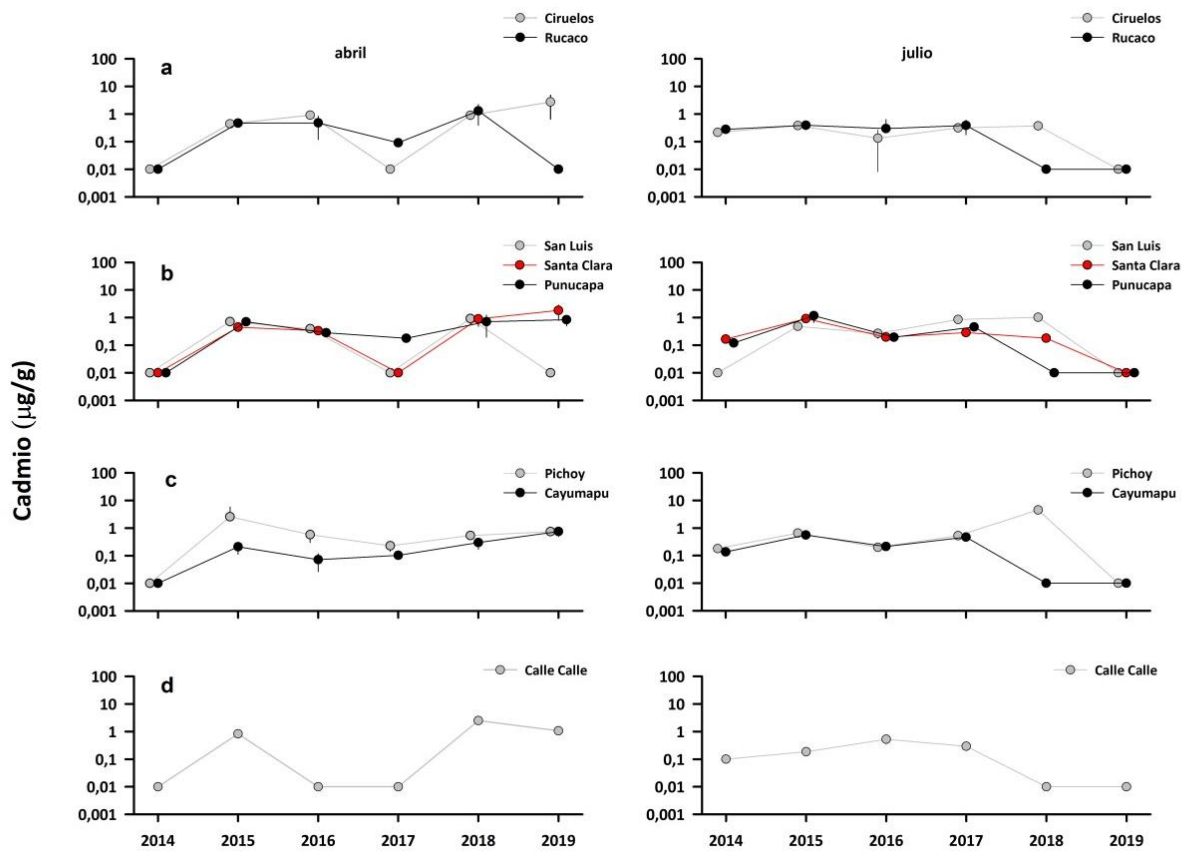
**Tabla 4.1.1.26.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Plomo (Pb) particulados del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci=Ciruelos, Ru=Rucaco, SL=San Luis, SC=Santa Clara, Pu=Punucapa, Pi=Pichoy, Ca=Cayumapu y CC=Calle Calle) y Mes (A=abril y J=julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

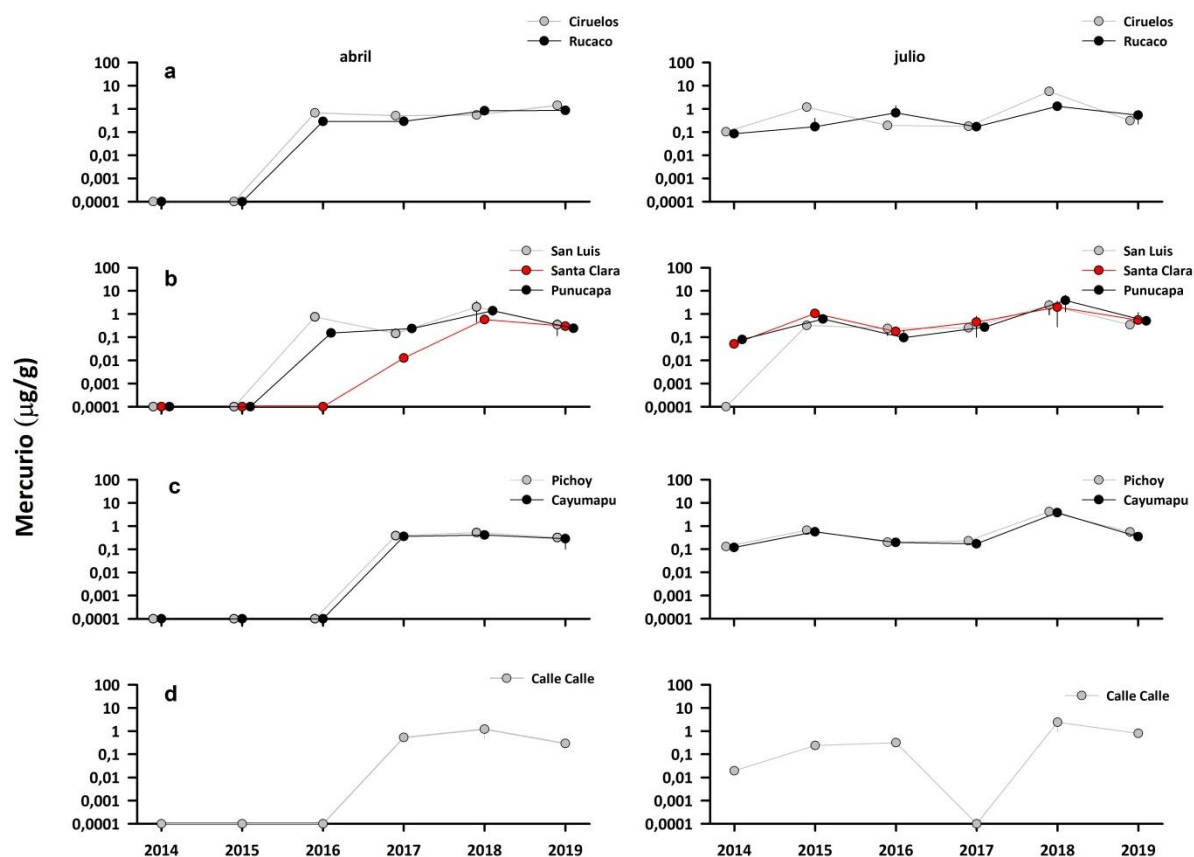
Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Cu (*) (***)	Año (A)	7	3,553	0,711	26,049	<b>&lt;0,001</b>	2015=2019>2014=2016=2017>2018
	Estación (E)	5	1,645	0,235	8,618	<b>&lt;0,001</b>	Ci=Ru=SL=SC=Pu>Pi=Ca=CC
	Mes (M)	1	0,003	0,003	0,101	0,751	
	A x E x M	35	9,068	0,259	9,499	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	2,618	0,0273			
Zn (*) (***)	Año (A)	5	3419,617	683,923	27,560	<b>&lt;0,001</b>	2015=2017=2019>2018>2014=2016
	Estación (E)	7	1950,736	278,677	11,230	<b>&lt;0,001</b>	Ci=Ru=SL=SC=Pu=CC>Pi=Ca
	Mes (M)	1	4617,387	4617,387	186,067	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x E x M	35	5293,849	151,253	6,095	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	2382,312	24,816			
Pb (*) (***)	Año (A)	5	5,182	1,036	37,719	<b>&lt;0,001</b>	2017>2019>2018=2014=2015=2016
	Estación (E)	7	0,762	0,109	3,332	<b>0,003</b>	Ci=Ru=SL=SC=Pu=CC>Pi=Ca
	Mes (M)	1	0,257	0,257	7,867	<b>0,006</b>	A > J
	A x E x M	35	3,756	0,107	3,285	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	3,137	0,033			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

### Cadmio, Arsénico y Mercurio

Las Tablas 4.1.1.37 a 4.1.1.39 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.35 y 4.1.1.36, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de Cadmio, Arsénico y Mercurio particulados, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019. No se graficaron datos ni se realizaron análisis estadísticos para Arsénico particulado, debido a las pocas detecciones de este metal realizadas en el agua superficial (cf. Tabla 4.1.1.38 de ANEXO 2): mayo 2014 en el sector límnic, estuarial y fuera del HRC, y julio del mismo año en todos los sectores de estudio (Tabla 4.1.1.38 de ANEXO 2).





**Figura 4.1.1.36.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Mercurio particulado ( $\mu\text{g/g}$ ) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

### Análisis estadísticos

#### *En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):*

La Tabla 4.1.1.27 muestra diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de Cadmio y Mercurio particulados: las de Cadmio fueron más altas durante los años 2018 y 2015 y las de Mercurio durante el 2018. No se encontraron diferencias significativas entre sectores ( $p > 0,05$ ) pero sí entre estaciones (mayores durante abril para el Cadmio y julio para el Mercurio) (Tabla 4.1.1.27).

**Tabla 4.1.1.27.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Cadmio (Cd) y Mercurio (Hg) particulados del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año (2014-2019), Sector (L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes de muestreo (A=abril y J=julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Prueba de Tukey
Cd (*) (***)	Año (A)	5	5,600	1,120	11,745	<b>&lt;0,001</b>	2018=2015>2016=2019=2017>2014
	Sector (S)	3	0,150	0,050	0,526	0,665	
	Mes (M)	1	0,596	0,596	6,248	<b>0,014</b>	A > J
	A x S x M	15	3,598	0,240	2,515	<b>0,002</b>	
	Error	144	13,733	0,095			
Hg (*) (***)	Año (A)	5	23,626	4,725	85,351	<b>&lt;0,001</b>	2018>2019>2017=2016=2015>2014
	Sector (S)	3	0,209	0,069	1,260	0,291	
	Mes (M)	1	3,875	3,875	69,995	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x S x M	15	2,389	0,159	2,877	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	144	7,972	0,055			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

La Tabla 4.1.1.28 muestra resultados similares a los de la Tabla 4.1.1.27, en cuanto a variabilidad inter-anual y estacional de las concentraciones de Cadmio y Mercurio particulado se refiere. En cuanto a variabilidad espacial, se encontró que las concentraciones de Cadmio fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en Pichoy y que las del resto de estaciones no difirieron significativamente entre sí ( $p > 0,05$ ) (Tabla 4.1.1.28).

**Tabla 4.1.1.28.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Cadmio (Cd) y Mercurio (Hg) particulados del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019), Estaciones (Ci=Ciruelos, Ru=Rucaco, SL=San Luis, SC=Santa Clara, Pu=Punucapa, Pi=Pichoy, Ca=Cayumapu y CC=Calle Calle) y Mes (A = abril, J = julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Prueba de Tukey
Cd (*)(***)	Año (A)	5	6,599	1,320	40,509	<b>&lt;0,001</b>	2015=2018>2016=2017=2019>2014
	Estación (E)	7	1,698	0,243	7,447	<b>&lt;0,001</b>	Pi>Ci=Ru=SL=SC=Pu=Ca=CC
	Mes (M)	1	0,419	0,419	12,854	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	A x E x M	35	8,031	0,229	7,043	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	3,128	0,0326			
Hg (*)(***)	Año (A)	5	88,836	17,767	74,164	<b>&lt;0,001</b>	2018>2015=2016=2017=2019>2014
	Estación (E)	7	3,078	0,440	1,836	0,089	
	Mes (M)	1	11,197	11,197	46,738	<b>&lt;0,001</b>	J > A
	A x E x M	35	19,880	0,568	2,371	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	22,998	0,240			

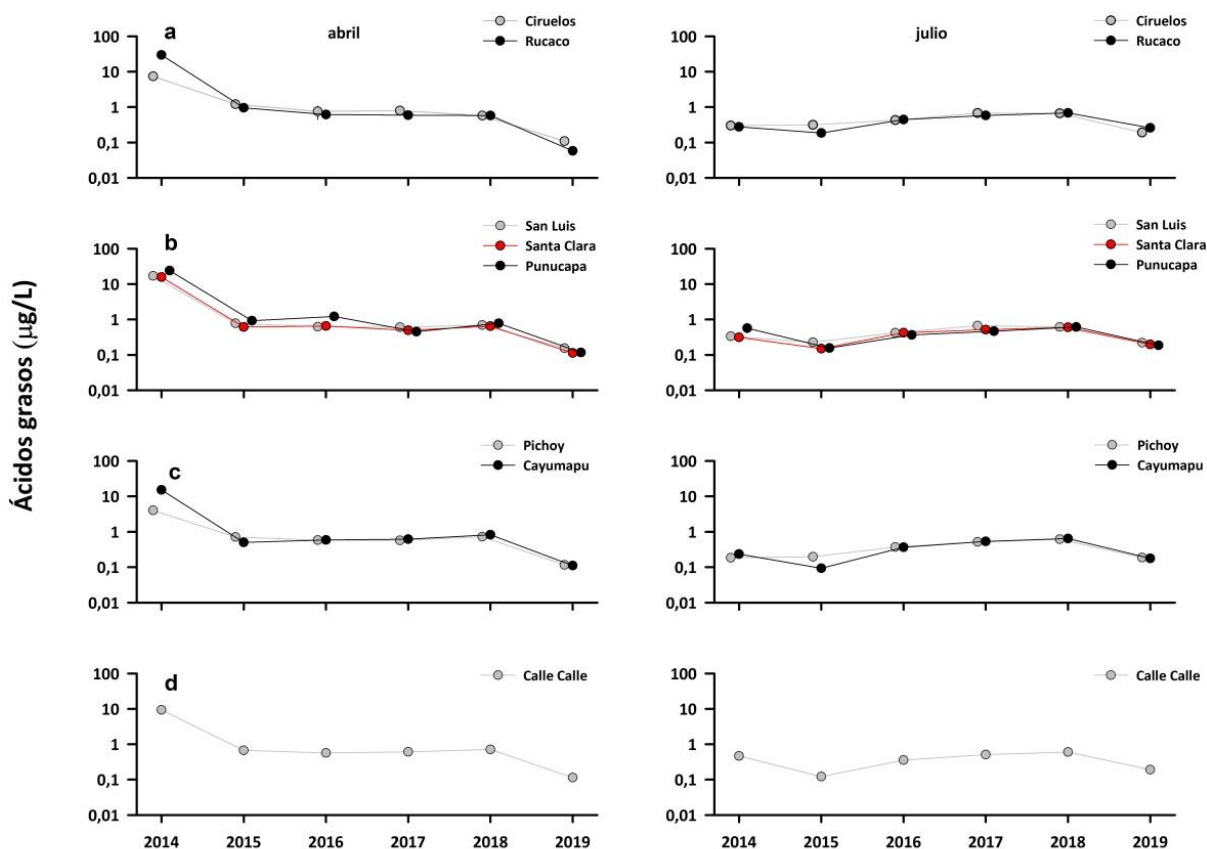
GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

### Ácidos grasos, Ácidos resínicos y Compuestos Órgano-Halogenados Adsorbibles (AOX)

#### Ácidos grasos

La Tabla 4.1.1.40 del ANEXO 2 de este Capítulo y la Figura 4.1.1.37, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de Ácidos Grasos, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.





**Figura 4.1.1.37.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Ácidos grasos ( $\mu\text{g/L}$ ) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. No se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

### Análisis estadísticos

#### *En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):*

Las concentraciones de Ácidos grasos detectadas durante el año 2014, fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) que las estimadas durante el resto del período de estudio; las del año 2019 fueron las más bajas (Tabla 4.1.1.29). El agua del eje estuarial no difirió estadísticamente ( $p > 0,05$ ) del agua del sector límnico y de aquella de la estación ubicada fuera del humedal en cuanto a concentraciones de Ácidos grasos, pero sí del agua

de los ríos tributarios ( $p < 0,05$ ) (Tabla 4.1.1.29). Las concentraciones de estos compuestos fueron siempre más altas ( $p < 0,05$ ) durante los muestreos de abril (Tabla 4.1.1.29).

**Tabla 4.1.1.29.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Ácidos grasos del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año (2014-2019), Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes de muestreo (A=abril y J=julio). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Ácidos grasos (*)(***)	Año (A)	5	49,328	9,866	107,143	<b>&lt;0,001</b>	2014>2015=2016=2017=2018>2019
	Sector (S)	3	0,892	0,297	3,227	<b>0,024</b>	EE>T; EE=L=F
	Mes (M)	1	15,045	15,045	163,394	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	S x A x M	15	2,312	0,154	1,674	0,062	
	Error	144	13,259	0,0921			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

Similar a los resultados obtenidos mediante la aproximación de análisis a, las concentraciones de Ácidos grasos fueron significativamente más altas y más bajas ( $p < 0,05$ ), durante los años 2014 y 2019 (Tabla 4.1.1.30). El agua de las estaciones Rucaco, Punucapa y San Luis, tuvo las concentraciones más altas de estos compuestos y abril fue el mes con concentraciones significativamente más altas de Ácidos grasos ( $p < 0,05$ ) (Tabla 4.1.1.30).

**Tabla 4.1.1.30.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Ácidos grasos del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año (2014-2019), Estaciones (Ci=Ciruelos, Ru=Rucaco, SL=San Luis, SC=Santa Clara, Pu=Punucapa, Pi=Pichoy, Ca=Cayumapu y CC=Calle Calle), y Mes de muestreo (A=Abril y J=Julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Ácidos grasos (*)(***)	Año (A)	5	63,241	12,648	1566,1	<b>&lt;0,001</b>	2014>2018=2017=2016>2015>2019
	Estación (E)	7	1,775	0,254	31,304	<b>&lt;0,001</b>	Ru=Pu=SL>Ci=SC=Ca=CC>Pi
	Mes (M)	1	19,220	19,220	23,79,9	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	S x A x M	35	7,281	0,208	25,760	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	96	0,775	0,0080			

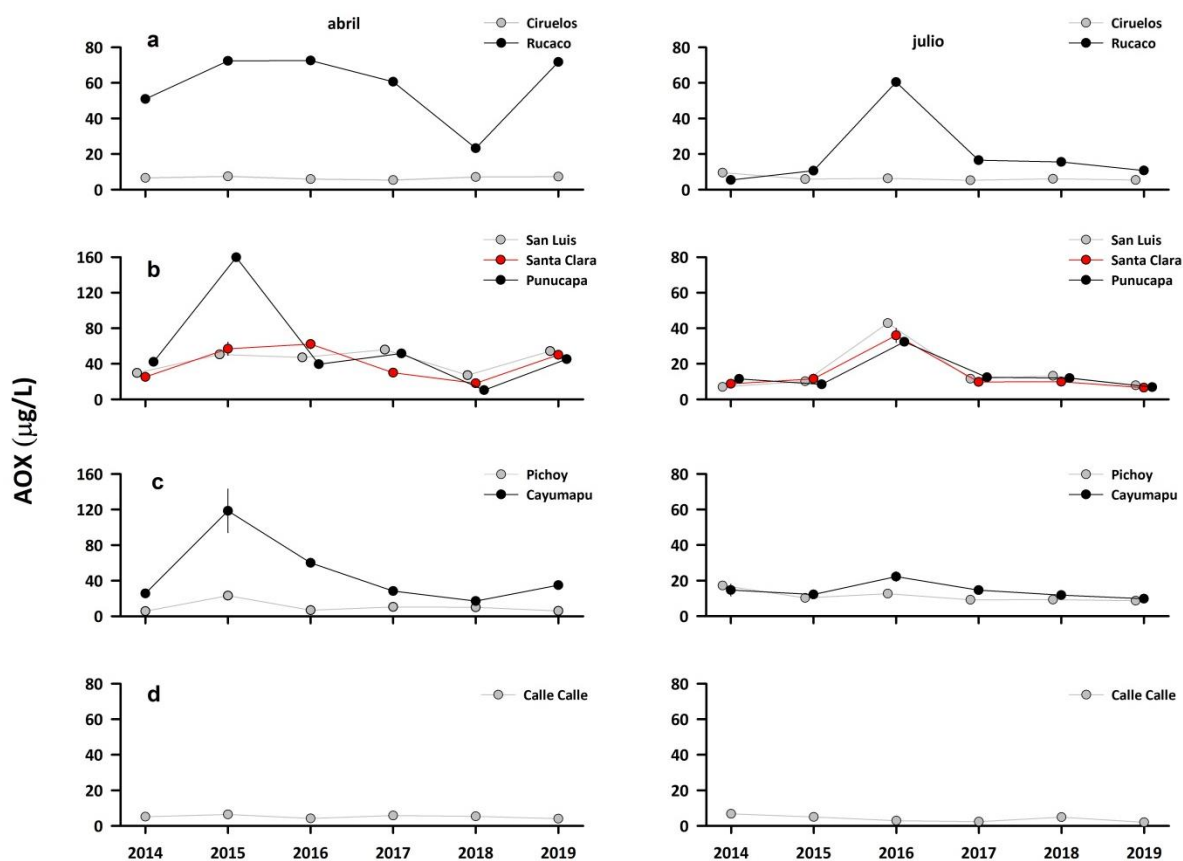
GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

### Ácidos resínicos

Durante todo el período de estudio no se registraron Ácidos resínicos en las aguas superficiales del área de estudio.

### Compuestos Órgano-Halogenados Adsorbibles (AOX)

La Tabla 4.1.1.41 del ANEXO 2 de este Capítulo y la Figura 4.1.1.38, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de AOX, en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.



**Figura 4.1.1.38.** Comparación inter-anual de las concentraciones de AOX ( $\mu\text{g/L}$ ) en el agua superficial del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

### Análisis estadísticos

#### *En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):*

La Tabla 4.1.1.31 muestra que no se detectaron variaciones inter-anales claramente definidas en las concentraciones de AOX (Tabla 4.1.1.31). Las aguas del eje central del HRC tuvieron concentraciones significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) que las del resto de los sectores, a la vez que las del sector límnico y de los ríos tributarios no difirieron significativamente entre sí ( $p > 0,05$ ), pero sí tuvieron concentraciones de AOX significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) que las medidas en el agua del sector ubicado fuera del humedal (Tabla 4.1.1.31). Durante los muestreos de abril, se detectaron

concentraciones de AOX significativamente más altas que durante los muestreos de julio (Tabla 4.1.1.31).

**Tabla 4.1.1.31.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de AOX del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año (2014-2019), Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios) y Mes de muestreo (A=abril y J=julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
AOX (*) (***)	Año (A)	5	41,664	8,333	3,533	<b>0,005</b>	2016>2018; 2016=2017=2014=2015=2019
	Sector (S)	3	167,791	55,930	23,710	<b>&lt;0,001</b>	EE>L=T>F
	Mes (M)	1	106,359	106,359	45,088	<b>&lt;0,001</b>	A > J
	S x A x M	15	28,673	1,912	0,810	0,665	
	Error	144	339,680	2,359			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

Las concentraciones de AOX fueron significativamente más altas ( $p<0,05$ ), durante los años 2015 y 2016 (Tabla 4.1.1.32). En cuanto a estación se refiere, las aguas de Rucaco tuvieron las concentraciones más altas de estos compuestos orgánicos y durante los muestreos de abril (Tabla 4.1.1.32). El agua de las estaciones de San Luis, Santa Clara y Cayumapu, tuvo concentraciones significativamente más altas ( $p<0,05$ ) de AOX, que las de las aguas de Pichoy, Ciruelos y Calle Calle (Tabla 4.1.1.32).

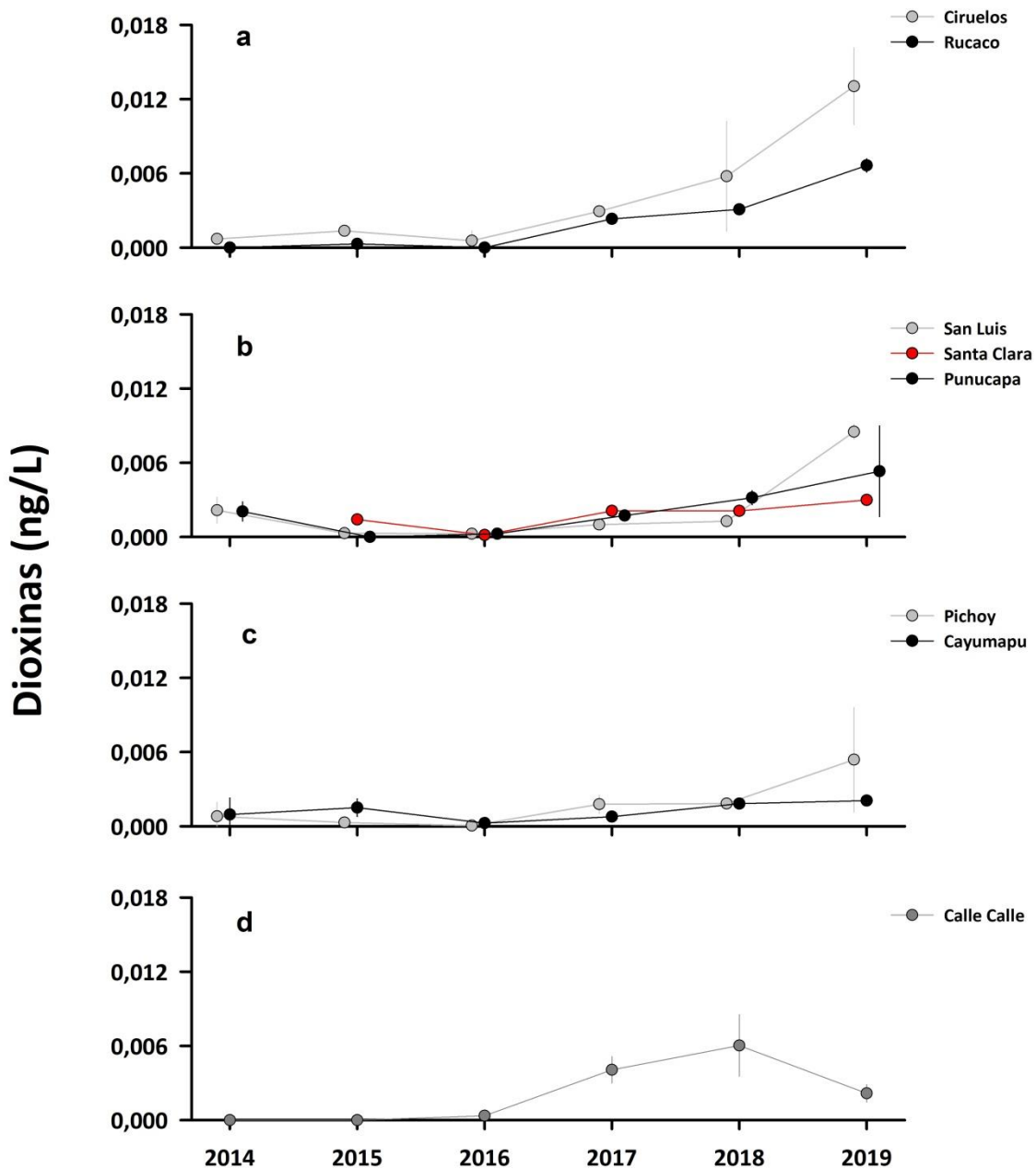
**Tabla 4.1.1.32.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de AOX del agua superficial del área de estudio. Los factores son Año (2014-2019), Estaciones (Ci=Ciruelos, Ru=Rucaco, SL=San Luis, SC=Santa Clara, Pu=Punucapa, Pi=Pichoy, Ca=Cayumapu y CC=Calle Calle), y Mes de muestreo (A=Abril y J=Julio). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
AOX (*) (***)	Año (A)	5	73,460	14,692	354,71	<0,001	2015=2016>2017=2019>2014>2018
	Estación (E)	7	340,738	48,677	1175,2	<0,001	Ru>Pu>SL=SC=Ca>Pi>Ci>CC
	Mes (M)	1	183,705	183,70	4435,3	<0,001	A > J
	S x A x M	35	74,607	2,132	51,466	<0,001	
	Error	96	3,976	0,0414			

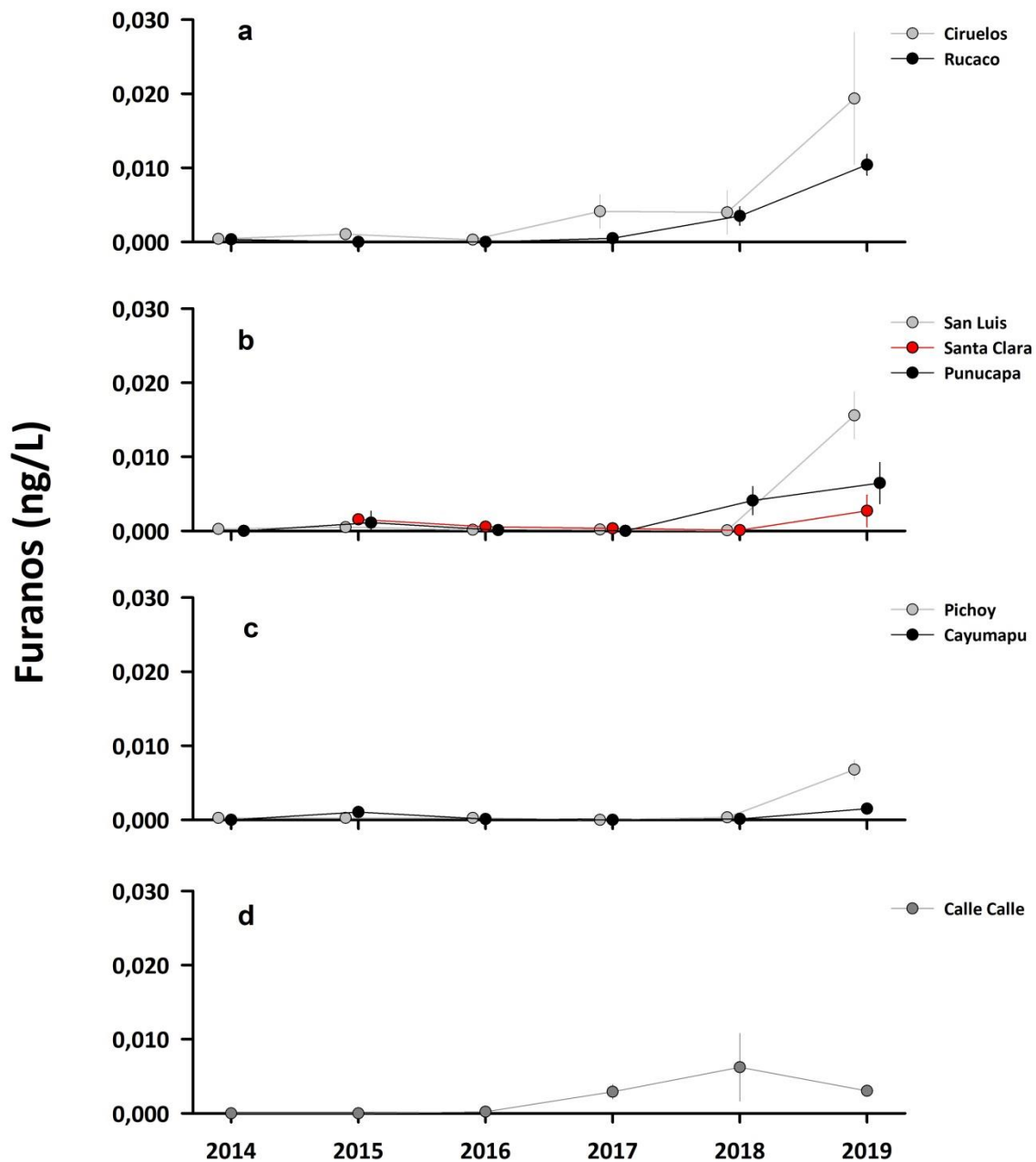
GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

### Dioxinas, Furanos y EQTs

Las Tablas 4.1.1.42 a 4.1.1.44 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.1.39 a 4.1.1.41, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs en el agua superficial del área de estudio, durante el período 2014-2019.

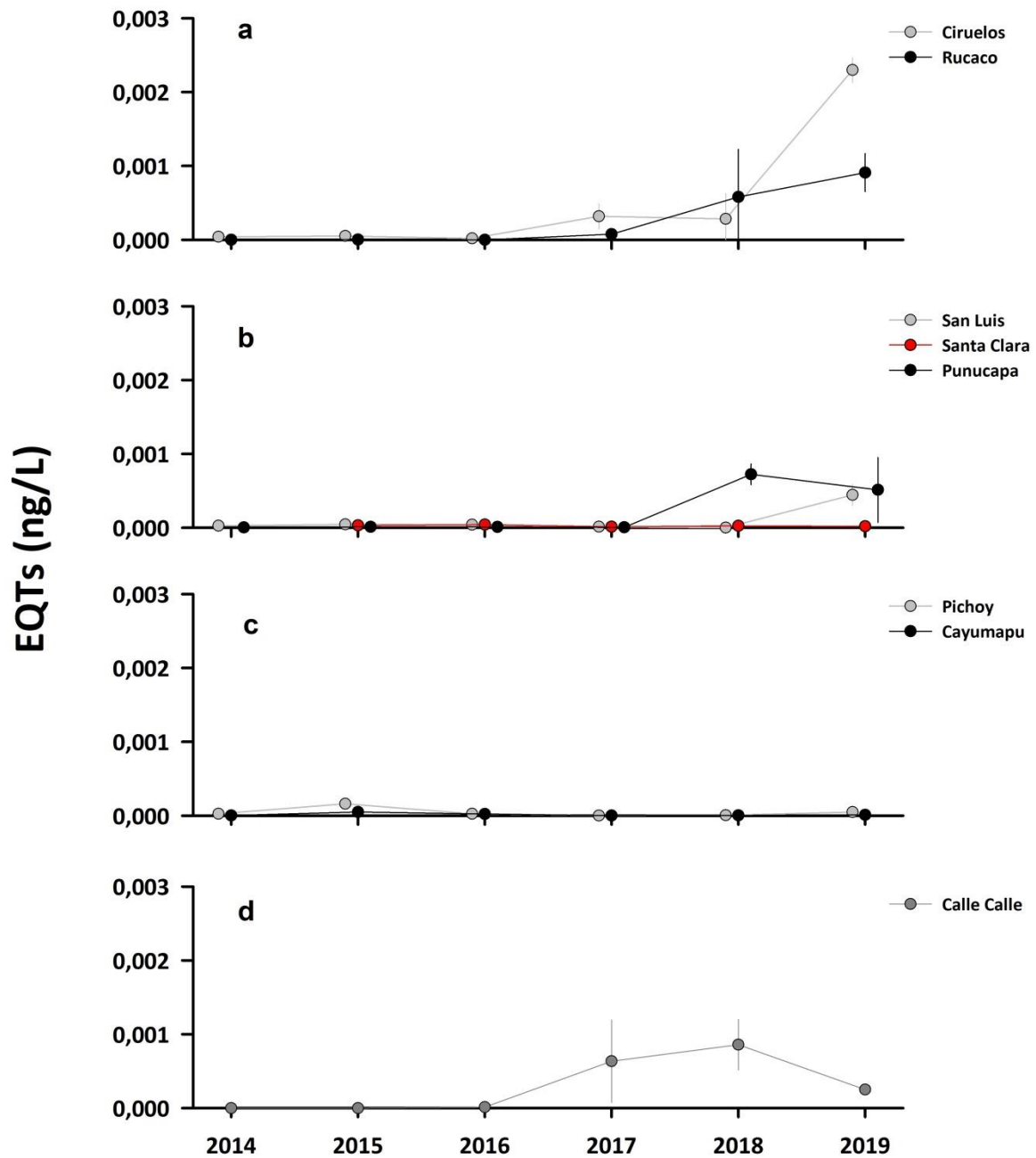


**Figura 4.1.1.39.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Dioxinas (ng/L) en el agua superficial del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.1.40.** Comparación inter-anual de las concentraciones de Furanos (ng/L) en el agua superficial del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.





**Figura 4.1.1.41.** Comparación inter-anual de las concentraciones de EQTs (ng/L) en el agua superficial del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

### Análisis estadísticos

#### **En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):**

La Tabla 4.1.1.33 muestra que las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el período 2017-2019. En términos generales, tales concentraciones fueron similares ( $p > 0,05$ ) entre el sector límnic, eje estuarial y fuera del HRC (Tabla 4.1.1.33); es decir, no se detectó mayor variabilidad espacial de estos parámetros.

**Tabla 4.1.1.33.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs del agua superficial del área de estudio durante la campaña de abril. Los factores son Año (2014-2019), Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Dioxinas (*)	Año (A)	5	0,039	0,009	35,185	<b>&lt;0,001</b>	2019=2018=2017>2014=2015=2016
	Sector (S)	3	0,002	0,001	2,645	<b>0,050</b>	L>T; L=EE=F
	A x S	15	0,011	0,001	3,454	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	70	0,016	0,001			
Furanos (*)(***)	Año (A)	5	0,052	0,0101	28,632	<b>&lt;0,001</b>	2019>2018=2017=2016=2015=2014
	Sector (S)	3	0,007	0,003	6,365	<b>&lt;0,001</b>	L>EE=T; L=F
	A x S	15	0,019	0,001	3,464	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	70	0,025	0,003			
EQTs (*)(***)	Año (A)	5	0,003	0,001	15,989	<b>&lt;0,001</b>	2019=2018=2017>2014=2015=2016
	Sector (S)	3	0,002	0,001	10,828	<b>&lt;0,001</b>	L=F>EE=T
	A x S	15	0,004	0,002	5,895	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	70	0,003	0,001			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

**En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):**

La Tabla 4.1.1.34 muestra concentraciones de Dioxinas significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2017 a 2019. No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) al comparar concentraciones de Dioxinas entre estaciones. Los Furanos y EQTs mostraron concentraciones significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el año 2019 y en estaciones del sector eje estuarial y fuera del HRC (Tabla 4.1.1.34).

**Tabla 4.1.1.34.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQT del agua superficial del área de estudio durante la campaña de abril. Los factores son Año (2014-2019), Estaciones (Ci=Ciruelos, Ru=Rucaco, SL=San Luis, SC=Santa Clara, Pu=Punucapa, Pi=Pichoy, Ca=Cayumapu y CC=Calle Calle). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Dioxinas (*)(**)	Año (A)	5	0,044	0,009	29,039	<b>&lt;0,001</b>	2019>2018=2017>2014=2015=2016
	Estación (E)	7	0,004	0,001	2,010	0,064	
	Error	81	0,025	0,001			
	Total	93	0,073	0,002			
Furanos (*)(**)	Año (A)	5	0,064	0,013	26,049	<b>&lt;0,001</b>	2019>2018=2017=2016=2015=2014
	Estación (E)	7	0,011	0,002	3,294	<b>0,004</b>	Ci>Ca=SC=Pi; Ci=Ru=SL=Pu=CC
	Error	81	0,041	0,001			
	Total	93	0,114	0,001			
EQTs (***)	Año (A)	5	0,003	0,002	8,873	<b>&lt;0,001</b>	2019>2018=2017=2016=2015=2014
	Estación (E)	7	0,002	0,001	3,420	<b>0,003</b>	Ci>Ca=SC=Pi; Ci=Ru=SL=Pu=CC
	Error	81	0,006	0,001			
	Total	93	0,011	0,001			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

### **Presencia & ausencia de congéneres de Dioxinas y Furanos**

La Tabla 4.1.1.35 muestra el número de detecciones de congéneres de Dioxinas y Furanos en el agua superficial del HRC durante el período 2014-2019 y ordenados de mayor a menor toxicidad. Ese número es en relación al número total de muestreos y estaciones: 6 y 8, respectivamente. A su vez, la Figura 4.1.1.42 muestra las concentraciones anuales de las Dioxinas y Furanos 2.3.7.8 (TCDD) y 1.2.3.7.8 (PeCDD) en el agua superficial del área de estudio.

La Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó en dos estaciones (dentro y fuera del HRC) y en un solo muestreo (2018), a la vez que la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue detectada en cuatro de ocho estaciones (dentro y fuera del HRC) y en tres muestreos (2017 a 2019) (Tabla 4.1.1.35 y Fig. 4.1.1.42). En general, el resto de las dioxinas detectadas tuvo mayor frecuencia de aparición espacial y temporal, que las dos anteriormente mencionadas (Tabla 4.1.1.35).

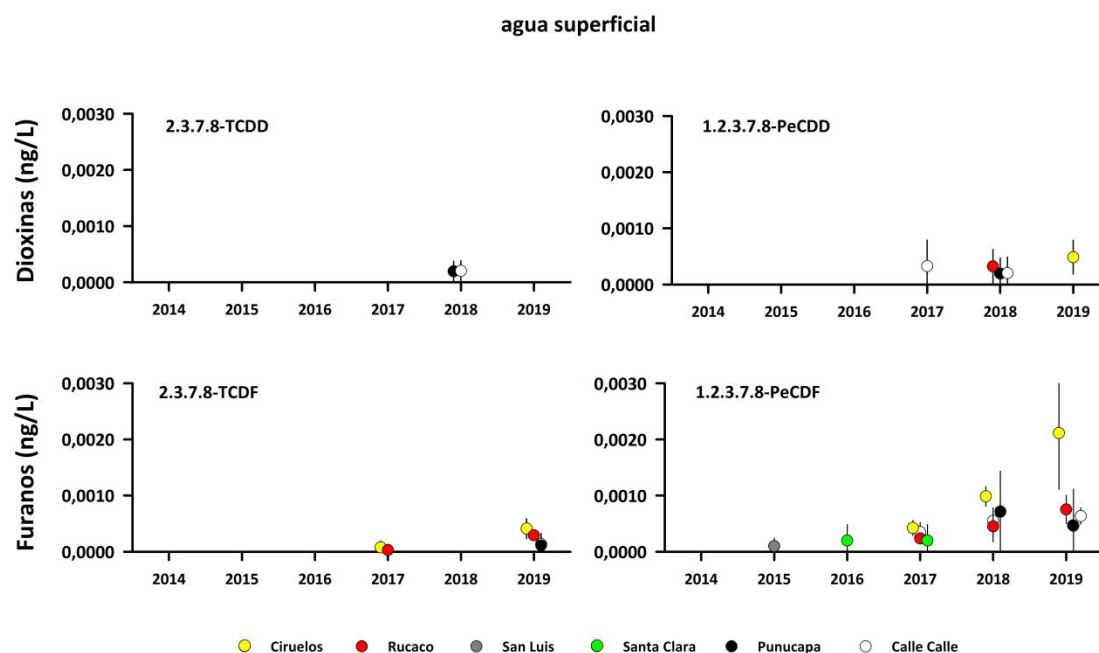
El Furano 2.3.7.8 (TCDF) se detectó en tres de ocho estaciones (dentro del HRC) y en dos muestreos (2017 y 2019), a la vez que el Furano 1.2.3.7.8 (PeCDF) se detectó en seis de ocho estaciones (dentro y fuera del HRC) y en cinco muestreos (2015 a 2019) (Tabla 4.1.1.35 y Fig. 4.1.1.42). En general, el resto de los furanos detectados tuvo mayor frecuencia de aparición espacial y temporal, que los dos anteriormente mencionados (Tabla 4.1.1.35).

**Tabla 4.1.1.35.** Número de detecciones de congéneres de Dioxinas y Furanos en relación al total de muestreos realizados (6) en el agua superficial de cada una de las ocho estaciones durante el período 2014-2019. Congéneres de Dioxinas y Furanos ordenados de mayor a menor toxicidad. L=sector límnic, EE=eje central y estuarial del HRC, T= ríos tributarios y F=fuera del HRC.

sectores	L			EE		T		F	
	estaciones	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Dioxinas</b>									
2.3.7.8-TCDD						1			1
1.2.3.7.8-PeCDD	1	1				1			2
1.2.3.4.7.8-HxCDD	1	1				1			1
1.2.3.6.7.8-HxCDD	1	2	1	1	4		1		2
1.2.3.7.8.9-HxCDD	4	2	1	1	1		1		2
1.2.3.4.6.7.8-HpCDD	6	3	4	5	4	3	4		4
OCDD	6	3	5	3	5	5	5		4
<b>Furanos</b>									
2.3.7.8-TCDF	1	2			1				
1.2.3.7.8-PeCDF	3	3	1	2	2				3
2.3.4.7.8-PeCDF	3	3			2				3
1.2.3.4.7.8-HxCDF	4	2		2	1				2
1.2.3.6.7.8-HxCDF	2	2	1		1	1	1		3
1.2.3.7.8.9-HxCDF	5	2	2	1	3	3	1		4
2.3.4.6.7.8-HxCDF	2	2	2	1	2				2
1.2.3.4.6.7.8-HpCDF	5	2	1	4	3	1	3		3
1.2.3.4.7.8.9-HpCDF	3	3	2	2	2	2	1		3
OCDF	4	3	2	2	2	2	2		3

La Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó sólo en las estaciones Punucapa y Calle Calle y durante el año 2018. El número más alto de detecciones anuales de la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue 3; esto durante abril 2018 en Rucaco, Punucapa y Calle Calle. Durante los años 2017 y 2019, se detectó la presencia de esta dioxina en sólo una estación (Calle Calle y Ciruelos, respectivamente), a la vez que durante los años 2014 a 2016 no se la detectó en el área de estudio (Fig. 4.1.1.42).

El Furano 2.3.7.8 (TCDF) fue detectado el año 2017 y 2019; esto ocurrió en Ciruelos y Rucaco y Ciruelos, Rucaco y Punucapa, respectivamente (Fig. 4.1.1.42). El número más alto de detecciones para el Furano 1.2.3.7.8 (PeCDF) (n=4) ocurrió durante el año 2017 (Ciruelos, Rucaco, Santa Clara y Calle Calle), 2018 y 2019 (Ciruelos, Rucaco, Punucapa y Calle Calle) (Fig. 4.1.1.42). Durante los años 2015 y 2016, este furano ocurrió solo en una estación (San Luis y Santa Clara, respectivamente), a la vez que durante el año 2014 no fue detectado en el área de estudio (Fig. 4.1.1.42).



**Figura 4.1.1.42.** Concentraciones de las Dioxinas 2.3.7.8-TCDD y 1.2.3.7.8-PeCDD (ng/g) (paneles superiores) y los Furanos 2.3.7.8-TCDF y 1.2.3.7.8-PeCDF (paneles inferiores) en el agua superficial del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

#### **4.1.1.3.2. Estadística multivariada y de tendencias**

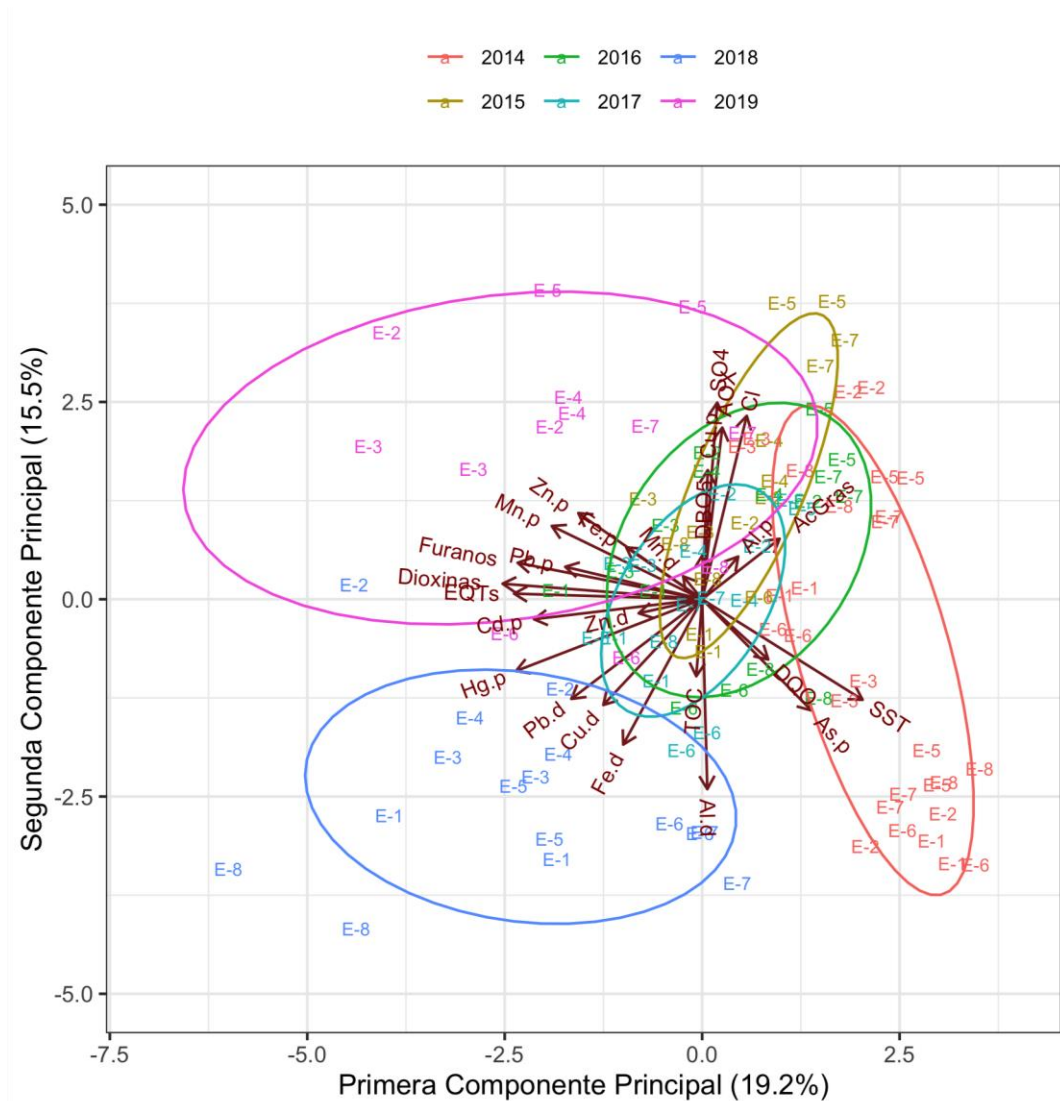
En el Análisis de Componentes Principales (ACP), las 2 primeras componentes logran explicar el 35% de la varianza total de la base de datos analizada. Las Figuras 4.1.1.43 y 4.1.1.47 muestran los resultados agrupados por años y estaciones, respectivamente.

##### **Comparación inter-anual (años 2014 a 2019)**

El resultado del análisis por año (Fig. 4.1.1.43), muestra una diferenciación inter-anual estadísticamente significativa (PERMANOVA  $R^2=0,66$ ;  $p<0,0001$ ), destacando que los muestreos ejecutados durante los años 2018 y 2019 tienden a segregarse del resto de las campañas anuales. Esto debido a:

- i) mayores concentraciones de Hierro, Manganeso, Zinc, Plomo y Cadmio particulados, además de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos en el año 2019.
- ii) mayores concentraciones de Mercurio particulado, Hierro, Aluminio, Cobre y Plomo disuelto en el año 2018.

Adicionalmente, en el año 2014 se observaron mayores concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales, DQO y Arsénico particulado (Fig. 4.1.1.43).



**Figura 4.1.1.43.** Biplot resultado del ACP para el total de parámetros analizados en el agua superficial: puntajes agrupados por años de muestreo (2014 a 2019). Los porcentajes de varianza explicada por componente se indican en los ejes X e Y.

Un análisis de tendencias de Mann y Kendall reveló que, del total de los parámetros analizados en el agua superficial del área de estudio, nueve de estos mostraron tendencias ascendentes estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) (Tabla 4.1.1.36): Hierro, Cobre, Zinc y Plomo disueltos, Plomo y Mercurio particulados, además de Dioxinas, Furanos y Equivalentes tóxicos.

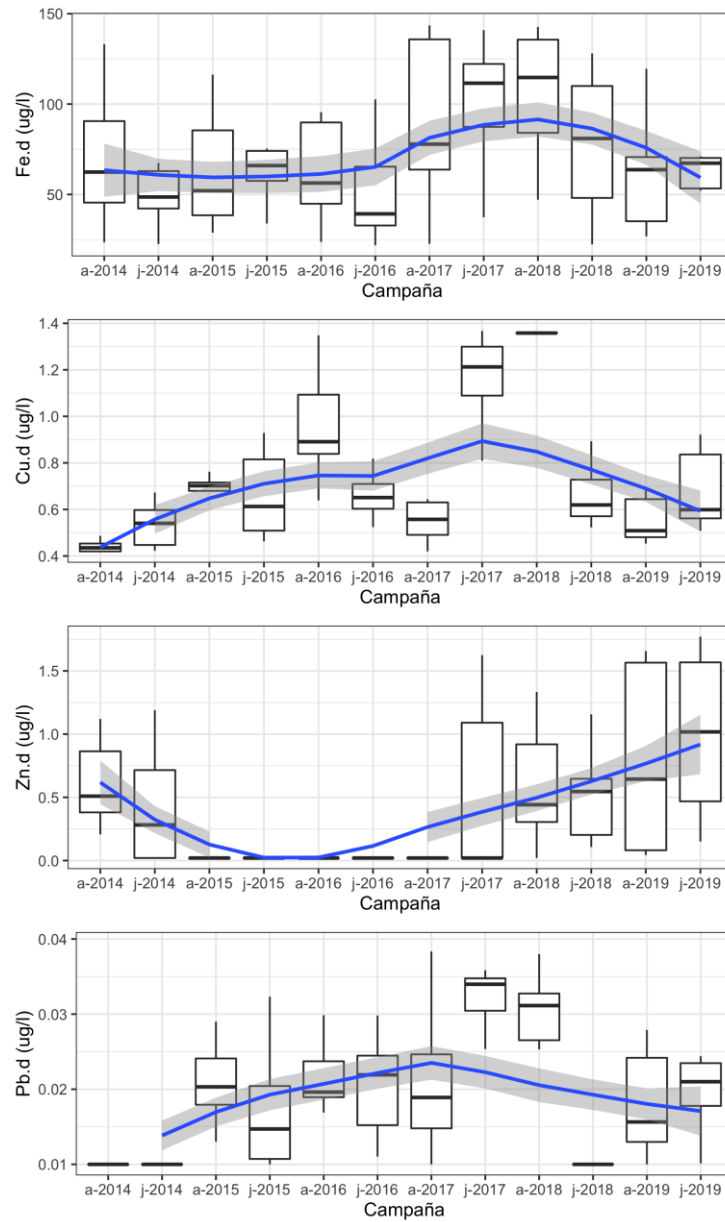


**Tabla 4.1.1.36.** Resultado de la prueba de Mann y Kendall para el análisis de tendencias en parámetros medidos en el agua superficial. “+” indica la existencia de una tendencia ascendente estadísticamente significativa.

<b>Parámetro</b>	<b>Tau</b>	<b>valor-p</b>	
Sólidos suspendidos totales	-0,1050	0,0309	
Cloruros	-0,1120	0,0211	
Sulfatos	-0,0181	0,7100	
Demanda bioquímica de oxígeno	0,0270	0,6015	
Demanda química de oxígeno	-0,2343	0,0000	
Metales pesados disueltos			
Hierro	0,1389	0,0042	+
Aluminio	0,0869	0,0735	
Manganeso	0,0779	0,1089	
Cobre	0,1997	0,0000	+
Zinc	0,3025	0,0000	+
Plomo	0,1612	0,0013	+
Metales pesados particulados			
Hierro	0,0735	0,1303	
Aluminio	-0,0574	0,2399	
Manganeso	0,0277	0,5690	
Cobre	-0,0654	0,1784	
Zinc	0,0755	0,1203	
Plomo	0,2087	0,0000	+
Cadmio	0,0544	0,2799	
Arsénico	-0,1474	0,0097	
Mercurio	0,4714	0,0000	+
Carbono orgánico total	0,0236	0,6275	
Ácidos grasos	-0,2248	0,0000	
AOX	-0,1113	0,0220	
Dioxinas	0,4808	0,0000	+
Furanos	0,3267	0,0000	+
Equivalentes Tóxicos	0,2440	0,0002	+

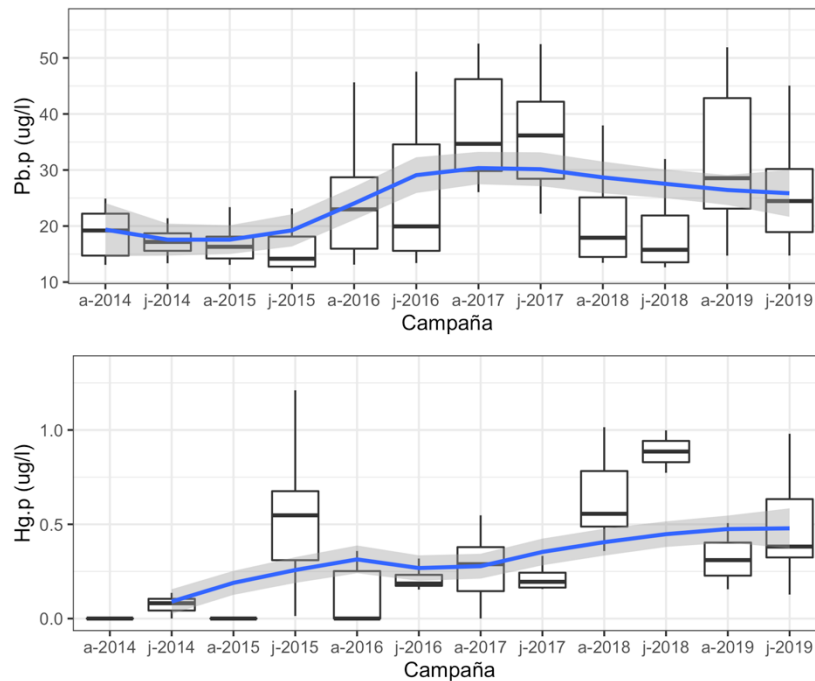
Las Figuras 4.1.1.44 a 4.1.1.46 muestran los boxplots y análisis de tendencias inter-  
anuales para los parámetros que variaron significativamente en el tiempo. Las  
concentraciones de Hierro, Cobre y Plomo disueltos, muestran valores máximos en las  
campañas de julio de 2017 y abril de 2018, luego de las cuales tienden a disminuir (Fig.

4.1.1.44). Por el contrario, las concentraciones de Zinc disuelto disminuyeron entre abril de 2014 y abril de 2016, para luego mostrar una tendencia ascendente con niveles máximos en julio 2019.



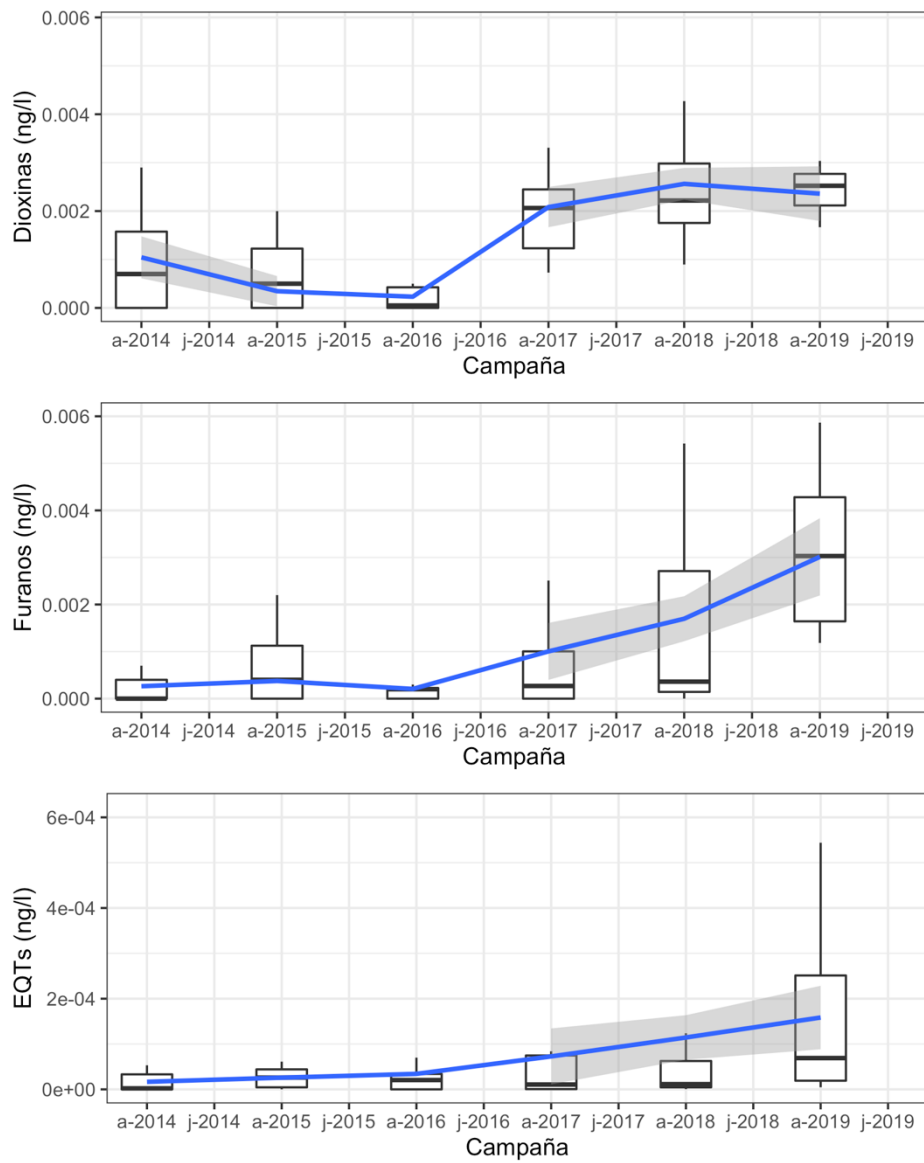
**Figura 4.1.1.44.** Boxplot de los metales pesados disueltos que mostraron tendencias ascendentes significativas en el agua superficial. d = disuelto, a = abril, j = julio.

La Figura 4.1.1.45, muestra que las concentraciones de Plomo particulado fueron máximas en las campañas de abril y julio de 2017, luego de las cuales tendieron a disminuir, mientras que las del Mercurio muestran una tendencia general ascendente, con valores máximos en julio 2015, abril y julio 2018.



**Figura 4.1.1.45.** Boxplot de los metales pesados particulados que mostraron tendencias ascendentes significativas en el agua superficial. p = particulado, a = abril, j = julio.

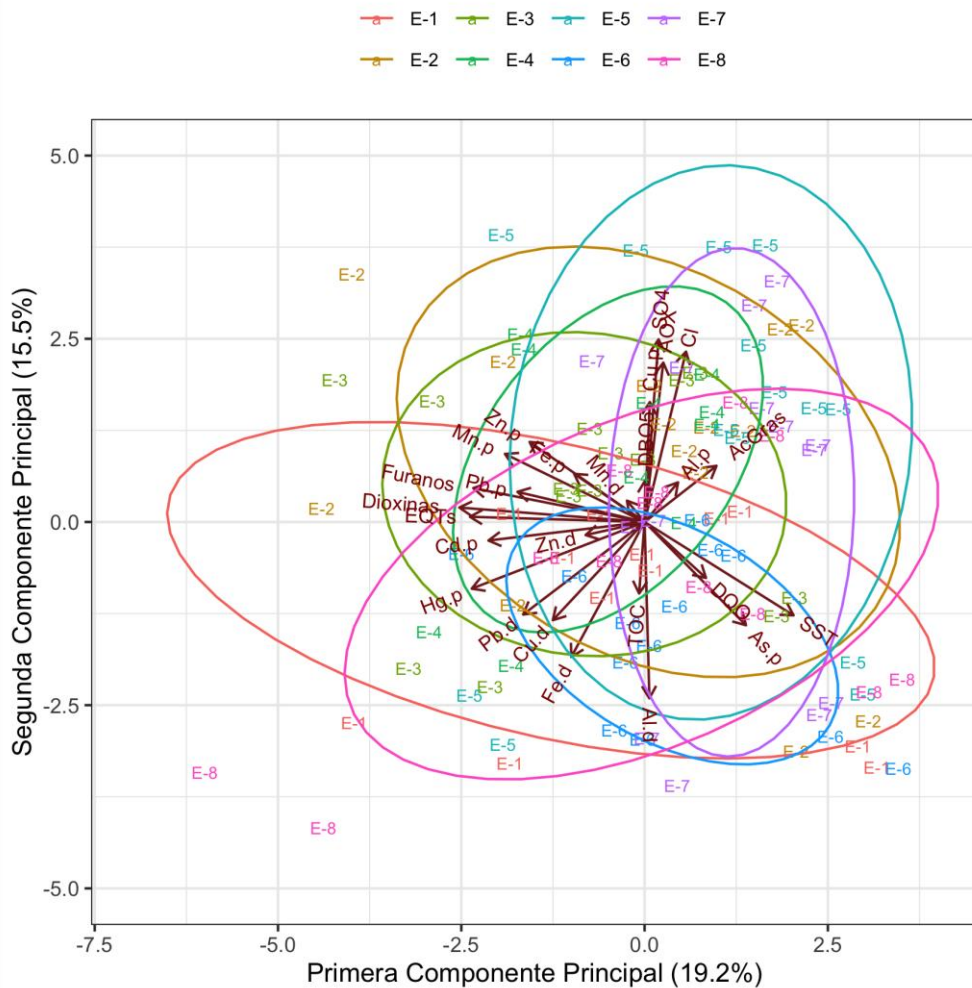
En el caso de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos, las tendencias inter-anales son claramente ascendentes a partir de abril 2016, con máximos en abril 2019 (Fig. 4.1.1.46).



**Figura 4.1.1.46.** Boxplot de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs), parámetros que mostraron tendencias ascendentes significativas en el agua superficial. a = abril, j = julio.

### Comparación espacial (estaciones 1 a 8)

En contraste a los resultados del ACP inter-anual, los del ACP por estaciones revelan un patrón poco definido, con elipses que tienden a mezclarse. Pese a que se detectaron diferencias estadísticamente significativas (PERMANOVA  $R^2=0,17$ ;  $p<0,001$ ), el análisis explicó un bajo porcentaje de la variabilidad representada en la ordenación (17%), lo que indica la existencia de una baja diferenciación entre estaciones de muestreo (Fig. 4.1.1.47).



**Figura 4.1.1.47.** Biplot resultado del ACP para el total de parámetros analizados en el agua superficial: puntajes agrupados por estaciones de muestreo (E-1 a E-8). Los porcentajes de varianza explicada por componente se indican en los ejes X e Y.

#### **4.1.1.3.3. Comparaciones con normas chilenas**

En general, los resultados del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC y del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC, no son comparables con resultados históricos de otros programas (tales como el Plan de Vigilancia Ambiental de Planta Arauco Valdivia o el registro de la Dirección general de Aguas, DGA), debido a que los datos originados en esos programas presentan diferencias de metodología, número de estaciones de muestreo y límites de detección analíticos. Para este último caso, las diferencias entre las metodologías utilizadas entre éste y otros programas generan diferencias de varios órdenes de magnitud con los límites de detección informados en este estudio. En términos prácticos, las diferencias pueden ir, por ejemplo, entre 0,1mg/L a 0,0001 mg/L en los límites de detección, lo que implica una diferencia de tres órdenes de magnitud lo que implica un aumento de la sensibilidad de los análisis.

Debido a lo anterior, los resultados obtenidos en el Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (2015 a 2019), sólo se compararán a modo de referencias con la Norma Chilena 1333 para Agua de Riego y Agua de Uso Recreativo (Tablas 4.1.1.37 a 4.1.1.40) y la Guía CONAMA 2004 (Guía CONAMA para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas (Tablas 4.1.1.41 a 4.1.1.44). Las Tablas 4.1.1.37 a 4.1.1.44 muestran la comparación de los datos obtenidos en este programa con los parámetros incluidos en dichas normas, indicando si cumplen los niveles de concentración especificados en ellas.

De acuerdo con la Norma 1333 para Agua de Riego y Uso Recreativo, los cuatro sectores estudiados (límpico, estuarial, ríos tributarios y fuera del HRC), han presentado en la mayoría de los muestreos, condiciones acordes los estándares básicos de la misma (“check marks” de color verde en Tablas 4.1.1.37 a 4.1.1.40). En algunos casos, los valores de pH, Cloruros y Coliformes fecales, superan los valores especificados para Agua de Riego y Uso Recreativo (X de color rojo en Tablas 4.1.1.37 a 4.1.1.40).

Según lo establecido por la Guía CONAMA 2004, las aguas de todos los sectores estudiados están mayoritariamente dentro de los rangos de clase 1 o aguas de muy buena calidad y 2 o aguas de buena calidad (“check marks” de color verde en Tablas 4.1.1.41 a 4.1.1.44). Sin embargo, durante el año 2019, el pH en el sector límnic y los Cloruros en el sector estuarial, sobrepasaron los rangos establecidos para aguas de Clase 2, pasando a ser aguas de Clase 3 o “aguas adecuadas para bebidas de animales y para riego restringido” (x de color rojo en Tablas 4.1.1.41 a 4.1.1.44).



















#### 4.1.1.4. Conclusiones más relevantes

- Los resultados de los análisis basados en el agrupamiento de estaciones, muestran que las concentraciones de Sólidos Suspendedos Totales (SST) en el agua superficial del área de estudio, fueron significativamente más altas durante los años 2014 y 2015, en el sector límnico y durante el periodo de mayor caudal hídrico (julio). Similarmente, los análisis basados en el no agrupamiento de estaciones, mostraron que tales concentraciones fueron significativamente más altas durante el periodo de mayor caudal. Sin embargo, este segundo tipo de análisis no detectó para las concentraciones de SST, diferencias significativas entre años y estaciones.
- Durante todo el período de estudio (2014-2019) y en base a la técnica utilizada, no se detectó la presencia de Ácidos resínicos en el agua superficial del HRC.
- Los resultados de los análisis basados en el agrupamiento de estaciones, muestran que no se detectaron variaciones inter-anales claramente definidas en las concentraciones de AOX. Las aguas superficiales del eje central del HRC tuvieron concentraciones significativamente más altas que las del resto de los sectores; a su vez, durante el período de menor caudal hídrico (abril) se detectaron concentraciones de AOX significativamente más altas que durante los muestreos de julio.
- En contraste a lo anteriormente mencionado, los análisis basados en el no agrupamiento de estaciones por sectores, mostraron diferencias inter-anales significativas en las concentraciones de AOX (más altas durante los años 2015 y 2016). En cuanto a estación se refiere, este tipo de aproximación identificó a las aguas superficiales de Rucaco como las de concentraciones más altas de AOX y a estaciones ubicadas aguas abajo de esta estación con concentraciones más bajas que las ahí detectadas, pero más altas que las medidas aguas arriba de este punto, en un río tributario del HRC y fuera del humedal (Ciruelos, Pichoy y Calle Calle, respectivamente).



- El agrupamiento de estaciones en sectores, análisis y resultados posteriores, muestran que las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos en el agua superficial del HRC, fueron significativamente más altas durante el período 2017-2019 y en general similares en los sectores límnico, eje estuarial y fuera del HRC, lo que demuestra la baja variabilidad espacial de estos parámetros a lo largo del área de estudio.
- Similar a lo mencionado en el punto anterior, los resultados de los análisis basados en el no agrupamiento de estaciones, muestra que las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos, fueron significativamente más altas durante el período 2017-2019, pero sin mostrar tendencias espaciales definidas, en cuanto a sectorización.
- De un total de 8 estaciones y 6 muestreos (2014 a 2019), la Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó en dos estaciones (dentro y fuera del HRC) y un año de muestreo (2018), a la vez que la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue detectada en cuatro de ocho estaciones (dentro y fuera del HRC) y tres muestreos (2017 a 2019). El Furano 2.3.7.8 (TCDF) fue detectado en tres estaciones (dentro del HRC) y dos años (2017 y 2019), a la vez que el Furano 1.2.3.7.8 (PeCDF) se detectó en seis estaciones (dentro y fuera del HRC) y en cinco muestreos (2015 a 2019).
- Los resultados de Análisis de Componentes Principales (ACP), destinado a detectar cuales de los parámetros estudiados tiene mayor relevancia en explicar la variabilidad de los datos, muestran que durante el período de estudio (2014-2019), existió diferenciación inter-anual estadísticamente significativa: en términos generales, durante el año 2019 se detectaron concentraciones más altas de Hierro, Manganeso, Zinc, Plomo y Cadmio particulados, además de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos, a la vez que durante el año 2018 se midieron mayores concentraciones de

Mercurio particulado, Hierro, Aluminio, Cobre y Plomo disuelto. Por el contrario, no se observó diferenciación espacial significativa.

- De acuerdo con la Norma 1333 para Agua de Riego y Uso Recreativo, el agua superficial de los cuatro sectores estudiados (límpico, estuarial, ríos tributarios y fuera del HRC), ha presentado en la mayoría de los muestreos realizados entre los años 2014 y 2019, condiciones que fueron acorde los estándares básicos de la misma. En algunos casos, los valores de pH, Cloruros y Coliformes fecales, superan los valores especificados para Agua de Riego y Uso Recreativo.

- Según lo establecido por la Guía CONAMA 2004, el agua superficial de todos los sectores estudiados ha estado entre los años 2014 y 2019, mayoritariamente incluida dentro de los rangos de clase 1 o aguas de muy buena calidad y 2 o aguas de buena calidad. Sin embargo, durante el año 2019, el pH en el sector límpico y los Cloruros en el sector estuarial, sobrepasaron los rangos establecidos para aguas de Clase 2, pasando a ser aguas de Clase 3 o “aguas adecuadas para bebidas de animales y para riego restringido”.

#### **4.1.1.5. Referencias**

Cayuela L (2011) Análisis Multivariante, Área de Biodiversidad y Conservación. Universidad Rey Juan Carlos, Madrid

Gilbert RO (1987) Statistical methods for environmental pollution monitoring. Wiley, New York

Kendall MG (1975) Rank correlation methods, 4th edition. Charles Griffin, London

Mann HB (1945) Non-parametric tests against trend. *Econometrica* 13(13):245-259

Sokal R, Rohlf F (1995) Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. W.H. Freeman, New York 877 p

**ANEXO 1**

**Tabla 1.** Estaciones y fechas de muestreos de calidad del agua durante abril, mayo y julio del año 2014.

<b>estaciones</b>	<b>menor caudal</b>	<b>inicio de las lluvias</b>	<b>mayor caudal</b>
<b>Porción superior del río Cruces (sector límnico)</b>			
<b>1</b> (sector Ciruelos)	07-abr-14	29-may-14	01-ago-14
<b>2</b> (sector Rucaco)	07-abr-14	29-may-14	01-ago-14
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	09-abr-14	29-may-14	01-ago-14
<b>4</b> (sector Santa Clara)	09-abr-14	28-may-14	29-jul-14
<b>5</b> (sector Tres Bocas)	09-abr-14	28-may-14	29-jul-14
<b>6</b> (sector Punucapa)	09-abr-14	28-may-14	29-jul-14
<b>7</b> (sector Cruces-Cau Cau)	09-abr-14	28-may-14	29-jul-14
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
<b>8</b> (río Pichoy interior)	10-abr-14	27-may-14	30-jul-14
<b>9</b> (desembocadura río Pichoy)	10-abr-14	27-may-14	30-jul-14
<b>10</b> (río Cayumapu interior)	10-abr-14	27-may-14	30-jul-14
<b>11</b> (desembocadura río Cayumapu)	10-abr-14	27-may-14	30-jul-14
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
<b>12</b> (río Calle Calle)	07-abr-14	30-may-14	31-jul-14
<b>13</b> (río Valdivia)	07-abr-14	30-may-14	31-jul-14
<b>14</b> (río Angachilla)	08-abr-14	30-may-14	31-jul-14

**Tabla 2.** Estaciones y fechas de muestreos de calidad del agua durante abril y julio del año 2015.

<b>estaciones</b>	<b>período de menor caudal</b>	<b>período de mayor caudal</b>
<b>Porción superior del río Cruces (sector límnic)</b>		
<b>1</b> (sector Ciruelos)	08-abr-2015	27-jul-2015
<b>2</b> (sector Rucaco)	08-abr-2015	27-jul-2015
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>		
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	08-abr-2015	27-jul-2015
<b>4</b> (sector Santa Clara)	07-abr-2015	28-jul-2015
<b>5</b> (sector Punucapa)	09-abr-2015	28-jul-2015
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>		
<b>6</b> (río Pichoy interior)	07-abr-2015	28-jul-2015
<b>7</b> (río Cayumapu interior)	07-abr-2015	28-jul-2015
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>		
<b>8</b> (río Calle Calle)	09-abr-2015	28-jul-2015

**Tabla 3.** Estaciones y fechas de muestreos de calidad del agua durante abril y julio del año 2016.

<b>estaciones</b>	<b>período de menor caudal</b>	<b>período de mayor caudal</b>
<b>Porción superior del río Cruces (sector límnic)</b>		
<b>1</b> (sector Ciruelos)	06-abr-2016	06-jul-2016
<b>2</b> (sector Rucaco)	06-abr-2016	06-jul-2016
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>		
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	06-abr-2016	04-jul-2016
<b>4</b> (sector Santa Clara)	05-abr-2016	04-jul-2016
<b>5</b> (sector Punucapa)	05-abr-2016	04-jul-2016
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>		
<b>6</b> (río Pichoy interior)	04-abr-2016	05-jul-2016
<b>7</b> (río Cayumapu interior)	04-abr-2016	05-jul-2016
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>		
<b>8</b> (río Calle Calle)	04-abr-2016	05-jul-2016

**Tabla 4.** Estaciones y fechas de muestreos de calidad del agua durante abril y julio del año 2017.

<b>estaciones</b>	<b>período de menor caudal</b>	<b>período de mayor caudal</b>
<b>Porción superior del río Cruces (sector límnic)</b>		
<b>1</b> (sector Ciruelos)	12-abr-2017	12-jul-2017
<b>2</b> (sector Rucaco)	12-abr-2017	12-jul-2017
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>		
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	11-abr-2017	10-jul-2017
<b>4</b> (sector Santa Clara)	11-abr-2017	10-jul-2017
<b>5</b> (sector Punucapa)	11-abr-2017	10-jul-2017
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>		
<b>6</b> (río Pichoy )	10-abr-2017	11-jul-2017
<b>7</b> (río Cayumapu)	10-abr-2017	11-jul-2017
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>		
<b>8</b> (río Calle Calle)	10-abr-2017	11-jul-2017

**Tabla 5.** Estaciones y fechas de muestreos de calidad del agua durante abril y julio del año 2018.

<b>estaciones</b>	<b>período de menor caudal</b>	<b>período de mayor caudal</b>
<b>Porción superior del río Cruces (sector límnic)</b>		
<b>1</b> (sector Ciruelos)	18-abr-2018	11-jul-2018
<b>2</b> (sector Rucaco)	18-abr-2018	11-jul-2018
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>		
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	17-abr-2018	10-jul-2018
<b>4</b> (sector Santa Clara)	17-abr-2018	10-jul-2018
<b>5</b> (sector Punucapa)	17-abr-2018	10-jul-2018
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>		
<b>6</b> (río Pichoy)	16-abr-2018	09-jul-2018
<b>7</b> (río Cayumapu)	16-abr-2018	09-jul-2018
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>		
<b>8</b> (río Calle Calle)	16-abr-2018	09-jul-2018



**Tabla 6.** Estaciones y fechas de muestreos de calidad del agua durante abril y julio del año 2019.

<b>estaciones</b>	<b>período de menor caudal</b>	<b>período de mayor caudal</b>
<b>Porción superior del río Cruces (sector límnic)</b>		
<b>1</b> (sector Ciruelos)	17-abr-2019	04-jul-2019
<b>2</b> (sector Rucaco)	17-abr-2019	04-jul-2019
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>		
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	16-abr-2019	03-jul-2019
<b>4</b> (sector Santa Clara)	16-abr-2019	03-jul-2019
<b>5</b> (sector Punucapa)	16-abr-2019	03-jul-2019
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>		
<b>6</b> (río Pichoy)	15-abr-2018	02-jul-2019
<b>7</b> (río Cayumapu)	15-abr-2018	02-jul-2019
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>		
<b>8</b> (río Calle Calle)	15-abr-2018	02-jul-2019

**ANEXO 2**

**Tabla 4.1.1.1.** Comparación inter-anual de la temperatura (°C) en aguas superficiales del sector límnico, eje central y ríos tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal. SD = sin datos debido a problemas técnicos de la sonda de mediciones.

estaciones	temperatura (°C)											
	2014			2015								
	abr	may	jul	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>												
1 (sector Ciruelos)	13,1	10,1	10,3	16,2	12,7	10,4	10,5	11,0	10,8	12,6	14,2	14,9
2 (sector Rucaco)	13,6	10,4	10,5	17,0	13,4	10,5	10,6	10,3	11,2	12,0	14,7	14,7
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	13,8	10,4	11,7	16,5	12,7	10,9	10,5	10,5	11,2	11,9	16,2	16,2
4 (sector Santa Clara)	14,7	10,0	10,5	17,2	13,5	10,2	10,8	11,1	12,7	14,9	16,7	18,1
5 (sector Punucapa)	15,1	11,6	10,4	17,7	13,5	10,3	11,0	11,4	12,6	14,9	17,5	19,3
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (río Pichoy)	13,3	8,8	10,2	15,7	12,6	9,6	10,5	10,7	11,8	12,9	14,3	16,8
7 (río Cayumapu)	15,1	9,8	10,1	17,4	13,3	10,1	10,5	10,7	13,0	15,4	17,9	19,6
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (río Calle Calle)	15,6	11,6	10,1	17,8	14,0	12,2	10,4	10,3	11,0	11,8	14,0	16,5

estaciones	temperatura (°C)											
	2016											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	20,2	20,1	18,3	12,8	12,0	7,7	6,3	9,8	13,1	15,0	16,5	19,9
2 (sector Rucaco)	20,8	19,8	18,7	13,4	12,9	9,2	7,4	10,2	12,5	16,1	17,3	20,6
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector Fuerte San Luis)	22,4	21,4	19,3	14,1	12,8	8,2	6,5	10,5	12,8	15,8	19,5	22,7
4 (sector Santa Clara)	24,4	22,8	21,2	15,7	13,2	8,6	6,6	9,7	14,3	18,8	23,2	23,2
5 (sector Punucapa)	23,5	22,7	20,7	16,3	13,6	9,4	7,7	9,9	14,4	18,9	23,3	23,3
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	23,2	22,0	20,3	15,5	12,0	7,3	6,1	9,6	13,4	16,7	23,5	23,1
7 (sector Cayumapu)	23,8	22,6	20,9	16,9	13,3	8,6	6,6	10,0	14,3	18,7	23,1	23,1
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	22,2	21,7	20,1	17,0	14,5	10,5	9,2	10,0	12,2	15,5	17,2	20,7

estaciones	temperatura (°C)											
	2017											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	21,9	22,2	16,5	12,4	8,4	10,5	7,2	9,5	10,4	11,6	SD	15,5
2 (sector Rucaco)	21,0	21,8	17,8	13,2	8,9	10,8	7,5	9,6	11,0	12,1	SD	16,2
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	22,4	21,6	17,2	14,1	9,7	11,0	8,9	10,0	10,4	12,1	13,4	17,9
4 (sector Santa Clara)	23,3	21,8	18,4	15,2	9,4	10,5	8,8	9,7	11,7	14,1	SD	19,8
5 (sector Punucapa)	22,6	22,0	18,6	16,2	8,6	10,2	8,8	9,5	11,8	15,8	19,7	19,3
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	23,2	21,7	17,0	14,3	9,0	10,0	8,8	9,3	10,0	12,8	18,2	19,5
7 (sector Cayumapu)	23,0	22,4	18,2	15,8	8,8	9,0	7,3	9,1	11,7	15,7	19,1	19,8
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	20,5	21,3	18,3	16,1	12,5	11,5	10,2	10,3	10,5	12,3	14,2	16,7

estaciones	temperatura (°C)											
	2018											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	17,7	18,7	14,9	11,1	8,7	9,7	9,4	8,1	10,4	SD	14,8	18,4
2 (sector Rucaco)	18,5	18,7	15,3	11,5	9,3	10,0	9,5	8,2	10,6	SD	15,1	18,2
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	19,7	20,6	14,7	12,0	10,5	9,5	8,5	9,9	10,4	SD	15,7	17,5
4 (sector Santa Clara)	21,4	22,0	15,8	12,8	10,2	9,7	8,5	10,0	12,2	SD	18,7	20,3
5 (sector Punucapa)	21,6	21,4	16,5	13,5	10,5	9,5	9,5	10,0	12,6	SD	19,3	20,8
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	20,0	20,7	14,4	12,4	9,7	8,7	7,9	9,4	11,2	SD	17,9	18,4
7 (sector Cayumapu)	21,9	21,5	16,3	13,9	10,1	8,5	8,5	9,7	13,1	SD	20,2	20,9
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	18,8	21,2	16,8	15,7	12,6	10,6	10,3	10,4	10,7	SD	15,0	18,7

estaciones	temperatura (°C)													
	2019												2020	
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>														
1 (sector Ciruelos)	18,5	19,5	16,1	12,9	10,8	9,0	9,1	9,9	12,2	12,4	15,8	17,6	16,3	19,4
2 (sector Rucaco)	19,8	20,0	17,6	13,8	11,0	9,1	9,2	10,4	12,4	13,3	16,5	19,1	16,5	20,4
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>														
3 (sector fuerte San Luis)	19,2	21,2	SD	13,5	9,0	9,4	8,9	9,6	11,6	13,2	15,7	19,6	19,3	19,2
4 (sector Santa Clara)	22,3	22,2	18,4	14,3	8,5	9,6	8,5	10,2	15,1	16,4	17,4	21,8	20,0	20,0
5 (sector Punucapa)	21,1	21,7	17,9	14,8	8,8	9,7	8,3	10,0	15,9	17,3	17,6	21,6	21,0	19,9
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>														
6 (sector Pichoy)	22,2	21,8	16,8	13,4	7,9	9,5	7,2	9,8	15,1	14,1	17,2	21,2	21,4	19,9
7 (sector Cayumapu)	21,5	22,2	17,9	14,9	8,6	9,4	7,8	10,5	14,7	16,4	17,8	21,8	21,6	20,1
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>														
8 (sector Calle Calle)	18,5	19,0	17,5	15,0	11,3	10,8	10,5	10,5	12,6	14,3	14,0	15,8	19,5	19,6

**Tabla 4.1.1.2.** Comparación inter-anual del pH en aguas superficiales del sector límnic, eje central y ríos tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal. SD = sin datos debido a problemas técnicos de la sonda de mediciones.

estaciones	pH											
	2014			2015								
	abr	may	jul	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	7,0	7,6	7,0	7,5	8,1	6,6	7,2	6,6	8,0	8,0	7,8	7,3
2 (sector Rucaco)	7,2	7,5	7,1	8,2	7,9	6,4	8,0	6,9	7,8	7,5	7,3	7,2
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	8,4	7,3	7,8	7,8	7,2	6,6	8,5	7,1	8,0	8,0	7,6	8,2
4 (sector Santa Clara)	8,3	7,5	7,8	8,1	7,8	7,0	6,8	7,0	7,4	7,9	8,7	7,5
5 (sector Punucapa)	8,1	7,2	7,2	8,3	7,8	7,2	7,1	7,4	7,6	7,9	7,8	7,8
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	8,0	7,6	6,6	7,9	8,1	6,9	6,7	7,0	7,1	7,8	7,6	6,7
7 (sector Cayumapu)	7,5	7,4	7,4	7,5	8,0	6,6	7,2	6,8	7,5	7,9	7,7	7,6
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	7,6	7,1	6,7	7,6	7,6	7,8	7,1	7,4	7,9	9,3	7,9	7,5



estaciones	pH											
	2016											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>												
1 (sector Ciruelos)	8,3	8,8	8,2	8,6	8,7	9,8	9,0	8,9	8,2	8,6	8,4	8,2
2 (sector Rucaco)	8,1	8,2	8,1	8,6	8,3	9,3	8,7	8,9	8,5	8,7	8,2	8,1
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	9,3	9,1	9,0	9,1	8,7	9,1	9,2	8,7	8,4	7,8	7,0	7,5
4 (sector Santa Clara)	7,9	7,9	7,7	8,6	7,8	8,3	8,3	7,8	7,9	8,0	7,6	7,3
5 (sector Punucapa)	8,1	7,7	8,2	7,8	8,1	8,0	8,3	7,8	7,9	8,4	7,3	7,6
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	8,0	8,0	8,4	8,1	8,1	8,5	7,7	11,1	7,7	7,7	7,6	7,4
7 (sector Cayumapu)	8,4	8,2	8,3	8,0	8,0	8,6	8,1	11,1	7,6	8,0	7,5	7,5
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	7,8	9,0	8,8	8,5	8,6	9,2	8,5	11,9	8,3	8,0	7,4	7,3

estaciones	pH											
	2017											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	7,6	8,3	8,7	8,4	7,8	7,2	7,6	8,2	7,6	8,1	SD	8,2
2 (sector Rucaco)	7,4	8,0	8,7	7,9	8,0	7,6	7,3	8,5	7,1	8,1	SD	8,1
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	7,5	7,8	7,9	7,7	7,2	7,2	7,3	7,3	7,2	7,8	7,3	7,9
4 (sector Santa Clara)	7,5	7,4	7,7	7,0	7,1	7,1	7,5	7,3	7,4	7,8	SD	8,0
5 (sector Punucapa)	7,6	7,3	7,3	7,5	7,3	8,1	7,5	7,8	8,2	7,7	7,4	7,8
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	7,5	7,4	8,0	6,7	7,1	7,1	6,8	7,2	7,0	7,9	7,4	8,3
7 (sector Cayumapu)	7,5	7,5	8,4	7,5	7,3	7,4	7,2	7,5	7,8	8,3	6,9	8,8
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	7,2	8,1	8,6	8,3	8,1	8,3	8,0	7,9	8,2	7,9	7,2	7,9

estaciones	pH											
	2018											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>												
1 (sector Ciruelos)	8,6	9,1	8,5	7,9	9,7	8,3	7,4	8,6	8,3	SD	7,8	7,6
2 (sector Rucaco)	7,9	8,5	8,1	7,9	9,2	8,2	7,5	8,2	SD	SD	7,5	7,6
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	7,8	7,9	9,4	7,5	8,2	7,8	7,9	7,7	7,3	SD	7,5	7,6
4 (sector Santa Clara)	7,9	7,5	8,9	7,6	8,5	8,0	7,7	7,7	7,8	SD	7,3	7,4
5 (sector Punucapa)	8,1	7,7	7,9	8,3	8,7	8,0	7,5	8,2	8,0	SD	7,4	7,5
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	7,4	8,2	8,6	7,5	8,2	7,9	7,2	7,9	7,9	SD	7,1	7,1
7 (sector Cayumapu)	7,6	8,2	8,1	8,0	7,9	7,5	7,4	8,2	8,2	SD	6,8	7,5
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	8,8	9,0	10,1	9,0	9,2	8,4	7,5	8,3	8,9	SD	7,6	7,6

estaciones	pH													
	2019												2020	
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>														
1 (sector Ciruelos)	8,1	8,4	8,3	8,2	7,6	7,4	6,9	7,4	6,7	6,9	6,9	7,5	7,3	8,0
2 (sector Rucaco)	7,9	8,1	7,9	7,9	7,9	7,0	6,9	7,3	6,9	6,9	7,6	7,8	7,5	8,5
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>														
3 (sector fuerte San Luis)	7,4	7,5	SD	8,0	7,6	7,0	6,6	9,1	7,5	6,6	7,0	7,2	7,8	8,2
4 (sector Santa Clara)	8,0	8,0	8,2	8,0	7,7	7,8	6,6	6,7	7,6	7,2	7,5	7,6	8,2	8,0
5 (sector Punucapa)	7,9	8,1	7,5	7,8	7,2	7,6	6,9	7,1	7,1	7,0	7,7	7,9	8,1	7,7
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>														
6 (sector Pichoy)	7,3	7,4	8,3	7,4	6,9	6,7	7,3	7,8	7,4	6,7	6,8	7,0	7,8	7,9
7 (sector Cayumapu)	6,7	7,3	7,4	7,5	7,2	6,6	6,2	7,7	7,7	6,9	7,0	6,8	8,0	8,0
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>														
8 (sector Calle Calle)	8,0	8,8	8,3	8,1	7,2	7,3	6,8	7,2	7,6	6,8	7,5	7,2	7,6	8,3

**Tabla 4.1.1.3.** Comparación inter-anual de la conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ ) en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal. SD = sin datos debido a problemas técnicos de la sonda de mediciones.

estaciones	conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )											
	2014			2015								
	abr	may	jul	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	33,4	25,0	18,0	43,7	34,4	19,5	19,1	26,1	21,1	23,0	26,9	26,6
2 (sector Rucaco)	108,0	40,0	21,0	149,6	124,9	24,6	25,0	21,9	35,5	38,6	66,0	49,8
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	98,1	48,0	26,0	135,0	83,7	27,7	26,6	24,9	35,9	37,0	57,8	67,0
4 (sector Santa Clara)	131,7	42,0	26,0	886,0	683,3	27,8	25,2	23,4	33,7	36,0	48,6	52,1
5 (sector Punucapa)	579,9	44,0	25,0	2678,3	2371,3	25,0	24,9	24,4	32,9	37,0	46,7	79,9
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	30,5	25,0	19,0	111,9	92,5	23,9	20,8	19,9	22,9	24,5	24,7	24,7
7 (sector Cayumapu)	286,6	36,0	20,0	1587,7	560,0	32,7	22,6	21,0	23,4	30,6	35,4	39,5
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	39,2	30,0	27,0	44,8	34,9	32,0	24,8	24,6	28,3	31,1	33,0	32,9

estaciones	conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )											
	2016											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>												
1 (sector Ciruelos)	38,9	40,5	40,6	35,7	32,7	30,9	28,1	20,9	25,3	28,2	33,6	41,6
2 (sector Rucaco)	128,7	158,8	165,8	145,8	106,5	102,0	103,1	36,5	43,1	62,2	76,0	135,4
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	115,3	155,2	159,1	131,6	93,7	92,8	83,9	37,6	44,1	55,6	77,5	123,2
4 (sector Santa Clara)	228,4	332,2	1142,0	438,5	128,4	169,2	241,5	27,4	43,7	51,1	66,0	92,1
5 (sector Punucapa)	824,0	1815,3	4840,3	3552,7	488,9	578,3	1263,3	29,8	40,5	49,8	62,5	141,8
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	38,4	43,2	94,6	41,7	39,8	39,8	78,9	26,4	28,3	30,8	39,9	45,7
7 (sector Cayumapu)	113,3	165,6	607,0	762,0	257,7	87,5	104,7	30,5	33,8	36,6	43,2	62,2
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	42,2	43,0	47,5	39,8	37,0	33,7	32,2	30,0	31,7	35,8	35,9	48,6

estaciones	conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )											
	2017											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>												
1 (sector Ciruelos)	47,3	50,2	45,2	37,6	28,5	25,0	23,9	25,2	26,1	27,0	SD	36,2
2 (sector Rucaco)	174,2	133,1	147,9	128,5	67,6	38,9	39,6	35,3	52,8	53,9	SD	82,9
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	149,5	138,3	141,7	112,7	63,8	36,6	37,1	37,3	42,8	48,7	45,6	72,8
4 (sector Santa Clara)	107,7	305,0	324,9	143,6	46,5	34,2	38,7	30,1	41,5	47,3	SD	61,1
5 (sector Punucapa)	205,0	1535,7	2422,7	845,0	50,6	33,4	35,1	32,7	37,1	43,8	48,0	60,2
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	63,7	171,6	56,7	45,4	30,9	29,0	27,5	26,4	28,0	30,7	36,0	40,2
7 (sector Cayumapu)	76,7	207,7	133,0	232,6	37,4	31,1	32,2	30,1	32,1	35,4	37,4	49,1
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	49,3	52,3	47,8	43,6	39,1	36,8	36,0	34,2	34,6	37,8	39,9	44,1

estaciones	conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )											
	2018											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>												
1 (sector Ciruelos)	41,9	47,5	37,3	30,9	27,9	25,8	24,1	23,6	37,5	SD	26,4	32,7
2 (sector Rucaco)	155,9	176,3	109,7	64,0	54,3	46,0	38,2	32,1	52,4	SD	26,7	83,0
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	123,8	156,3	82,1	59,1	47,5	42,2	36,2	39,5	34,4	SD	33,6	66,3
4 (sector Santa Clara)	96,5	476,3	67,1	53,0	44,3	40,0	32,3	32,7	33,2	SD	40,9	59,2
5 (sector Punucapa)	92,1	1910,3	115,2	46,3	45,2	36,0	33,6	31,9	32,7	SD	42,3	136,0
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	37,7	48,5	35,2	32,3	29,5	27,6	25,6	26,3	26,6	SD	31,0	29,7
7 (sector Cayumapu)	56,7	244,9	85,7	49,6	36,8	30,2	29,1	29,0	30,9	SD	34,0	43,3
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	47,4	52,6	45,5	42,6	37,8	35,5	36,1	34,9	55,6	SD	35,6	40,1



---

**conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )**


---

estaciones	2019												2020	
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>														
1 (sector Ciruelos)	36,8	42,2	38,9	35,8	23,3	19,6	19,8	21,4	24,7	26,8	32,0	35,0	38,0	51,9
2 (sector Rucaco)	121,6	139,8	146,4	101,1	33,2	25,9	27,3	43,5	31,7	31,9	69,7	92,2	114,7	260,3
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>														
3 (sector fuerte San Luis)	85,6	128,3	SD	97,0	29,3	21,9	25,3	35,0	41,9	31,9	43,8	98,1	108,9	171,1
4 (sector Santa Clara)	76,0	139,1	976,0	809,3	31,2	31,1	25,2	31,1	42,4	33,5	41,4	63,1	195,0	75,4
5 (sector Punucapa)	96,3	869,0	3045,3	2850,0	32,4	31,4	24,6	27,1	44,1	33,9	44,4	60,8	97,2	244,4
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>														
6 (sector Pichoy)	31,6	32,8	66,7	44,1	21,4	21,2	20,8	23,7	38,7	28,3	34,2	56,8	43,9	77,1
7 (sector Cayumapu)	42,0	148,3	512,0	552,7	32,0	28,7	25,3	27,0	36,7	31,1	35,7	44,5	88,5	472,2
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>														
8 (sector Calle Calle)	40,0	44,1	41,7	38,9	31,9	28,8	30,3	30,5	33,0	35,1	34,9	37,9	42,0	43,8

---

**Tabla 4.1.1.4.** Comparación inter-anual de los sólidos disueltos totales (SDT) (mg/L) en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal. SD = sin datos debido a problemas técnicos de la sonda de mediciones.

estaciones	SDT (mg/L)											
	2014			2015								
	abr	may	jul	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	28,0	22,0	17,0	SD	29,3	17,6	16,9	23,4	18,9	19,5	22,1	21,5
2 (sector Rucaco)	90,0	36,0	19,0	SD	104,0	22,1	22,5	19,5	31,2	33,2	53,3	40,3
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	81,0	43,0	23,0	SD	71,1	24,7	24,1	22,3	31,9	31,9	45,5	52,4
4 (sector Santa Clara)	107,0	38,0	23,0	SD	572,0	25,4	22,5	20,8	28,6	29,3	37,3	39,0
5 (sector Punucapa)	465,0	38,0	23,0	SD	2030,0	24,3	21,9	21,5	28,0	29,9	35,5	58,3
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	26,0	24,0	17,0	SD	78,7	22,1	18,6	17,6	20,2	20,8	20,2	18,9
7 (sector Cayumapu)	230,0	33,0	18,0	SD	468,0	29,9	20,8	18,9	23,4	24,1	26,7	28,6
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	31,0	27,0	25,0	SD	28,6	27,3	22,8	22,1	25,4	26,9	27,3	25,4

estaciones	SDT (mg/L)											
	2016											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>												
1 (sector Ciruelos)	28,0	29,3	30,6	30,6	28,6	29,9	28,6	18,9	21,5	22,8	26,0	29,9
2 (sector Rucaco)	91,0	114,4	122,9	121,5	90,4	94,9	100,8	33,2	37,1	48,7	57,9	95,7
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	78,9	108,3	115,9	107,9	79,1	88,8	84,5	33,8	37,5	43,6	55,9	83,9
4 (sector Santa Clara)	149,7	226,2	799,4	348,6	107,5	159,7	241,9	25,4	35,8	37,5	44,4	62,0
5 (sector Punucapa)	552,5	1235,0	3419,0	2760,4	406,5	533,0	1211,2	27,3	33,2	36,4	42,3	97,1
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	25,8	29,9	67,6	33,2	34,5	39,0	80,6	24,1	23,4	24,5	26,7	31,0
7 (sector Cayumapu)	75,2	112,9	429,0	585,0	215,6	82,6	104,9	28,0	28,0	27,3	29,5	42,0
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	29,9	29,9	33,8	30,6	29,9	30,6	29,9	27,3	27,3	28,6	27,3	34,5

estaciones	SDT (mg/L)											
	2017											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>												
1 (sector Ciruelos)	32,1	34,5	35,1	31,9	27,3	22,5	23,4	23,4	23,4	23,4	SD	28,6
2 (sector Rucaco)	122,9	92,3	111,2	107,9	63,7	34,5	38,8	32,5	46,8	46,8	SD	65,0
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	101,8	96,2	108,1	92,5	58,5	32,5	35,1	33,8	38,4	42,3	38,4	54,6
4 (sector Santa Clara)	72,7	211,0	241,4	115,3	43,3	30,6	36,4	27,7	36,2	39,0	SD	44,2
5 (sector Punucapa)	139,8	1063,8	1744,2	658,7	48,1	30,1	33,2	30,6	32,5	34,5	34,7	44,2
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	42,9	119,7	43,6	36,8	28,6	26,7	27,3	24,7	25,4	26,0	26,7	29,3
7 (sector Cayumapu)	52,0	142,1	99,5	183,7	35,1	29,3	31,2	28,0	28,0	28,0	27,3	35,1
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	35,1	36,4	35,8	34,5	33,2	32,5	32,5	31,0	31,2	32,5	32,5	34,5

estaciones	SDT (mg/L)											
	2018											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>												
1 (sector Ciruelos)	31,9	35,1	30,1	27,3	26,7	23,4	22,1	22,8	33,8	SD	21,5	24,1
2 (sector Rucaco)	115,7	130,7	87,5	55,9	50,5	41,6	35,1	30,6	46,8	SD	21,5	61,8
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	89,7	110,9	66,3	50,6	42,9	39,0	34,5	36,4	31,2	SD	24,7	50,1
4 (sector Santa Clara)	67,6	295,4	52,7	44,9	40,3	36,8	30,6	29,9	28,4	SD	26,7	42,3
5 (sector Punucapa)	63,7	1334,7	89,3	38,4	40,7	33,2	31,2	29,3	28,0	SD	31,0	96,2
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	27,3	34,5	28,6	28,0	27,3	26,0	24,7	24,1	24,1	SD	23,4	22,1
7 (sector Cayumapu)	39,4	170,5	67,0	41,0	33,6	28,6	27,7	26,7	26,0	SD	24,5	30,6
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	35,1	37,1	35,1	33,8	32,3	31,9	32,5	31,2	49,4	SD	28,6	29,9

estaciones	SDT (mg/L)													
	2019												2020	
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>														
1 (sector Ciruelos)	27,3	29,9	30,6	30,6	20,8	18,7	18,2	19,5	21,5	22,8	25,4	26,7	29,9	57,7
2 (sector Rucaco)	87,8	100,1	110,9	83,9	33,2	24,5	25,4	39,0	27,3	26,7	54,0	67,4	89,1	185,6
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>														
3 (sector fuerte San Luis)	62,4	89,9	SD	80,6	27,3	20,2	23,4	32,5	36,4	26,7	34,8	71,5	79,3	125,0
4 (sector Santa Clara)	52,0	94,9	728,0	654,3	29,7	28,6	24,1	28,0	33,8	26,0	31,2	43,5	140,0	539,5
5 (sector Punucapa)	67,6	604,5	2294,5	2307,5	30,6	28,6	23,4	24,7	34,5	26,0	33,8	42,3	680,3	1757,2
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>														
6 (sector Pichoy)	21,7	22,8	51,4	36,8	21,0	19,5	20,2	21,5	31,2	28,3	26,0	38,7	30,8	55,5
7 (sector Cayumapu)	28,6	101,8	387,8	442,0	30,2	26,7	24,7	24,1	29,9	24,1	35,7	30,8	62,0	338,8
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>														
8 (sector Calle Calle)	29,9	32,1	31,2	31,2	28,0	26,0	27,5	27,3	28,0	28,6	28,6	29,3	30,6	31,9

**Tabla 4.1.1.5.** Comparación inter-anual en la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) (mg/L) en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal.

estaciones	SST (mg/L)											
	2014			2015								
	abr	may	jul	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	3,9	16,9	20,9	4,8	2,6	7,8	4,5	14,4	6,1	2,6	4,5	8,1
2 (sector Rucaco)	4,5	18,2	18,7	4,3	2,6	8,9	5,6	13,3	8,3	3,6	3,6	25,4
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	1,7	4,3	4,4	3,4	1,6	2,7	3,7	4,6	4,6	4,1	3,5	6,2
4 (sector Santa Clara)	2,5	5,8	14,3	2,9	4,4	3,4	4,1	4,8	1,7	2,9	6,9	4,3
5 (sector Punucapa)	4,2	5,6	7,2	4,3	4,3	2,8	5,3	4,2	3,3	3,7	4,6	5,4
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	4,6	2,5	29,5	3,5	2,5	3,2	6,2	7,2	3,2	2,9	6,4	6,6
7 (sector Cayumapu)	3,2	4,0	7,6	2,5	12,2	4,6	5,2	8,3	6,4	3,5	7,5	7,8
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	2,2	6,2	16,1	2,1	3,6	12,9	14,4	11,3	6,3	2,4	2,0	2,0

estaciones	SST (mg/L)											
	2016											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	7,1	4,4	3,0	1,5	1,7	4,3	6,3	8,0	2,6	6,9	5,8	4,2
2 (sector Rucaco)	3,5	2,5	2,2	3,2	1,3	1,9	1,7	15,8	2,7	3,4	5,8	7,2
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	3,7	3,6	5,1	3,0	1,9	2,5	1,9	4,7	2,2	3,1	3,1	2,9
4 (sector Santa Clara)	6,7	4,8	4,4	2,1	0,9	2,3	2,7	5,2	2,2	4,6	3,9	3,7
5 (sector Punucapa)	9,2	7,5	9,6	6,9	1,8	4,8	2,4	5,2	2,4	7,9	5,3	5,2
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	7,3	7,7	3,0	2,2	2,1	2,3	2,5	6,6	4,4	5,2	5,0	6,0
7 (sector Cayumapu)	7,8	5,2	4,3	7,0	2,0	2,4	4,2	6,6	2,6	5,3	5,4	5,4
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	1,7	2,3	2,5	2,0	1,2	1,3	1,1	7,6	1,1	1,4	1,3	1,3



estaciones	SST (mg/L)											
	2017											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	4,1	4,7	2,9	2,1	5,4	8,0	3,9	4,6	2,4	2,4	SD	5,7
2 (sector Rucaco)	4,1	4,4	2,2	2,0	2,2	8,9	3,6	5,6	3,9	4,7	SD	5,7
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	1,9	1,7	1,3	2,0	2,6	7,4	5,7	7,6	3,9	2,4	4,4	4,5
4 (sector Santa Clara)	4,4	3,5	1,9	1,5	1,6	3,3	2,5	2,0	3,0	2,5	SD	4,5
5 (sector Punucapa)	6,9	6,3	4,9	5,4	1,8	2,4	2,8	3,3	2,7	3,0	4,6	6,0
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	4,4	6,5	1,6	1,8	2,7	4,7	3,8	2,8	3,3	4,0	5,4	6,6
7 (sector Cayumapu)	5,2	7,2	4,6	3,1	3,2	5,6	7,3	4,4	4,2	6,8	6,3	8,3
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	1,7	1,3	1,3	3,7	1,9	5,4	2,1	2,6	2,3	2,8	3,8	1,1

estaciones	SST (mg/L)											
	2018											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	9,2	5,4	4,2	4,1	2,8	5,7	6,6	13,6	10,5	SD	4,0	3,7
2 (sector Rucaco)	7,6	3,7	3,9	3,3	2,5	5,7	12,9	13,5	11,3	SD	4,1	4,0
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	5,4	2,3	1,8	1,4	5,4	6,2	5,5	4,3	7,2	SD	3,0	2,9
4 (sector Santa Clara)	6,6	7,0	2,7	1,0	1,8	2,0	2,3	2,8	2,4	SD	3,6	10,9
5 (sector Punucapa)	6,2	7,7	3,0	2,0	2,4	1,7	2,1	2,2	3,3	SD	4,7	5,9
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	5,3	3,7	2,3	2,9	3,3	3,4	2,5	2,8	4,1	SD	3,8	9,6
7 (sector Cayumapu)	6,1	5,6	3,4	6,2	3,6	2,5	4,2	4,4	7,1	SD	3,6	6,1
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	2,3	1,8	2,5	1,8	2,0	2,1	3,0	2,1	2,9	SD	3,0	1,6

estaciones	SST (mg/L)													
	2019											2020		
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>														
1 (sector Ciruelos)	5,0	5,6	4,3	2,3	33,7	49,3	7,5	6,9	4,3	8,9	5,3	5,5	6,2	3,5
2 (sector Rucaco)	4,0	4,8	2,1	1,9	25,0	59,2	7,1	7,1	3,9	5,1	5,2	6,0	16,4	10,3
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>														
3 (sector fuerte San Luis)	3,5	2,8	2,9	1,4	17,5	70,0	7,1	7,5	5,5	2,2	4,2	2,4	3,3	4,1
4 (sector Santa Clara)	5,6	5,7	3,2	2,5	5,3	6,7	3,2	2,2	3,3	3,7	5,1	7,6	14,8	11,2
5 (sector Punucapa)	5,6	5,6	4,0	4,4	4,2	2,7	2,9	1,7	10,2	5,0	8,6	10,7	12,7	6,0
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>														
6 (sector Pichoy)	9,4	7,6	3,5	2,1	5,8	13,7	4,2	4,8	3,3	5,4	8,3	6,0	19,4	20,6
7 (sector Cayumapu)	5,2	5,8	3,0	1,3	3,3	3,3	7,5	4,3	3,1	5,7	7,6	8,4	8,7	4,0
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>														
8 (sector Calle Calle)	1,1	2,5	1,5	1,7	2,6	10,1	6,8	1,6	1,6	1,7	1,7	1,3	1,6	1,6

**Tabla 4.1.1.6.** Comparación inter-anual de la transparencia (m) en aguas superficiales del sector límnico, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal. \* = debido al bajo caudal del río durante algunos muestreos, no fue posible obtener una medida real de transparencia, ya que en estas estaciones el fondo era claramente visualizado y no estaba a más de 30 a 40 cm de profundidad.

estaciones	transparencia (m)											
	2014			2015								
	abr	may	jul	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>												
1 (sector Ciruelos)	*	0,8	0,7	*	*	1,0	*	*	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	0,9	0,5	*	*	1,0	*	*	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	4,4	2,1	1,5	2,5	SD	2,4	1,3	1,5	2,1	1,9	1,8	1,6
4 (sector Santa Clara)	3,0	1,8	0,8	4,5	3,9	2,4	2,0	1,6	3,3	2,0	2,1	2,5
5 (sector Punucapa)	2,9	2,4	1,3	2,7	2,8	2,5	1,8	2,1	2,9	2,4	2,1	1,7
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	2,0	3,0	0,6	2,4	3,2	2,5	1,5	1,3	2,0	2,6	1,9	1,4
7 (sector Cayumapu)	2,5	2,5	1,0	4,5	4,0	2,3	1,5	1,5	2,1	2,5	1,7	1,7
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	6,6	1,5	1,3	4,0	4,3	1,4	2,5	1,4	1,6	3,8	4,1	4,0

estaciones	transparencia (m)											
	2016											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	0,7	0,6	*	0,7	0,7	*	*	0,8	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	0,7	0,3	*	0,8	0,7	*	*	0,8	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	1,8	1,7	1,6	1,3	1,7	2,1	4,0	1,1	2,0	3,6	2,3	2,6
4 (sector Santa Clara)	1,8	2,6	2,7	4,5	4,8	4,1	5,1	1,2	4,4	2,8	2,0	2,5
5 (sector Punucapa)	1,4	1,7	2,0	2,3	4,4	2,5	4,3	1,6	3,4	1,5	1,7	2,2
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	1,7	1,8	2,8	3,2	3,3	3,1	3,0	1,4	2,9	2,5	2,7	1,8
7 (sector Cayumapu)	1,6	2,1	2,6	4,8	4,4	3,4	2,2	1,7	3,2	2,2	2,0	1,8
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	5,5	4,1	3,7	4,7	6,7	6,6	7,0	1,7	6,1	6,8	4,1	6,8

estaciones	transparencia (m)											
	2017											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	0,8	0,7	0,7	1,0	0,9	0,8	1,2	0,8	0,8	0,7	*	0,5
2 (sector Rucaco)	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	0,9	*	1,0
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	2,6	4,5	4,1	4,5	3,9	1,5	2,0	1,1	2,6	3,7	2,8	2,2
4 (sector Santa Clara)	2,3	3,1	5,0	5,3	5,3	2,9	3,0	3,3	2,9	3,7	*	1,4
5 (sector Punucapa)	1,3	2,8	2,3	1,8	3,9	2,9	2,3	2,2	3,2	3,2	2,3	1,4
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	2,0	3,1	3,8	3,1	2,6	1,9	2,3	1,8	2,3	2,3	2,2	1,4
7 (sector Cayumapu)	1,7	2,1	2,3	3,1	2,8	1,6	1,9	2,3	2,2	2,1	1,8	1,4
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	3,9	5,1	5,5	3,9	4,5	2,5	5,3	2,7	4,3	3,3	3,7	6,0

estaciones	transparencia (m)											
	2018											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>												
1 (sector Ciruelos)	0,8	1,0	0,5	1,1	0,7	1,0	1,0	0,3	1,0	SD	1,0	1,0
2 (sector Rucaco)	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	0,7	0,4	0,8	SD	1,2	1,0
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	1,9	2,3	3,9	4,2	1,4	2,1	1,9	2,1	1,7	SD	2,7	1,0
4 (sector Santa Clara)	1,6	1,8	3,1	3,3	2,9	3,4	3,3	2,8	2,8	SD	2,1	1,2
5 (sector Punucapa)	1,3	1,6	2,5	2,9	2,3	4,1	2,5	2,4	2,0	SD	1,7	1,3
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	1,6	1,9	2,6	2,5	1,8	2,1	2,3	2,1	1,7	SD	2,2	1,1
7 (sector Cayumapu)	1,3	1,5	2,4	1,8	2,2	2,7	2,1	2,1	1,6	SD	1,2	1,1
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	4,0	3,5	3,0	3,8	3,4	4,3	2,8	3,8	3,0	SD	1,7	3,0

estaciones	transparencia (m)													
	2019												2020	
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>														
1 (sector Ciruelos)	0,5	0,9	1,0	0,7	0,2	0,3	0,7	0,4	0,5	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4
2 (sector Rucaco)	0,7	0,8	1,1	1,0	0,2	0,2	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	0,8	0,7	0,5
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>														
3 (sector fuerte San Luis)	2,0	2,5	SD	4,0	0,6	0,3	1,2	1,4	2,2	3,6	1,9	2,6	1,5	2
4 (sector Santa Clara)	1,6	1,8	2,6	3,4	1,4	1,3	1,7	2,4	3,0	2,0	1,5	1,2	0,7	1,1
5 (sector Punucapa)	1,5	1,4	2,0	2,0	2,1	2,4	2,1	3,2	1,7	1,6	1,1	1,0	0,9	1,5
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>														
6 (sector Pichoy)	1,5	1,3	2,4	2,4	1,1	0,7	1,6	1,4	2,0	1,7	1,1	1,3	0,6	1,0
7 (sector Cayumapu)	1,5	1,5	2,2	3,2	1,8	1,6	1,4	1,8	1,7	1,8	1,1	1,5	0,9	2,0
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>														
8 (sector Calle Calle)	4,9	3,8	3,8	5,2	4,2	1,4	1,7	4,3	5,0	3,6	4,1	5,6	4,1	4,0



**Tabla 4.1.1.7.** Comparación inter-anual de la concentración de oxígeno (mg/L) en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal. SD = sin datos debido a problemas técnicos de la sonda de mediciones.

estaciones	concentración de oxígeno (mg/L)											
	2014			2015								
	abr	may	jul	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	10,7	10,4	10,4	SD	11,3	11,1	10,7	9,4	11,2	10,8	10,6	10,0
2 (sector Rucaco)	10,8	9,9	10,6	SD	11,9	11,0	10,7	12,1	11,4	11,9	10,9	10,6
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	8,2	9,9	7,7	SD	8,8	6,6	9,0	11,9	10,3	10,7	9,2	8,2
4 (sector Santa Clara)	10,1	11,5	10,5	SD	10,3	10,1	10,7	10,1	11,8	10,2	9,9	10,6
5 (sector Punucapa)	10,0	11,0	10,7	SD	10,1	10,3	10,8	10,8	10,5	9,9	9,8	9,8
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	9,5	10,8	9,1	SD	9,4	9,0	9,7	9,3	10,4	10,4	9,8	10,1
7 (Sector Cayumapu)	7,6	10,7	8,6	SD	9,9	6,6	8,2	8,2	8,9	9,1	8,3	7,3
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	9,6	10,7	11,1	SD	9,7	11,0	11,3	11,5	11,8	11,4	10,3	10,8

estaciones	concentración de oxígeno (mg/L)											
	2016											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	8,7	8,3	9,2	11,1	11,6	14,4	13,7	12,9	12,4	10,9	9,9	11,9
2 (sector Rucaco)	9,3	8,4	9,0	10,6	12,4	13,6	13,6	13,5	12,3	11,3	9,7	13,0
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	7,8	6,1	7,1	7,5	10,2	11,1	13,0	9,3	11,4	9,1	8,1	9,7
4 (sector Santa Clara)	7,9	8,7	8,9	9,8	9,3	13,8	14,2	12,5	11,7	10,1	8,5	10,4
5 (sector Punucapa)	7,3	8,1	8,9	9,9	10,3	12,4	14,1	11,7	10,5	9,4	8,7	10,3
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	6,6	7,7	7,6	9,0	8,8	11,6	13,4	10,5	10,7	8,6	8,4	10,3
7 (Sector Cayumapu)	5,1	4,1	5,7	7,9	8,8	10,8	12,9	10,0	9,2	8,4	8,0	8,1
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	8,7	8,9	8,9	9,0	10,2	11,6	11,9	12,3	11,9	11,6	9,8	10,7

estaciones	concentración de oxígeno (mg/L)											
	2017											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	9,5	10,1	12,5	12,6	14,1	12,7	13,9	12,6	12,8	12,6	SD	10,9
2 (sector Rucaco)	9,7	10,5	12,0	12,0	14,6	12,5	14,0	13,9	13,1	13,0	SD	11,4
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	8,1	9,9	9,6	11,0	12,9	12,4	13,2	12,6	12,6	13,1	11,9	10,2
4 (sector Santa Clara)	8,1	9,5	10,8	12,1	14,6	11,6	12,5	13,9	13,2	13,1	SD	9,4
5 (sector Punucapa)	8,8	9,4	10,8	12,1	13,1	11,3	12,6	13,3	12,8	12,7	11,2	9,7
<b>Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	7,5	9,1	9,8	10,9	13,0	10,7	12,1	11,8	12,1	11,3	12,1	9,5
7 (Sector Cayumapu)	5,8	5,6	5,9	8,1	9,3	7,1	9,0	11,5	9,9	9,6	9,6	8,5
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (sector estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	9,7	9,6	10,6	11,0	12,4	12,5	12,9	13,0	13,2	13,2	12,1	11,4

estaciones	concentración de oxígeno (mg/L)											
	2018											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	9,9	8,3	8,3	11,8	13,7	12,8	12,2	9,1	SD	SD	SD	SD
2 (sector Rucaco)	9,7	8,8	8,8	12,5	13,9	12,8	12,0	9,7	SD	SD	SD	SD
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	8,9	8,5	11,2	11,3	12,1	12,9	13,1	9,2	SD	SD	SD	SD
4 (sector Santa Clara)	9,1	9,4	11,0	11,7	12,3	12,4	12,2	9,3	SD	SD	SD	SD
5 (sector Punucapa)	8,8	9,4	11,2	11,7	12,7	12,4	12,5	7,5	SD	SD	SD	SD
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	8,1	7,9	10,1	10,7	10,7	12,1	11,1	9,0	SD	SD	SD	SD
7 (Sector Cayumapu)	5,1	5,5	8,4	8,1	11,3	10,0	10,6	9,0	SD	SD	SD	SD
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	10,2	9,1	10,4	11,2	12,2	13,2	12,8	9,2	SD	SD	SD	SD

concentración de oxígeno (mg/L)														
estaciones	2019												2020	
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>														
1 (sector Ciruelos)	SD	SD	SD	10,4	11,2	10,5	11,4	10,8	11,2	11,2	10,3	10,3	9,7	9,5
2 (sector Rucaco)	SD	SD	SD	12,0	10,8	SD	13,1	11,8	10,5	11,3	9,9	10,7	8,4	8,6
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>														
3 (sector fuerte San Luis)	SD	SD	SD	9,7	11,4	10,9	11,3	11,7	12,1	11,6	8,7	8,5	8,9	7,7
4 (sector Santa Clara)	SD	SD	SD	10,8	11,1	10,9	11,1	11,6	11,7	11,0	9,5	8,5	9,4	8,8
5 (sector Punucapa)	SD	SD	SD	11,4	10,9	11,2	11,6	11,6	11,1	11,1	9,6	9,6	8,8	8,6
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>														
6 (sector Pichoy)	SD	SD	SD	9,5	10,4	10,1	10,3	11,0	11,2	10,1	9,2	9,2	8,4	7,4
7 (Sector Cayumapu)	SD	SD	SD	9,0	8,9	9,1	8,7	10,3	10,4	9,5	9,0	7,1	5,3	4,1
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>														
8 (sector Calle Calle)	SD	SD	SD	9,5	10,8	11,3	11,3	11,0	11,5	11,3	11,2	10,0	8,5	8,7

**Tabla 4.1.1.8.** Comparación inter-anual de la saturación de oxígeno (%) en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal.

estaciones	saturación de oxígeno (%)											
	2014			2015								
	abr	may	jul	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	101,5	92,0	92,6	105,9	106,2	98,8	95,5	85,0	101,7	102,6	103,1	100,1
2 (sector Rucaco)	104,4	88,1	94,6	104,3	114,3	98,6	96,2	107,6	104,2	112,0	107,5	104,4
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	79,0	88,7	71,0	71,8	83,2	59,8	80,9	107,0	94,9	101,4	94,8	84,0
4 (sector Santa Clara)	99,3	102,0	94,0	113,7	99,6	89,5	96,7	92,0	111,4	101,0	101,6	116,4
5 (sector Punucapa)	99,2	101,1	95,5	113,1	98,7	91,6	98,8	102,1	100,4	98,0	102,2	106,3
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	90,8	93,4	80,7	90,8	89,6	79,3	87,3	86,0	96,9	98,7	96,3	103,8
7 (sector Cayumapu)	75,7	94,1	75,9	78,0	93,2	59,2	74,0	73,7	85,6	91,3	88,3	81,3
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	96,4	98,1	98,5	97,9	95,8	103,0	101,6	102,4	108,1	105,8	100,1	110,8

estaciones	saturación de oxígeno (%)											
	2016											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	97,3	91,7	98,5	106,7	108,6	120,7	111,9	116,3	117,9	108,0	100,9	130,4
2 (sector Rucaco)	103,9	93,2	97,2	101,2	117,3	117,8	111,3	123,8	117,3	115,2	101,6	144,6
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	85,4	68,6	78,5	73,3	98,1	95,9	105,7	84,2	110,8	92,2	88,4	112,0
4 (sector Santa Clara)	94,4	100,1	100,7	98,9	89,1	118,2	116,0	112,3	113,9	109,1	100,3	122,7
5 (sector Punucapa)	86,2	95,1	101,1	102,0	100,1	110,3	118,6	103,9	101,6	101,9	102,0	118,3
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	76,5	88,1	84,7	90,5	82,1	96,6	108,1	92,1	103,2	88,6	99,5	120,3
7 (sector Cayumapu)	60,3	47,7	63,4	82,5	83,8	92,3	105,6	95,7	89,7	83,2	93,2	95,8
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	100,3	100,9	99,0	93,1	100,4	106,8	103,5	109,0	111,3	118,7	101,5	119,8

estaciones	saturación de oxígeno (%)											
	2017											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	108,9	116,0	127,8	118,2	121,6	113,3	115,5	111,1	114,6	115,7	*	109,3
2 (sector Rucaco)	110,5	119,1	129,5	114,0	127,1	112,7	116,2	123,6	118,6	121,5	*	115,4
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	94,1	113,0	100,7	106,5	113,0	107,9	113,9	111,3	112,9	123,6	114,4	108,6
4 (sector Santa Clara)	96,6	109,6	115,0	121,2	128,2	104,2	107,7	121,7	121,0	128,1	*	103,5
5 (sector Punucapa)	101,5	107,0	117,7	122,4	112,1	100,9	108,3	116,5	118,5	128,2	121,7	105,2
<b>Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	88,5	102,9	101,6	105,9	113,1	95,0	100,6	102,7	107,5	107,2	128,8	104,9
7 (sector Cayumapu)	68,4	64,3	62,2	81,8	76,6	61,5	76,3	99,2	92,0	96,7	104,2	93,3
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (sector estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	107,5	108,5	112,9	111,4	116,3	115,0	114,4	116,6	118,3	123,6	118,1	117,0



estaciones	saturación de oxígeno (%)											
	2018											
	Ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>												
1 (sector Ciruelos)	103,9	88,8	118,7	113,1	117,4	112,6	108,1	88,6	61,0	SD	SD	SD
2 (sector Rucaco)	103,9	94,5	129,5	115,3	122,0	113,8	104,6	92,3	37,7	SD	SD	SD
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>												
3 (sector fuerte San Luis)	96,7	94,7	110,5	105,2	108,2	112,6	111,7	99,4	109,1	SD	SD	SD
4 (sector Santa Clara)	102,7	108,1	110,6	109,9	110,2	109,2	104,7	99,9	50,0	SD	SD	SD
5 (sector Punucapa)	99,9	106,8	114,6	112,2	114,7	109,0	108,9	79,2	SD	SD	SD	SD
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>												
6 (sector Pichoy)	89,0	88,5	99,1	100,0	94,7	103,7	93,3	98,0	55,0	SD	SD	SD
7 (sector Cayumapu)	59,5	62,2	86,2	78,5	76,6	85,9	90,6	97,2	61,0	SD	SD	SD
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>												
8 (sector Calle Calle)	108,9	101,4	106,7	112,4	112,6	118,9	114,4	99,0	46,3	SD	SD	SD

estaciones	saturación de oxígeno (%)													
	2019												2020	
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>														
1 (sector Ciruelos)	SD	SD	SD	98,1	103,6	90,5	99,2	104,5	120,3	106,2	114,0	107,7	98,7	103,6
2 (sector Rucaco)	SD	SD	SD	115,5	97,8	SD	99,1	105,3	98,6	110,4	101,0	109,5	86,0	97,3
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>														
3 (sector fuerte San Luis)	SD	SD	SD	93,3	99,1	94,6	97,2	102,1	110,2	117,9	89,8	93,3	99,2	83,7
4 (sector Santa Clara)	SD	SD	SD	105,2	94,4	96,4	94,9	104,1	117,2	111,0	98,7	98,3	103,7	97,1
5 (sector Punucapa)	SD	SD	SD	111,8	94,4	98,0	99,0	103,7	112,4	115,7	106,4	110,0	98,8	95,9
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>														
6 (sector Pichoy)	SD	SD	SD	90,0	87,9	89,2	85,0	98,0	112,2	99,0	96,5	103,4	95,3	80,8
7 (sector Cayumapu)	SD	SD	SD	88,8	77,4	79,5	73,1	93,7	102,9	96,3	95,4	81,3	60,3	45,6
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>														
8 (sector Calle Calle)	SD	SD	SD	93,7	98,4	102,1	101,6	99,8	108,5	111,0	114,0	103,6	93,6	94,9

**Tabla 4.1.1.9.** Valores de DBO<sub>5</sub> en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	DBO <sub>5</sub> (mg/L <sup>-1</sup> )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	1,7 (0,7)	1,1 (0,4)	*	0,3 (0,42)	2,7 (0,14)
2 (sector Rucaco)	1,4 (0,6)	0,8 (0,3)	*	0,8 (0,0)	1,7 (0,14)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	0,7 (0,1)	0,7 (0,1)	*	0,9 (0,14)	2,6 (0,85)
4 (sector Santa Clara)	1,3 (0,7)	0,8 (0,0)	2,2 (0,3)	0,3 (0,42)	0,9 (0,42)
5 (sector Punucapa)	0,8 (0,3)	1,1 (0,1)	1,1 (0,1)	1,2 (0,0)	1,5 (0,14)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	1,1 (0,1)	*	2,6 (0,0)	0,8 (0,0)	1,0 (0,28)
7 (río Cayumapu)	0,8 (0,0)	0,9 (0,1)	0,9 (0,1)	1,4 (0,0)	0,6 (0,85)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	2,3 (0,4)	*	*	*	1,6 (0,0)

estaciones	DBO <sub>5</sub> (mg/L <sup>-1</sup> )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	1,2 (0,0)	1,0 (0,3)	1,4 (0,0)	*
2 (sector Rucaco)	1,4 (0,0)	1,2 (0,0)	1,0 (0,3)	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	1,6 (0,0)	0,4 (0,6)	*	1,4 (0,6)
4 (sector Santa Clara)	0,7 (0,1)	0,9 (0,4)	0,8 (0,2)	*
5 (sector Punucapa)	1,0 (0,3)	0,8 (0,0)	1,8 (0,0)	1,4 (0,4)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	1,6 (1,1)	*	0,7 (0,1)
7 (río Cayumapu)	1,6 (0,0)	2,3 (0,1)	1,2 (0,3)	1,2 (0,3)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	*	0,3 (0,4)	*	*

estaciones	DBO <sub>5</sub> (mg/L <sup>-1</sup> )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	*	1,4	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	1,2 (0,14)	1,1 (0,0)	*
5 (sector Punucapa)	*	1,2 (0,07)	1,0 (0,0)	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	1,6 (0,35)	1,3 (0,2)	*
7 (río Cayumapu)	*	1,4 (0,49)	1,2 (0,3)	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	*	1,5 (0,28)	1,2 (0,1)	*

**Tabla 4.1.1.10.** Valores de DQO en aguas superficiales del sector límnico, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	DQO (mg/L <sup>-1</sup> )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>					
1 (sector Ciruelos)	5,0 (0,0)	4,0 (0,0)	7,0 (0,0)	9,0 (1,41)	8,0 (0,0)
2 (sector Rucaco)	6,0 (1,4)	6,0 (3,0)	7,0 (0,0)	7,5 (0,71)	10,0 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	6,0 (1,4)	4,0 (1,0)	5,0 (0,0)	7,0 (0,0)	10,5 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	5,5 (0,7)	5,0 (0,0)	9,0 (0,0)	10,5 (0,7)	7,5 (3,5)
5 (sector Punucapa)	7,5 (2,1)	3,0 (0,0)	6,0 (0,0)	7,5 (0,7)	6,5 (3,5)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	6,0 (0,0)	6,0 (1,0)	12,0 (0,0)	14,5 (0,7)	7,0 (0,0)
7 (río Cayumapu)	7,0 (1,4)	6,0 (0,0)	10,5 (0,7)	11,0 (0,0)	13,0 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	4,0 (0,0)	5,5 (1,0)	5,5 (0,7)	3,0 (1,4)	4,0 (4,0)

estaciones	DQO (mg/L <sup>-1</sup> )			
	2016		2017	
	abril	Julio	abril	Julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	3,0 (0,0)	3,5 (0,7)	5,0 (0,0)	1,0 (0,0)
2 (sector Rucaco)	7,5 (0,7)	8,5 (0,7)	6,5 (0,7)	1,0 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	6,0 (1,4)	4,5 (0,7)	7,0 (1,4)	6,0 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	9,0 (1,4)	5,0 (0,0)	6,0 (0,0)	5,0 (0,0)
5 (sector Punucapa)	10,5 (0,7)	4,5 (0,7)	6,5 (0,7)	9,0 (1,4)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	7,5 (0,7)	6,5 (0,7)	7,0 (0,0)	2,0 (0,0)
7 (río Cayumapu)	8,5 (0,7)	5,5 (0,7)	6,5 (0,7)	6,0 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	6,0 (1,4)	1,5 (0,7)	4,5 (0,7)	1,0 (0,0)

estaciones	DQO (mg/L <sup>-1</sup> )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	8,0 (1,4)	3,5 (0,7)	2,0 (0,0)	*
2 (sector Rucaco)	8,0 (1,4)	5,5 (0,7)	6,5 (0,7)	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	8,5 (0,7)	4,5 (0,7)	4,0 (0,0)	2,5 (0,7)
4 (sector Santa Clara)	9,0 (1,4)	4,5 (0,7)	6,0 (0,0)	*
5 (sector Punucapa)	12,0 (0,0)	5,0 (0,0)	7,0 (0,0)	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	13,5 (0,7)	9,0 (0,0)	2,0	3,5 (0,7)
7 (río Cayumapu)	16,0 (0,0)	10,0 (0,0)	3,5 (0,7)	6,5 (0,7)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	8,0 (1,4)	5,5 (2,1)	*	*



**Tabla 4.1.1.11.** Concentraciones de carbono orgánico total (COT) en aguas superficiales del sector límnico, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	COT (mg/L)				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>					
1 (sector Ciruelos)	0,88 (0,01)	1,49 (0,01)	1,96 (0,05)	1,55 (0,22)	2,04 (0,02)
2 (sector Rucaco)	1,71 (0,07)	1,16 (0,02)	1,73 (0,06)	2,14 (0,08)	2,46 (0,03)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	1,76 (0,27)	1,02 (0,08)	2,28 (0,73)	2,15 (0,15)	1,83 (0,10)
4 (sector Santa Clara)	1,62 (0,19)	1,67 (0,05)	2,78 (0,30)	2,66 (0,01)	1,87 (0,16)
5 (sector Punucapa)	1,77 (0,09)	1,68 (0,00)	2,47 (0,05)	1,82 (0,04)	1,65 (0,09)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	1,42 (0,13)	1,93 (0,00)	3,88 (0,04)	2,42 (0,20)	3,18 (0,13)
7 (río Cayumapu)	1,68 (0,14)	1,33 (0,00)	2,50 (0,04)	1,85 (0,17)	3,42 (0,14)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	0,57 (0,08)	1,29 (0,11)	1,39 (0,07)	1,03 (0,15)	1,21 (0,10)

estaciones	COT (mg/L)			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	1,35 (0,07)	2,50 (0,18)	3,9 (0,3)	1,0 (0,0)
2 (sector Rucaco)	2,15 (0,21)	3,95 (0,07)	4,5 (0,1)	3,3 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	1,60 (0,00)	4,22 (0,49)	4,7 (0,0)	1,7 (0,1)
4 (sector Santa Clara)	2,15 (0,21)	3,79 (0,14)	3,8 (0,1)	2,0 (0,1)
5 (sector Punucapa)	1,80 (0,00)	3,17 (0,44)	4,6 (0,2)	2,5 (0,2)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	2,05 (0,35)	3,25 (0,20)	4,5 (0,1)	4,6 (0,1)
7 (río Cayumapu)	1,95 (0,07)	3,56 (0,42)	4,5 (0,0)	4,5 (0,2)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,73 (0,19)	2,21 (0,18)	3,5 (0,2)	2,7 (0,1)

estaciones	COT (mg/L)			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	2,62 (0,31)	0,96 (0,17)	0,87 (0,02)	1,20 (0,06)
2 (sector Rucaco)	2,74 (0,18)	1,34 (0,15)	2,13 (0,01)	1,36 (0,02)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	2,18 (0,04)	1,08 (0,00)	1,95 (0,24)	1,32 (0,02)
4 (sector Santa Clara)	4,11 (0,11)	1,91 (0,11)	1,76 (0,04)	1,38 (0,18)
5 (sector Punucapa)	3,19 (0,0)	1,34 (0,07)	1,48 (0,11)	1,76 (0,14)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	4,43 (0,33)	2,09 (0,04)	1,55 (0,28)	2,69 (0,09)
7 (río Cayumapu)	4,89 (0,22)	2,45 (0,34)	1,70 (0,06)	3,40 (0,14)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	2,14 (0,33)	1,06 (0,10)	0,77 (0,06)	1,70 (0,08)

**Tabla 4.1.1.12.** Concentración de Amonio (N-NH<sub>4</sub>) en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	N-NH <sub>4</sub> (mg /L)				
	2014			2015	
	abril	mayo	Julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	0,007 (0,000)	0,015 (0,002)	0,012 (0,000)	0,005 (0,001)	0,012 (0,004)
2 (sector Rucaco)	0,007 (0,001)	0,023 (0,004)	0,009 (0,001)	0,085 (0,003)	0,007 (0,001)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	0,013 (0,000)	0,019 (0,009)	0,007 (0,001)	0,012 (0,002)	0,010 (0,001)
4 (sector Santa Clara)	*	0,006 (0,001)	0,007 (0,000)	0,004 (0,001)	0,007 (0,000)
5 (sector Punucapa)	*	0,011 (0,001)	0,008 (0,002)	*	0,003 (0,000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	0,003 (0,000)	0,009 (0,001)	0,026 (0,001)	0,008 (0,000)	0,014 (0,006)
7 (río Cayumapu)	*	0,014 (0,006)	0,014 (0,004)	0,008 (0,000)	0,009 (0,001)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	0,005 (0,001)	0,004 (0,000)	0,012 (0,001)	0,011 (0,001)	0,007 (0,001)

estaciones	N-NH <sub>4</sub> (mg /L)			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,007 (0,001)	0,005 (0,001)	0,008 (0,002)	0,018 (0,000)
2 (sector Rucaco)	0,056 (0,002)	0,004 (0,001)	0,012 (0,009)	0,020 (0,005)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,009 (0,001)	0,009 (0,000)	0,042 (0,021)	0,030 (0,005)
4 (sector Santa Clara)	0,006 (0,000)	0,003 (*)	0,013 (0,001)	0,015 (0,000)
5 (sector Punucapa)	0,003 (*)	0,011 (0,000)	0,014 (0,003)	0,014 (0,000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,022 (0,002)	0,010 (0,001)	0,016 (0,006)	0,021 (0,003)
7 (río Cayumapu)	0,008 (0,000)	0,008 (0,001)	0,018 (0,002)	0,026 (0,002)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,018 (0,000)	0,004 (0,001)	0,009 (0,002)	0,007 (0,001)

estaciones	N-NH4 (mg /L)			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,009 (0,001)	0,019 (0,001)	0,007 (0,000)	*
2 (sector Rucaco)	0,010 (0,002)	0,019 (0,001)	0,005	0,008 (0,002)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,012 (0,004)	0,019 (0,001)	0,010 (0,001)	0,006 (0,001)
4 (sector Santa Clara)	0,006 (0,001)	0,015 (0,000)	0,005 (0,000)	0,005
5 (sector Punucapa)	0,005 (0,000)	0,013 (0,000)	0,013 (0,001)	0,006 (0,001)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,011 (0,001)	0,020 (0,001)	0,009 (0,000)	0,009 (0,000)
7 (río Cayumapu)	0,010 (0,001)	0,018 (0,001)	0,010 (0,001)	0,008 (0,001)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	*	0,008 (0,004)	0,013 (0,000)	0,012 (0,001)

**Tabla 4.1.1.13.** Concentración de Nitrato (N-NO<sub>3</sub>) en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	0,126 (0,000)	0,139 (0,004)	0,219 (0,001)	0,128 (0,000)	0,216 (0,001)
2 (sector Rucaco)	0,127 (0,000)	0,134 (0,001)	0,216 (0,001)	0,097 (0,001)	0,169 (0,002)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	0,131 (0,001)	0,126 (0,004)	0,189 (0,005)	0,131 (0,001)	0,158 (0,001)
4 (sector Santa Clara)	0,045 (0,000)	0,084 (0,002)	0,217 (0,005)	0,012 (0,001)	0,173 (0,008)
5 (sector Punucapa)	*	0,044 (0,000)	0,105 (0,004)	*	0,139 (0,004)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	0,048 (0,001)	0,103 (0,001)	0,217 (0,001)	0,019 (0,001)	0,213 (0,003)
7 (río Cayumapu)	0,002 (0,000)	0,073 (0,001)	0,087 (0,001)	0,006 (0,001)	0,083 (0,003)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	0,016 (0,000)	0,066 (0,000)	0,091 (0,001)	0,024 (0,000)	0,100 (0,001)

estaciones	N-NO3 (mg/L)			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,065 (0,001)	0,133 (0,001)	0,088 (0,003)	0,118 (0,000)
2 (sector Rucaco)	0,065 (0,002)	0,135 (0,000)	0,049 (0,001)	0,118 (0,001)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,063 (0,008)	0,049 (0,002)	0,058 (0,001)	0,240 (0,003)
4 (sector Santa Clara)	0,003 (0,000)	0,007 (0,000)	0,027 (0,001)	0,225 (0,006)
5 (sector Punucapa)	*	0,013 (0,000)	0,023 (0,002)	0,212 (0,000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,011 (0,000)	0,053 (0,001)	0,018 (0,001)	0,129 (0,002)
7 (río Cayumapu)	0,004 (0,001)	0,034 (0,000)	0,020 (0,001)	0,070 (0,000)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,019 (0,001)	0,021 (0,001)	0,043 (0,002)	0,087 (0,002)



estaciones	N-NO3 (mg/L)			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,130 (0,006)	0,180 (0,003)	0,089 (0,001)	0,173 (0,004)
2 (sector Rucaco)	0,115 (0,003)	0,170 (0,001)	0,107 (0,001)	0,170 (0,004)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,122 (0,028)	0,203 (0,000)	0,069 (0,003)	0,190 (0,001)
4 (sector Santa Clara)	0,087 (0,000)	0,218 (0,003)	0,002	0,192 (0,004)
5 (sector Punucapa)	0,036 (0,002)	0,127 (0,004)	0,006 (0,001)	0,217 (0,003)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,061 (0,001)	0,188 (0,000)	0,003 (0,000)	0,185 (0,002)
7 (río Cayumapu)	0,018 (0,001)	0,166 (0,003)	0,006 (0,000)	0,180 (0,001)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,028 (0,004)	0,060 (0,003)	0,038 (0,001)	0,081 (0,001)

**Tabla 4.1.1.14.** Concentración de Nitrito (N-NO<sub>2</sub>) en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	N-NO <sub>2</sub> (mg/L)				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	*
2 (sector Rucaco)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	0,002 (0,000)	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	0,002 (0,000)	*	0,002 (0,000)	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	*	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	*	*

estaciones	N-NO <sub>2</sub> (mg/L)			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	0,002
2 (sector Rucaco)	*	*	*	0,002
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	0,002
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	0,002
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	0,002
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	*	*	*	*

estaciones	N-NO <sub>2</sub> (mg/L)			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	0,002 (0,000)	0,005 (0,001)	0,002
2 (sector Rucaco)	*	0,003 (0,000)	0,005 (0,000)	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	*	0,002 (0,000)	0,004 (0,000)	0,002 (0,000)
4 (sector Santa Clara)	*	0,003 (0,001)	0,002 (0,000)	*
5 (sector Punucapa)	*	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	0,002 (0,000)	*	*
7 (río Cayumapu)	*	0,002 (0,000)	0,002	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	*	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	*

**Tabla 4.1.1.15.** Concentración de Nitrógeno total (N-Total) en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	N-Total (mg/L)				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	0,214 (0,001)	0,323 (0,017)	0,331 (0,008)	0,225 (0,008)	0,307 (0,006)
2 (sector Rucaco)	0,259 (0,001)	0,335 (0,000)	0,321 (0,002)	0,365 (0,007)	0,306 (0,013)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	0,249 (0,003)	0,254 (0,022)	0,242 (0,001)	0,281 (0,013)	0,308 (0,029)
4 (sector Santa Clara)	0,202 (0,010)	0,209 (0,018)	0,344 (0,001)	0,165 (0,004)	0,284 (0,009)
5 (sector Punucapa)	0,168 (0,000)	0,129 (0,007)	0,241 (0,005)	0,185 (0,001)	0,283 (0,039)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	0,203 (0,000)	0,219 (0,011)	0,471 (0,008)	0,192 (0,007)	0,388 (0,022)
7 (río Cayumapu)	0,190 (0,032)	0,245 (0,032)	0,267 (0,002)	0,184 (0,010)	0,222 (0,011)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	0,082 (0,007)	0,153 (0,012)	0,187 (0,006)	0,122 (0,006)	0,211 (0,004)

estaciones	N-Total (mg/L)			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,195 (0,023)	0,193 (0,011)	0,181 (0,017)	0,193 (0,018)
2 (sector Rucaco)	0,239 (0,010)	0,229 (0,005)	0,204 (0,006)	0,163 (0,001)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,205 (0,017)	0,242 (0,020)	0,350 (0,009)	0,380 (0,022)
4 (sector Santa Clara)	0,142 (0,014)	0,113 (0,014)	0,148 (0,001)	0,327 (0,005)
5 (sector Punucapa)	0,218 (0,015)	0,162 (0,014)	0,249 (0,009)	0,297 (0,022)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,181 (0,017)	0,156 (0,003)	0,145 (0,008)	0,373 (0,026)
7 (río Cayumapu)	0,226 (0,006)	0,164 (0,013)	0,186 (0,019)	0,312 (0,040)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,140 (0,006)	0,091 (0,007)	0,262 (0,015)	0,112 (0,011)

estaciones	N-Total (mg/L)			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,243 (0,001)	0,258 (0,001)	0,243 (0,021)	0,330 (0,009)
2 (sector Rucaco)	0,259 (0,010)	0,281 (0,004)	0,227 (0,023)	0,321 (0,001)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,261 (0,001)	0,290 (0,006)	0,190 (0,017)	0,330 (0,012)
4 (sector Santa Clara)	0,229 (0,005)	0,307 (0,002)	0,159 (0,035)	0,336 (0,002)
5 (sector Punucapa)	0,196 (0,004)	0,220 (0,019)	0,245 (0,001)	0,296 (0,001)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,264 (0,005)	0,300 (0,013)	0,207 (0,016)	0,326 (0,004)
7 (río Cayumapu)	0,264 (0,000)	0,291 (0,008)	0,198 (0,024)	0,304 (0,006)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,109 (0,001)	0,107 (0,006)	0,153 (0,033)	0,129 (0,001)

**Tabla 4.1.1.16.** Concentración de Fosfato (P-PO<sub>4</sub>) en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	0,005 (0,000)	0,004 (0,000)	0,003 (0,000)	0,002 (0,000)	0,003 (0,001)
2 (sector Rucaco)	0,003 (0,000)	0,003 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,003 (0,000)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	0,002 (0,000)	0,003 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,003 (0,001)
4 (sector Santa Clara)	*	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	*	0,002 (0,000)
5 (sector Punucapa)	*	0,002 (0,000)	*	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	*	*	*	*	0,004 (0,002)
7 (río Cayumapu)	*	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	*	0,002 (0,000)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	*	0,005 (0,000)	0,003 (0,000)	0,002 (0,000)	0,003 (0,000)



estaciones	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	0,002 (0,001)	*
2 (sector Rucaco)	0,002 (*)	*	0,002 (*)	0,003 (*)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,002 (0,000)	*	*	0,003 (0,001)
4 (sector Santa Clara)	0,002 (0,000)	*	0,002 (0,001)	0,002 (0,000)
5 (sector Punucapa)	0,003 (0,000)	0,002 (0,000)	*	0,002 (0,000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	*	0,003 (0,002)
7 (río Cayumapu)	0,002 (*)	*	0,002 (*)	0,002 (0,000)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,003 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,003 (0,001)

estaciones	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,004 (0,002)	0,002 (0,000)	0,003 (0,001)	0,003 (0,000)
2 (sector Rucaco)	0,003 (0,000)	0,002 (0,000)	0,003 (0,000)	0,003 (0,000)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,004 (0,001)	0,003 (0,000)
4 (sector Santa Clara)	*	0,003 (0,001)	0,003 (0,001)	0,003 (0,000)
5 (sector Punucapa)	*	*	0,004 (0,001)	0,002 (0,000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)
7 (río Cayumapu)	*	*	0,003 (0,001)	0,002 (0,000)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,002 (0,000)	0,003 (0,001)	0,006 (0,001)	0,004 (0,001)

**Tabla 4.1.1.17.** Concentración de Fósforo total (P-total) en aguas superficiales del sector límnico, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	P-total (mg/L)				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>					
1 (sector Ciruelos)	0,022 (0,001)	0,052 (0,004)	0,039 (0,006)	0,020 (0,001)	0,035 (0,003)
2 (sector Rucaco)	0,019 (0,002)	0,056 (0,002)	0,044 (0,006)	0,025 (0,010)	0,036 (0,001)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	0,013 (0,001)	0,028 (0,007)	0,019 (0,000)	0,016 (0,002)	0,034 (0,004)
4 (sector Santa Clara)	0,015 (0,002)	0,010 (0,011)	0,041 (0,005)	0,011 (0,001)	0,017 (0,001)
5 (sector Punucapa)	0,015 (0,001)	0,017 (0,000)	0,024 (0,000)	0,013 (0,000)	0,015 (0,000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	0,018 (0,000)	0,015 (0,001)	0,054 (0,004)	0,015 (0,001)	0,026 (0,006)
7 (río Cayumapu)	0,016 (0,003)	0,020 (0,002)	0,026 (0,000)	0,011 (0,001)	0,019 (0,001)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	0,009 (0,002)	0,019 (0,001)	0,024 (0,000)	0,013 (0,000)	0,033 (0,004)

estaciones	P-total (mg/L)			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,019 (0,001)	0,015 (0,000)	0,012 (0,002)	0,022 (0,004)
2 (sector Rucaco)	0,021 (0,001)	0,013 (0,001)	0,013 (0,000)	0,019 (0,000)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,019 (0,001)	0,015 (0,001)	0,010 (0,003)	0,026 (0,003)
4 (sector Santa Clara)	0,013 (0,001)	0,011 (0,000)	0,007 (0,000)	0,014 (0,000)
5 (sector Punucapa)	0,022 (0,001)	0,013 (0,003)	0,016 (0,004)	0,013 (0,003)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,012 (0,002)	0,013 (0,001)	0,007 (0,000)	0,023 (0,002)
7 (río Cayumapu)	0,016 (0,004)	0,014 (0,001)	0,008 (0,003)	0,024 (0,005)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,017 (0,000)	0,013 (0,001)	0,008 (0,001)	0,009 (0,000)

estaciones	P-total (mg/L)			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,020 (0,0007)	0,018 (0,0007)	0,165 (0,007)	0,024 (0,001)
2 (sector Rucaco)	0,019 (0,0007)	0,030 (0,0028)	0,013 (0,000)	0,024 (0,001)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,015 (0,0014)	0,022 (0,0035)	0,013 (0,000)	0,025 (0,001)
4 (sector Santa Clara)	0,010 (0,0000)	0,014 (0,0007)	0,013 (0,001)	0,018 (0,001)
5 (sector Punucapa)	0,011 (0,0000)	0,011 (0,0000)	0,017 (0,001)	0,012 (0,000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,017 (0,0007)	0,014 (0,0000)	0,020 (0,000)	0,016 (0,000)
7 (río Cayumapu)	0,020 (0,0007)	0,015 (0,0007)	0,013 (0,001)	0,015 (0,001)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,011 (0,0000)	0,010 (0,0007)	0,016 (0,000)	0,011 (0,001)

**Tabla 4.1.1.18.** Concentración de bacterias coliformes totales en aguas superficiales del sector límnico, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)				
	2014			2015	
	abril	mayo	Julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>					
1 (sector Ciruelos)	1.895 (1.987)	6.400 (2.121)	3.600 (1.838)	595 (1.485)	6.400 (2.121)
2 (sector Rucaco)	4.100 (1.131)	15.950 (11.384)	2.300 (0)	250 (28)	4.100 (1.131)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	895 (573)	4.900 (0)	465 (332)	1.245 (644)	5.600 (3.253)
4 (sector Santa Clara)	59 (15)	410 (113)	4.345 (5.028)	515 (2.616)	3.200 (141)
5 (sector Punucapa)	640 (212)	4.900 (0)	4.750 (4.455)	1.045 (361)	1.800 (707)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	200 (42)	275 (78)	560 (325)	120 (71)	765 (757)
7 (río Cayumapu)	268 (314)	410 (113)	385 (148)	330 (0)	560 (325)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	230 (0)	3.550 (1.909)	1.895 (1.987)	420 (524)	1.495 (997)

estaciones	bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
<b>1</b> (sector Ciruelos)	480 (438)	230 (141)	2.300 (1.414)	1.045 (361)
<b>2</b> (sector Rucaco)	480 (438)	150 (28)	895 (573)	490 (0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	1.260 (1.471)	220 (0)	1.045 (361)	1.750 (636)
<b>4</b> (sector Santa Clara)	1.315 (1.393)	64 (21)	230 (0)	1.095 (856)
<b>5</b> (sector Punucapa)	7.800 (4.525)	330 (0)	795 (431)	1.395 (1.280)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
<b>6</b> (río Pichoy)	105 (36)	79 (0)	230 (0)	1.045 (361)
<b>7</b> (río Cayumapu)	715 (827)	64 (21)	360 (184)	510 (396)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
<b>8</b> (río Calle Calle)	170 (85)	5.100 (3.960)	1.045 (361)	640 (2012)

<b>bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)</b>				
<b>estaciones</b>	<b>2018</b>		<b>2019</b>	
	<b>abril</b>	<b>julio</b>	<b>abril</b>	<b>julio</b>
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>				
<b>1</b> (sector Ciruelos)	5.100 (3960)	2.045 (1775)	475 (21)	4.450 (1.344)
<b>2</b> (sector Rucaco)	3.300 (0,0)	2.200 (1556)	280 (71)	3.500 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	1.395 (1280)	4.100 (1131)	1.850 (778)	1.500 (283)
<b>4</b> (sector Santa Clara)	2.000 (424)	490 (0,0)	890 (1146)	2.210 (1.824)
<b>5</b> (sector Punucapa)	895 (573)	1.045 (361)	385 (148)	1.070 (750)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
<b>6</b> (río Pichoy)	625 (233)	665 (615)	285 (64)	595 (148)
<b>7</b> (río Cayumapu)	1.895 (1987)	2.000 (1838)	1.445 (1351)	580 (170)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
<b>8</b> (río Calle Calle)	895 (573)	410 (113)	2.950 (778)	2.600 (1.273)



**Tabla 4.1.1.19.** Concentración de bacterias coliformes fecales en aguas superficiales del sector límnico, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	bacterias coliformes fecales (NMP/100 mL)				
	2014			2015	
	abril	mayo	Julio	Abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (área límnico)</b>					
1 (sector Ciruelos)	355 (191)	465 (332)	410 (113)	140 (42)	790 (0)
2 (sector Rucaco)	345 (163)	1.200 (707)	385 (148)	72 (54)	715 (545)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	41 (11)	410 (113)	40 (13)	36 (18)	895 (573)
4 (sector Santa Clara)	33 (0)	30 (4)	790 (0)	28 (7)	450 (481)
5 (sector Punucapa)	33 (23)	945 (219)	200 (42)	56 (33)	300 (269)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	56 (32)	55 (34)	360 (184)	105 (36)	105 (36)
7 (río Cayumapu)	7 (8)	35 (16)	117 (33)	9 (2)	310 (255)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	76 (76)	3.550 (1.909)	1.095 (856)	200 (42)	200 (42)

estaciones	bacterias coliformes fecales (NMP/100 mL)			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	56 (33)	64 (21)	190 (199)	56 (33)
2 (sector Rucaco)	51 (40)	64 (21)	280 (71)	49 (0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	60 (15)	23 (0)	95 (64)	70 (0)
4 (sector Santa Clara)	33 (0)	5 (0)	56 (33)	36 (18)
5 (sector Punucapa)	1.150 (71)	140 (42)	125 (21)	36 (18)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	20 (4)	20 (4)	56 (33)	95 (64)
7 (río Cayumapu)	18 (6)	6 (3)	18 (7)	127 (146)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	60 (15)	560 (325)	170 (85)	33 (0)

estaciones	bacterias coliformes fecales (NMP/100 mL)			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	360 (184)	795 (431)	40 (13)	945 (219)
2 (sector Rucaco)	290 (85,0)	1290 (1428)	41 (11)	1030 (806)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	49 (0,0)	140 (128)	240 (156)	82 (69)
4 (sector Santa Clara)	33 (0,0)	28 (7)	17 (0,0)	105 (36)
5 (sector Punucapa)	32 (1,0)	410 (113)	41 (11)	36 (18)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	40 (9,0)	13 (0,0)	56 (33)	33 (0,0)
7 (río Cayumapu)	35 (16,0)	41 (11)	9 (1,0)	28 (7)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	52 (26,0)	36 (18)	515 (389)	410 (113)

**Tabla 4.1.1.20.** Concentración de Cloruro en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Cloruro (mg/L)				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	2,8 (0,0)	2,3 (0,1)	2,0 (0,0)	3,8 (0,1)	3,6 (0,4)
2 (sector Rucaco)	16,3 (0,9)	4,1 (0,1)	2,7 (0,0)	19,5 (0,2)	5,0 (0,2)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	12,9 (0,3)	5,0 (0,1)	3,0 (0,0)	17,0 (0,3)	6,0 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	23,3 (1,6)	5,2 (0,1)	3,2 (0,0)	249,4 (0,7)	7,8 (1,7)
5 (sector Punucapa)	178,8 (0,9)	6,5 (0,1)	4,2 (0,0)	703,7 (3,4)	5,7 (0,3)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	3,8 (0,1)	3,7 (0,1)	3,2 (0,1)	31,6 (0,3)	6,0 (1,0)
7 (río Cayumapu)	85,6 (0,8)	5,5 (0,0)	3,6 (0,2)	517,3 (2,7)	7,4 (0,30)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	1,5 (0,1)	1,6 (0,0)	2,0 (0,1)	1,8 (0,2)	3,5 (0,2)

estaciones	Cloruro (mg/L)			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	5,9 (0,3)	4,5 (0,3)	2,4 (0,1)	2,5 (0,1)
2 (sector Rucaco)	39,7 (2,1)	23,2 (0,9)	16,4 (0,4)	5,2 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	32,9 (1,3)	20,5 (0,9)	12,9 (0,8)	4,4 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	233,5 (5,0)	135,9 (4,7)	23,5 (0,8)	5,9 (0,4)
5 (sector Punucapa)	2258,4 (41,3)	691, 0 (25,9)	220,3 (1,6)	5,1 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	12,8 (0,6)	20,2 (0,6)	4,8 (0,1)	4,2 (0,1)
7 (río Cayumapu)	430,6 (10,6)	52,2 (1,8)	53,1 (1,3)	5,3 (0,1)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	4,0 (0,0)	3,3 (0,3)	1,3 (0,0)	2,0 (0,0)

estaciones	Cloruro (mg/L)			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	2,1 (0,0)	2,3 (0,2)	3,2 (0,0)	2,3 (0,0)
2 (sector Rucaco)	7,1 (0,1)	4,8 (0,1)	16,4 (0,0)	3,6 (0,1)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	5,9 (0,0)	4,2 (0,1)	14,2 (0,1)	3,4 (0,2)
4 (sector Santa Clara)	5,2 (0,0)	4,6 (0,1)	237,5 (5,9)	3,4 (0,1)
5 (sector Punucapa)	5,3 (0,1)	3,6 (0,1)	1.074,9 (5,5)	3,9 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	3,5 (0,0)	3,7 (0,1)	10,0 (0,6)	3,5 (0,0)
7 (río Cayumapu)	6,9 (0,1)	4,2 (0,1)	183,1 (3,2)	4,3 (0,1)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	1,5 (0,0)	1,7 (0,1)	2,1 (0,0)	1,7 (0,0)

**Tabla 4.1.1.21.** Concentración de Sulfato en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Sulfato (mg/L)				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	0,9 (0,01)	0,9 (0,00)	0,6 (0,01)	3,3 (0,01)	0,7 (0,03)
2 (sector Rucaco)	13,5 (0,29)	5,1 (0,25)	1,1 (0,04)	40,8 (0,50)	1,8 (0,07)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	11,3 (0,19)	6,7 (0,20)	1,6 (0,02)	34,0 (0,57)	2,2 (0,09)
4 (sector Santa Clara)	9,2 (0,09)	6,2 (0,20)	1,5 (0,01)	89,6 (0,88)	1,7 (0,03)
5 (sector Punucapa)	27,8 (0,91)	2,8 (0,01)	1,6 (0,01)	177,1 (0,80)	1,6 (0,18)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	1,2 (0,02)	1,5 (0,07)	0,9 (0,00)	12,0 (1,07)	1,2 (0,06)
7 (río Cayumapu)	13,9 (0,06)	3,8 (0,06)	1,3 (0,02)	138,3 (0,34)	2,4 (0,03)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	1,7 (0,00)	2,0 (0,03)	1,4 (0,09)	4,9 (0,20)	1,5 (0,02)

estaciones	Sulfato (mg/L)			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	1,3 (0,20)	3,1 (0,08)	1,0 (0,1)	2,2 (0,0)
2 (sector Rucaco)	22,5 (0,53)	20,9 (1,34)	11,5 (0,0)	4,8 (0,2)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	16,2 (0,50)	13,0 (0,38)	10,1 (0,1)	2,9 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	26,5 (0,57)	19,6 (0,33)	8,9 (0,0)	3,3 (0,1)
5 (sector Punucapa)	164,9 (3,19)	56,4 (0,20)	34,6 (0,0)	2,2 (0,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,7 (0,04)	5,2 (0,45)	1,2 (0,1)	2,7 (0,1)
7 (río Cayumapu)	33,4 (0,24)	8,3 (0,79)	8,9 (0,1)	2,4 (0,2)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	1,2 (0,11)	2,4 (0,38)	1,7 (0,1)	1,7 (0,1)



estaciones	Sulfato (mg/L)			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	2,3 (0,0)	2,6 (0,1)	5,6 (1,6)	0,9 (0,0)
2 (sector Rucaco)	6,2 (0,0)	3,1 (0,1)	7,1 (0,1)	2,1 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	5,3 (0,0)	2,6 (0,1)	7,3 (0,0)	2,0 (0,1)
4 (sector Santa Clara)	3,9 (0,0)	2,0 (0,0)	32,6 (0,5)	1,9 (0,0)
5 (sector Punucapa)	3,0 (0,1)	2,2 (0,0)	156,4 (3,2)	2,7 (0,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	2,2 (0,1)	1,1 (0,0)	1,3 (0,0)	1,7 (0,0)
7 (río Cayumapu)	4,4 (0,0)	1,7 (0,1)	25,9 (1,0)	3,7 (0,1)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	2,4 (0,0)	1,8 (0,0)	2,8 (0,0)	2,3 (0,1)

**Tabla 4.1.1.22.** Concentración de Hierro disuelto en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Hierro ( $\mu\text{g/L}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	111,2 (31,0)	47,2 (5,6)	45,6 (4,3)	138,5 (31,4)	44,8 (19,2)
2 (sector Rucaco)	10,7 (3,7)	47,8 (7,9)	46,6 (12,4)	68,33 (23,0)	45,3 (16,1)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	65,2 (13,6)	46,8 (0,7)	40,0 (6,2)	83,8 (2,2)	64,6 (3,7)
4 (sector Santa Clara)	57,2 (7,4)	100,3 (1,7)	53,9 (12,0)	31,1 (3,2)	64,5 (2,0)
5 (sector Punucapa)	44,0 (2,1)	64,8 (6,7)	52,7 (15,3)	15,5 (2,8)	71,3 (2,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	117,5 (38,1)	136,1 (53,8)	63,9 (4,9)	103,9 (0,6)	114,7 (1,8)
7 (río Cayumapu)	93,0 (1,2)	112,0 (24,3)	66,5 (1,2)	34,2 (6,1)	100,1 (34,9)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	23,7 (0,2)	33,2 (0,0)	23,7 (0,2)	43,5 (2,8)	25,2 (9,9)

estaciones	Hierro ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	93,7 (2,6)	68,3 (2,6)	141,7 (2,5)	104,1 (20,9)
2 (sector Rucaco)	20,9 (3,9)	22,2 (0,4)	21,3 (0,2)	111,6 (5,4)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	68,9 (7,1)	39,3 (2,1)	114,8 (2,4)	100,7 (25,2)
4 (sector Santa Clara)	45,5 (0,9)	37,0 (0,7)	64,7 (1,3)	110,5 (30,6)
5 (sector Punucapa)	15,7 (0,3)	15,4 (0,3)	22,3 (0,6)	144,6 (5,2)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	90,1 (0,3)	102,1 (0,7)	136,6 (1,1)	167,8 (44,5)
7 (río Cayumapu)	55,0 (1,8)	61,9 (0,3)	77,0 (1,2)	249,2 (20,1)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	33,8 (0,3)	30,5 (1,6)	38,5 (0,4)	35,8 (2,3)

estaciones	Hierro ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	187,1 (7,0)	71,3 (0,3)	118,9 (1,0)	70,9 (0,2)
2 (sector Rucaco)	96,7 (0,6)	47,9 (0,6)	13,7 (0,4)	52,5 (0,7)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	184,1 (8,9)	110,2 (0,6)	70,6 (0,2)	68,4 (0,2)
4 (sector Santa Clara)	133,1 (1,1)	127,0 (1,4)	27,6 (1,2)	52,7 (0,8)
5 (sector Punucapa)	141,8 (1,3)	91,4 (1,3)	4,9 (0,1)	53,6 (0,2)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	189,6 (1,3)	170,8 (1,1)	195,0 (1,9)	67,3 (0,3)
7 (río Cayumapu)	189,1 (11,4)	154,6 (2,3)	63,7 (0,2)	96,0 (0,3)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	47,3 (0,3)	22,8 (0,6)	35,5 (0,8)	18,5 (0,1)

**Tabla 4.1.1.23.** Concentración de Aluminio disuelto en aguas superficiales del sector límnico, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Aluminio ( $\mu\text{g/L}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>					
1 (sector Ciruelos)	9,9 (2,0)	8,2 (1,1)	20,4 (1,4)	10,5 (1,6)	18,6 (4,2)
2 (sector Rucaco)	6,3 (0,6)	11,2 (0,9)	23,4 (7,0)	10,1 (0,4)	18,3 (4,9)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	7,6 (1,5)	11,6 (0,3)	11,9 (1,2)	10,8 (0,4)	20,7 (0,1)
4 (sector Santa Clara)	12,9 (1,4)	14,8 (1,2)	17,9 (2,1)	8,2 (1,1)	21,8 (0,1)
5 (sector Punucapa)	9,0 (0,5)	11,8 (0,8)	13,5 (3,2)	5,7 (0,1)	25,5 (1,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	12,6 (1,8)	21,0 (5,3)	28,3 (1,0)	12,0 (0,0)	44,4 (0,7)
7 (río Cayumapu)	6,6 (0,5)	19,2 (2,8)	38,5 (1,6)	1,3 (0,2)	48,7 (14,6)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	5,3 (0,6)	20,0 (1,1)	10,5 (1,7)	6,3 (0,0)	24,6 (6,5)

estaciones	Aluminio ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	7,0 (0,01)	4,4 (0,41)	9,5 (0,7)	10,1 (0,5)
2 (sector Rucaco)	7,7 (0,70)	3,9 (0,38)	5,4 (0,2)	11,6 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	8,2 (0,57)	5,3 (0,73)	10,1 (0,0)	12,6 (2,2)
4 (sector Santa Clara)	11,2 (0,01)	5,1 (0,09)	9,1 (0,1)	15,4 (1,0)
5 (sector Punucapa)	4,1 (0,58)	3,4 (0,71)	8,7 (0,5)	22,2 (0,6)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	7,5 (0,02)	14,4 (0,55)	11,2 (0,1)	28,1 (4,5)
7 (río Cayumapu)	3,6 (0,13)	5,9 (0,03)	4,9 (0,2)	35,6 (0,2)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	7,3 (0,13)	4,3 (0,27)	9,4 (0,6)	10,3 (1,3)

estaciones	Aluminio ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	21,7 (0,5)	8,1 (0,9)	7,3 (0,1)	28,3 (0,2)
2 (sector Rucaco)	9,8 (0,2)	10,6 (0,2)	5,0 (0,1)	14,1 (0,3)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	16,4 (0,4)	13,4 (0,3)	6,8 (0,1)	20,9 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	16,0 (0,0)	21,6 (0,1)	14,3 (0,3)	17,2 (0,6)
5 (sector Punucapa)	25,7 (0,1)	17,1 (0,3)	5,8 (0,1)	18,2 (0,7)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	41,4 (0,5)	32,3 (0,5)	5,5 (0,1)	23,1 (0,8)
7 (río Cayumapu)	39,4 (0,0)	37,3 (0,9)	2,1 (0,0)	40,0 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	12,0 (0,2)	6,6 (0,1)	2,6 (0,0)	10,9 (0,1)

**Tabla 4.1.1.24.** Concentración de Manganeso disuelto en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Manganeso ( $\mu\text{g/L}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	17,7 (0,3)	4,7 (0,2)	1,4 (0,2)	11,4 (1,1)	2,6 (0,5)
2 (sector Rucaco)	24,4 (0,5)	5,5 (0,5)	1,6 (0,4)	25,3 (0,9)	2,8 (0,2)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	26,5 (1,5)	10,0 (0,1)	2,2 (0,0)	3,5 (0,3)	2,8 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	0,9 (0,1)	9,2 (5,5)	2,0 (0,0)	0,2 (0,0)	1,3 (0,0)
5 (sector Punucapa)	1,4 (0,2)	0,8 (0,0)	2,5 (0,3)	1,8 (0,1)	1,5 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	27,0 (0,3)	19,1 (0,4)	22,6 (0,9)	19,7 (2,9)	8,8 (0,2)
7 (río Cayumapu)	22,4 (0,2)	4,9 (0,5)	5,4 (0,1)	27,8 (1,9)	9,8 (0,6)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	3,5 (0,1)	0,9 (0,1)	1,8 (0,3)	3,4 (0,0)	2,3 (0,2)



estaciones	Manganeso ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	13,5 (0,02)	14,4 (0,28)	8,5 (0,2)	19,1 (0,2)
2 (sector Rucaco)	18,5 (0,29)	16,2 (0,36)	12,0 (0,0)	18,7 (0,5)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	1,5 (0,21)	12,0 (0,92)	5,1 (0,0)	20,8 (1,0)
4 (sector Santa Clara)	0,8 (0,13)	0,4 (0,01)	0,4 (0,0)	9,1 (0,2)
5 (sector Punucapa)	8,6 (0,16)	1,7 (0,02)	0,5 (0,0)	7,6 (0,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	13,4 (0,21)	4,1 (0,05)	6,0 (0,0)	37,5 (0,6)
7 (río Cayumapu)	27,7 (0,16)	0,7 (0,02)	4,5 (0,0)	19,7 (0,2)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,6 (0,01)	3,3 (0,23)	1,8 (0,1)	5,3 (0,1)

estaciones	Manganeso ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	15,6 (0,3)	11,2 (0,2)	8,2 (0,4)	8,0 (0,0)
2 (sector Rucaco)	16,9 (0,2)	14,2 (0,5)	9,1 (0,1)	7,5 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	17,5 (0,3)	14,1 (0,2)	10,5 (0,1)	8,5 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	5,8 (0,0)	8,6 (0,0)	1,6 (0,0)	4,5 (0,1)
5 (sector Punucapa)	1,4 (0,0)	6,0 (0,4)	17,5 (0,3)	5,0 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	27,4 (0,0)	18,6 (0,3)	17,7 (0,5)	13,4 (0,1)
7 (río Cayumapu)	22,1 (0,1)	14,1 (0,0)	17,0 (0,0)	11,8 (0,1)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	1,5 (0,0)	3,7 (0,0)	1,7 (0,0)	2,5 (0,0)

**Tabla 4.1.1.25.** Concentración de Cobre disuelto en aguas superficiales del sector límnico, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Cobre ( $\mu\text{g/L}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>					
1 (sector Ciruelos)	0,3 (0,0)	0,3 (0,1)	0,5 (0,0)	0,7 (0,0)	0,7 (0,3)
2 (sector Rucaco)	0,3 (0,0)	0,3 (0,0)	0,6 (0,1)	0,7 (0,0)	0,6 (0,1)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	0,4 (0,1)	0,6 (0,2)	0,4 (0,0)	0,7 (0,0)	0,5 (0,1)
4 (sector Santa Clara)	0,4 (0,0)	0,5 (0,0)	1,6 (1,6)	0,7 (0,0)	0,5 (0,1)
5 (sector Punucapa)	0,5 (0,0)	0,4 (0,0)	0,4 (0,0)	0,7 (0,0)	0,7 (0,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	0,4 (0,0)	0,5 (0,1)	0,7 (0,0)	0,7 (0,0)	0,6 (0,0)
7 (río Cayumapu)	0,4 (0,0)	0,6 (0,0)	0,6 (0,0)	0,7 (0,1)	0,9 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río calle Calle)	0,2 (0,0)	0,5 (0,1)	0,3 (0,0)	0,6 (0,0)	0,7 (0,3)

estaciones	Cobre ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,8 (0,02)	0,6 (0,03)	0,4 (0,0)	1,0 (0,3)
2 (sector Rucaco)	0,8 (0,02)	0,6 (0,00)	0,9 (0,0)	1,3 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	1,1 (0,29)	0,7 (0,01)	0,6 (0,0)	1,1 (0,3)
4 (sector Santa Clara)	0,8 (0,29)	0,5 (0,06)	0,4 (0,0)	1,2 (0,0)
5 (sector Punucapa)	1,2 (0,00)	0,6 (0,05)	0,5 (0,0)	1,4 (0,2)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	1,1 (0,23)	0,7 (0,00)	0,5 (0,0)	1,5 (0,2)
7 (río Cayumapu)	0,9 (0,00)	0,7 (0,01)	0,5 (0,0)	1,8 (0,3)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río calle Calle)	0,8 (0,07)	0,8 (0,05)	0,4 (0,0)	1,1 (0,3)

estaciones	Cobre ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	1,7 (0,02)	0,6 (0,01)	0,4 (0,00)	0,5 (0,00)
2 (sector Rucaco)	1,7 (0,03)	0,6 (0,00)	0,4 (0,01)	0,8 (0,02)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	2,0 (0,02)	0,6 (0,02)	0,7 (0,00)	0,6 (0,01)
4 (sector Santa Clara)	2,2 (0,03)	0,9 (0,01)	0,5 (0,03)	0,9 (0,03)
5 (sector Punucapa)	1,7 (0,00)	0,6 (0,02)	0,5 (0,02)	0,6 (0,05)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	1,4 (0,01)	0,7 (0,01)	0,7 (0,05)	0,6 (0,00)
7 (río Cayumapu)	2,0 (0,03)	0,8 (0,03)	0,5 (0,00)	0,9 (0,03)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río calle Calle)	2,1 (0,02)	0,6 (0,03)	0,5 (0,00)	0,6 (0,02)

**Tabla 4.1.1.26.** Concentración de Zinc disuelto en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	Zinc ( $\mu\text{g/L}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	0,82 (0,42)	0,34 (0,04)	0,79 (0,02)	*	*
2 (sector Rucaco)	0,81 (0,40)	0,33 (0,10)	0,55 (0,14)	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	0,73 (0,38)	0,51 (0,07)	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	0,36 (0,06)	0,37 (0,07)	0,47	*	*
5 (sector Punucapa)	0,66 (0,65)	0,60 (0,21)	*	0,02 (0,00)	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	0,66 (0,23)	0,39 (0,01)	1,05 (1,11)	0,40	*
7 (río Cayumapu)	0,53 (0,17)	0,30 (0,22)	0,28	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río calle Calle)	0,26 (0,01)	0,21 (0,09)	1,00 (0,27)	*	*

estaciones	Zinc ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	1,02 (0,11)	*	1,68 (0,63)
5 (sector Punucapa)	*	*		*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	1,52 (0,02)	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	1,09 (0,08)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río calle Calle)	*	*	*	1,53 (0,14)

estaciones	Zinc ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	2,35 (0,22)	0,18 (0,00)	0,79 (0,07)	1,88 (0,01)
2 (sector Rucaco)	0,38 (0,01)	0,24 (0,02)	0,52 (0,03)	1,76 (0,02)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,97 (0,06)	1,53 (0,52)	3,13 (0,06)	4,19 (0,00)
4 (sector Santa Clara)	1,21 (0,17)	0,58 (0,05)	2,32 (0,05)	1,92 (0,03)
5 (sector Punucapa)	0,07	0,60 (0,45)	1,61 (0,07)	2,09 (0,00)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,84 (0,07)	0,65 (0,02)	0,07 (0,01)	1,02 (0,04)
7 (río Cayumapu)	0,44 (0,02)	0,65 (0,15)	1,58 (0,01)	2,26 (0,01)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río calle Calle)	0,27 (0,02)	0,11 (0,01)	0,06 (0,03)	0,22 (0,10)



**Tabla 4.1.1.27.** Concentración de Plomo disuelto en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	Plomo ( $\mu\text{g/L}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	*	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	0,02 (0,00)	0,02 (0,02)
2 (sector Rucaco)	*	*	0,02	0,02 (0,00)	0,01 (0,00)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	*	0,01 (0,00)	*	0,03 (0,00)	0,01 (0,00)
4 (sector Santa Clara)	*	0,01 (0,00)	*	0,02 (0,01)	0,01 (0,00)
5 (sector Punucapa)	*	0,02 (0,01)	*	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	*	0,01 (0,00)	*	0,06 (0,06)	0,01
7 (río Cayumapu)	*	0,01 (0,00)	*	0,02 (0,00)	0,02 (0,00)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río calle Calle)	*	0,01 (0,00)	*	0,02 (0,00)	0,04

estaciones	Plomo ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,02 (0,00)	0,03 (0,00)	0,02 (0,00)	0,07 (0,03)
2 (sector Rucaco)	0,02 (0,00)	0,02 (0,00)	*	0,06 (0,00)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,03 (0,02)	0,01 (0,00)	0,03 (0,00)	0,05 (0,03)
4 (sector Santa Clara)	0,02 (0,01)	0,02 (0,00)	0,02 (0,00)	0,03 (0,01)
5 (sector Punucapa)	0,03 (0,01)	0,02 (0,00)	0,02 (0,00)	0,05 (0,02)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,02 (0,00)	0,02 (0,00)	0,02 (0,00)	0,04 (0,01)
7 (río Cayumapu)	0,02 (0,00)	0,01 (0,00)	0,04 (0,00)	0,06 (0,04)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río calle Calle)	0,03 (0,00)	0,04 (0,01)	*	0,05 (0,01)

estaciones	Plomo ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,05 (0,00)	*	0,03 (0,00)	0,01 (0,00)
2 (sector Rucaco)	0,03 (0,00)	*	*	0,02 (0,00)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,04 (0,00)	*	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)
4 (sector Santa Clara)	0,03 (0,01)	*	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)
5 (sector Punucapa)	0,03 (0,00)	*	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	0,03 (0,00)	0,01 (0,00)
7 (río Cayumapu)	0,03 (0,00)	*	0,02 (0,00)	0,02 (0,00)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río calle Calle)	0,07 (0,00)	*	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)

**Tabla 4.1.1.28.** Concentración de Cadmio disuelto en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	Cadmio ( $\mu\text{g/L}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	*	0,01 (0,00)	*	0,03	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	0,10	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	*	*	*	0,06	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río calle Calle)	*	*	*	*	*

estaciones	Cadmio ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río calle Calle)	*	*	*	*

estaciones	Cadmio ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	0,01 (0,00)	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río calle Calle)	*	*	*	*

**Tabla 4.1.1.29.** Concentración de Arsénico disuelto en aguas superficiales del sector límnico, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	Arsénico ( $\mu\text{g/L}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>					
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	*	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río calle Calle)	*	*	*	*	*

estaciones	Arsénico ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	0,24 (0,02)	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río calle Calle)	*	*	0,48 (0,01)	*



estaciones	Arsénico (µg/L)			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*
	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	0,23 (0,01)
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río calle Calle)	*	*	*	0,55 (0,00)

**Tabla 4.1.1.30.** Concentración de Mercurio disuelto en aguas superficiales del sector límnico, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	Mercurio ( $\mu\text{g/L}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>					
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	*	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río calle Calle)	*	*	*	*	*

estaciones	Mercurio ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río calle Calle)	*	*	*	*

estaciones	Mercurio ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río calle Calle)	*	*	*	*

**Tabla 4.1.1.31.** Concentración de Hierro particulado en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Hierro ( $\mu\text{g/g}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	119.527 (10.850)	60.206 (1.540)	69.100 (3.012)	98.605 (18.799)	80.368 (36)
2 (sector Rucaco)	127.230 (27.561)	60.530 (1.539)	85.519 (6.609)	85.333 (333)	82.250 (6.748)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	159.483 (7.301)	83.002 (8.772)	81.850 (7.672)	105.089 (31.969)	81.362 (1.496)
4 (sector Santa Clara)	65.804 (1.949)	58.997 (256)	92.697 (430)	41.920 (3.046)	109.792 (6.255)
5 (sector Punucapa)	52.039 (2.642)	51.435 (2.824)	94.179 (1.702)	59.268 (4.454)	100.698 (11.111)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	156.069 (23.378)	108.666 (53.391)	79.760 (4.820)	93.154 (1.758)	118.331 (6.790)
7 (río Cayumapu)	66.307 (6.141)	64.629 (1.551)	84.967 (1.659)	49.518 (1.924)	100.262 (2.550)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	64.638 (23.788)	39.052 (2.052)	51.783 (467)	59.673 (17.747)	57.768 (1.730)

estaciones	Hierro ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	217.230 (1.949)	107.703 (90.143)	36.335 (14.229)	191.509 (30.337)
2 (sector Rucaco)	188.569 (75.198)	150.692 (95.744)	30.537 (2.173)	172.767 (59.165)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	159.713 (180)	210.461 (17.472)	65.609 (3.399)	182.179 (116)
4 (sector Santa Clara)	142.727 (31.712)	85.793 (4.742)	34.912 (16.537)	150.784 (11.148)
5 (sector Punucapa)	81.509 (9.702)	107.298 (812)	18.560 (2.754)	148.614 (7.671)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	203.717 (11.951)	126.825 (45.570)	38.051 (420)	148.384 (483)
7 (río Cayumapu)	78.344 (1.130)	98.329 (7.544)	22.248 (460)	127.270 (8.564)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	40.706 (3.583)	155.772 (55.730)	22.246 (140)	46.198 (5.254)

estaciones	Hierro ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	84.644 (11.501)	65.996 (1.239)	237.975 (77.095)	76.028 (4.465)
2 (sector Rucaco)	259.055 (215.105)	69.490 (208)	260.660 (17.758)	73.176 (2.711)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	133.470 (58.310)	83.073 (3.243)	308.903 (24.849)	71.976 (3.996)
4 (sector Santa Clara)	102.422 (6.076)	133.055 (32.121)	167.752 (6.142)	80.357 (13.776)
5 (sector Punucapa)	48.249 (74.765)	133.052 (32.740)	121.162 (15.407)	95.550 (10.562)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	121.467 (12.979)	188.729 (28.595)	133.688 (740)	125.985 (31.830)
7 (río Cayumapu)	53.096 (17.878)	113.965 (2.263)	114.138 (32.849)	91.983 (3.316)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	58.004 (6.453)	52.758 (3.284)	75.752 (13.351)	46.293 (2.326)

**Tabla 4.1.1.32.** Concentración de Aluminio particulado en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Aluminio ( $\mu\text{g/g}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	84.230 (8.752)	59.507 (1.528)	116.150 (4.446)	98.838 (117.723)	88.195 (16.044)
2 (sector Rucaco)	75.520 (5.500)	61.246 (1.498)	124.234 (1.5907)	32.439 (30.039)	93.200 (8.873)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	105.237 (43)	65.495 (6.528)	101.954 (26.672)	90.473 (58.106)	181.520 (87.347)
4 (sector Santa Clara)	54.370 (3.537)	59.584 (1.738)	100.934 (1.276)	115.402 (44.186)	94.509 (14.249)
5 (sector Punucapa)	47.656 (3.301)	61.979 (1.465)	98.845 (368)	116.558 (86.078)	59.790 (3.255)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	88.029 (23.562)	71.654 (13.682)	111.112 (10.073)	28.524 (19.417)	72.417 (7.038)
7 (río Cayumapu)	56.208 (7.884)	49.938 (3.371)	126.119 (3.710)	19.123 (4.077)	77.851 (3.914)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	83.408 (11.219)	48.114 (4.984)	81.481 (564)	70.354 (8.005)	60.112 (4.783)



estaciones	Aluminio ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	170.827 (133.591)	17.866 (365)	414.367 (415.441)	15.338 (17.073)
2 (sector Rucaco)	115.186 (36.788)	15.148 (9.911)	36.530 (8.051)	17.749 (1.887)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	104.452 (4.112)	30.311 (6.486)	53.488 (19.800)	18.866 (4.251)
4 (sector Santa Clara)	72.443 (38.290)	60.026 (2.392)	47.606 (26.901)	38.441 (9.823)
5 (sector Punucapa)	32.617 (5.087)	54.027 (7.878)	17.332 (3.527)	38.872 (6.728)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	40.338 (13.483)	736 (48)	79.069 (52.597)	38.768 (6.343)
7 (río Cayumapu)	34.744 (4.054)	1.068 (122)	67.754 (24.192)	58.188 (1.888)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	44.179 (3.152)	3.540 (1.305)	155.771 (167.433)	41.562 (4.713)

estaciones	Aluminio ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	19.349 (9.731)	77.440 (4.472)	121.257 (10.594)	61.537 (9.941)
2 (sector Rucaco)	25.628 (29.275)	50.370 (7.057)	129.910 (38.702)	57.555 (18.784)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	13.918 (17.247)	65.786 (13.236)	137.593 (16.634)	79.197 (4.968)
4 (sector Santa Clara)	14.114 (2.981)	142.814 (132.002)	114.176 (32.652)	21.538
5 (sector Punucapa)	26.282 (1.709)	207.217 (20.427)	81.903 (20.115)	81.815 (20.458)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	34.320 (9.282)	93.313 (9.320)	87.267 (27.050)	83.647 (8.124)
7 (río Cayumapu)	125.167 (35.789)	147.096 (12.041)	311.306 (282.188)	66.168 (10.545)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	13.844 (7.562)	131.288 (109.799)	242.780	52.633 (7.879)

**Tabla 4.1.1.33.** Concentración de Manganeso particulado en aguas superficiales del sector límnico, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Manganeso ( $\mu\text{g/g}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>					
1 (sector Ciruelos)	8.054 (447)	1.045 (38)	613 (27)	6.657 (72)	2.603 (110)
2 (sector Rucaco)	7.665 (1.239)	1.005 (48)	1.712 (1.413)	5.294 (1.247)	2.392 (138)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	11.685 (109)	2.804 (1.044)	1.942 (119)	8.858 (207)	2.965 (219)
4 (sector Santa Clara)	5.982 (145)	2.519 (171)	1.888 (25)	4.488 (568)	3.241 (89)
5 (sector Punucapa)	3.797 (333)	1.153 (97)	1.570 (24)	5.220 (856)	3.071 (195)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	7.331 (1.792)	2.196 (1.235)	860 (465)	3.544 (328)	4.279 (152)
7 (río Cayumapu)	3.182 (386)	1.505 (168)	634 (30)	602 (47)	1.695 (77)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	3.673 (625)	817 (23)	834 (27)	4.825 (1.508)	1.156 (77)

estaciones	Manganeso ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	5.912 (402)	1.045 (929)	4.913 (2.056)	2.324 (68)
2 (sector Rucaco)	1.853 (1)	1.061 (632)	3.062 (336)	2.737 (302)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	15.390 (2.636)	3.308 (931)	19.506 (4.360)	2.078 (67)
4 (sector Santa Clara)	10.264 (2.384)	2.569 (238)	8.127 (3.625)	1.470 (283)
5 (sector Punucapa)	2.262 (279)	1.444 (19)	3.262 (949)	1.553 (254)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	4.795 (274)	2.952 (890)	4.742 (184)	3.286 (87)
7 (río Cayumapu)	2.244 (141)	2.647 (208)	4.605 (184)	1.067 (64)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	4.520 (255)	2.732 (927)	4.090 (11)	971 (69)

estaciones	Manganeso ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	3.474 (333)	4.223 (111)	10.146 (4.822)	3.080 (181)
2 (sector Rucaco)	9.346 (8.562)	3.334 (121)	8.898 (7.758)	2.983 (44)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	9.820 (3.964)	6.024 (972)	8.846 (1.318)	3.176 (213)
4 (sector Santa Clara)	6.998 (1.684)	4.642 (1.349)	10.408 (674)	2.740 (329)
5 (sector Punucapa)	5.982 (1.494)	3.834 (1.078)	3.721 (460)	2.398 (227)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	4.684 (594)	7.252 (1.918)	4.578 (393)	4.454 (1.006)
7 (río Cayumapu)	1.892 (577)	3.109 (298)	2.537 (422)	1.633 (39)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	7.518 (1.337)	1.689 (51)	4.013 (490)	1.087 (31)

**Tabla 4.1.1.34.** Concentración de Cobre particulado en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Cobre ( $\mu\text{g/g}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	148 (10)	62 (9)	88 (8)	154 (67)	90 (8)
2 (sector Rucaco)	157 (41)	55 (2)	93 (6)	133 (7)	98 (11)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	238 (26)	45 (5)	45 (5)	188 (93)	124 (58)
4 (sector Santa Clara)	138 (45)	48 (4)	63 (1)	95 (22)	159 (3)
5 (sector Punucapa)	111 (32)	42 (4)	43 (2)	258 (75)	104 (23)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	157 (84)	51 (11)	48 (3)	101 (3)	377 (205)
7 (río Cayumapu)	103 (18)	33 (2)	44 (2)	86 (17)	77 (6)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	192 (31)	41 (1)	38 (0)	224 (0)	87 (27)

estaciones	Cobre ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	204 (119)	39 (29)	95 (90)	157 (32)
2 (sector Rucaco)	124 (43)	60 (11)	133 (131)	170 (5)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	72 (3)	110 (18)	127 (34)	158 (26)
4 (sector Santa Clara)	58 (20)	77 (9)	35 (27)	107 (17)
5 (sector Punucapa)	67 (11)	102 (11)	85 (5)	88 (1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	35 (12)	77 (45)	57 (9)	106 (24)
7 (río Cayumapu)	20 (3)	95 (4)	34 (9)	87 (6)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	48 (7)	235 (100)	128 (55)	132 (5)

estaciones	Cobre ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	51,8 (8,0)	70,3 (2,8)	163,5 (52,5)	93,8 (5,8)
2 (sector Rucaco)	169,1 (137,8)	113,4 (8,6)	303,4 (296,9)	79,6 (1,1)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	56,5 (35,3)	92,4 (2,6)	129,3 (10,6)	92,7 (1,6)
4 (sector Santa Clara)	131,7 (87,1)	63,3 (10,9)	122,8 (19,3)	100,8 (14,6)
5 (sector Punucapa)	86,9 (8,9)	100,1 (11,5)	143,0 (9,1)	118,4 (0,8)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	45,0 (7,9)	74,9 (5,9)	67,6 (15,2)	95,3 (21,5)
7 (río Cayumapu)	87,9 (92,2)	61,3 (0,9)	97,1 (5,0)	65,5 (3,5)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	*	58,5 (7,9)	432,6 (65,6)	66,0 (5,2)



**Tabla 4.1.1.35.** Concentración de Zinc particulado en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Zinc ( $\mu\text{g/g}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	211 (41)	234 (67)	196 (16)	1.563 (309)	161 (11)
2 (sector Rucaco)	284 (0,4)	142 (10)	213 (11)	1.390 (239)	209 (47)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	646 (42)	87 (17)	213 (17)	1.243 (0,4)	238 (55)
4 (sector Santa Clara)	189 (67)	103 (24)	133 (14)	1.148 (287)	361 (16)
5 (sector Punucapa)	107 (23)	172 (164)	118 (0)	1.206 (75)	384 (133)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	304 (67)	148 (31)	119 (35)	1.084 (507)	272 (36)
7 (río Cayumapu)	65 (5)	150 (55)	136 (11)	1.125 (450)	244 (26)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	704 (31)	82 (21)	127 (22)	2.028 (304)	99 (4)

estaciones	Zinc ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	604 (97)	171 (6)	1.018 (17)	986 (196)
2 (sector Rucaco)	429 (296)	193 (10)	543 (57)	868 (173)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	240 (56)	279 (46)	1.109 (142)	575 (86)
4 (sector Santa Clara)	518 (226)	129 (37)	904 (472)	331 (288)
5 (sector Punucapa)	216 (203)	213 (27)	349 (89)	198 (23)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	325 (209)	216 (50)	319 (65)	77 (11)
7 (río Cayumapu)	366 (189)	179 (8)	435 (35)	319 (43)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	441 (345)	325 (314)	797 (238)	298 (185)

estaciones	Zinc ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	737 (647)	*	1.467 (88)	216 (44)
2 (sector Rucaco)	1.157 (630)	117 (1)	2.622 (1.832)	247 (48)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	722 (227)	*	1.050 (204)	302 (37)
4 (sector Santa Clara)	1.832 (1.357)	1.164 (263)	5.108 (1.673)	269 (152)
5 (sector Punucapa)	579 (322)	2.241 (454)	938 (317)	549 (88)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	151 (60)	*	669 (541)	396 (232)
7 (río Cayumapu)	346 (180)	133 (19)	326 (326)	278 (54)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	367 (348)	707 (36)	*	394 (220)

**Tabla 4.1.1.36.** Concentración de Plomo particulado en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal superficiales, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Plomo ( $\mu\text{g/g}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	18 (2,4)	12 (0,2)	18 (0,3)	15 (1,4)	12 (0,6)
2 (sector Rucaco)	20 (3,2)	12 (0,9)	21 (0,3)	15 (1,4)	13 (1,6)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	24 (1,7)	10 (0,3)	14 (1,4)	60 (56)	13 (0,9)
4 (sector Santa Clara)	10 (1,6)	11 (0,5)	18 (1,1)	12 (1,7)	19 (0,8)
5 (sector Punucapa)	11 (1,0)	18 (10)	16 (0,0)	17 (6,2)	20 (4,7)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	17 (6,1)	47 (37)	20 (0,1)	18 (0,2)	17 (0,9)
7 (río Cayumapu)	11 (3,6)	15 (2,4)	17 (0,7)	12 (5,5)	13 (0,5)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	28 (20,0)	9 (0,5)	14 (0,7)	21 (3,8)	16 (4,4)

estaciones	Plomo ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces</b>				
<b>(sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	91 (64)	6 (3)	59 (40)	128 (1)
2 (sector Rucaco)	43 (19)	7 (2)	75 (68)	39 (11)
<b>Eje central del río Cruces</b>				
<b>(área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	20 (10)	78 (46)	78 (1)	39 (3)
4 (sector Santa Clara)	19 (9)	18 (3)	49 (5)	45 (4)
5 (sector Punucapa)	18 (3)	41 (9)	37 (15)	35 (1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>				
<b>(área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	27 (25)	14 (1)	35 (3)	26 (1)
7 (río Cayumapu)	7 (2)	19 (2)	81 (25)	25 (4)
<b>Fuera del humedal del río</b>				
<b>Cruces y ríos tributarios</b>				
<b>(área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	10 (9)	34 (33)	58 (0)	44 (11)

estaciones	Plomo ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	16 (2,9)	10 (0,6)	70 (29)	27 (11)
2 (sector Rucaco)	41 (21,9)	14 (0,4)	80 (78)	19 (6)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	15 (4,6)	13 (0,8)	49 (4)	23 (8)
4 (sector Santa Clara)	68 (59,4)	49 (45,9)	40 (6)	40 (7)
5 (sector Punucapa)	18 (5,5)	29 (4,8)	34 (7)	27 (1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	14 (0,7)	23 (0,6)	19 (6)	31 (8)
7 (río Cayumapu)	13 (4,0)	14 (2,0)	21 (2)	18 (1)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	60 (31,2)	18 (2,5)	26 (2)	20 (4)

**Tabla 4.1.1.37.** Concentración de Cadmio particulado en aguas superficiales del sector límnico, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis, \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	Cadmio ( $\mu\text{g/g}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>					
1 (sector Ciruelos)	*	0,24 (0,14)	0,21 (0,01)	0,44 (0,02)	0,38 (0,02)
2 (sector Rucaco)	*	0,15 (0,05)	0,28 (0,03)	0,47 (0,01)	0,39 (0,12)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	*	0,13 (0,02)	*	0,71 (0,07)	0,48 (0,12)
4 (sector Santa Clara)	*	0,17 (0,12)	0,17 (0,01)	0,45 (0,06)	0,92 (0,00)
5 (sector Punucapa)	*	0,09	0,12 (0,01)	0,7 (0,02)	1,17 (0,50)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	*	0,13	0,18 (0,05)	2,56 (3,2)	0,65 (0,02)
7 (río Cayumapu)	*	0,02	0,14 (0,01)	0,21 (0,10)	0,56 (0,06)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	*	0,05 (0,00)	0,10 (0,01)	0,82 (0,13)	0,19 (0,01)

estaciones	Cadmio ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,91 (0,08)	0,13 (0,12)	*	0,31 (0,06)
2 (sector Rucaco)	0,48 (0,35)	0,30 (0,33)	0,09 (*)	0,39 (0,21)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,40 (0,09)	0,27 (0,09)	*	0,85 (0,06)
4 (sector Santa Clara)	0,33 (0,07)	0,20 (0,00)	*	0,29 (0,07)
5 (sector Punucapa)	0,28 (0,02)	0,19 (0,03)	0,18 (*)	0,45 (0,02)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,58 (0,27)	0,20 (0,03)	0,23 (0,08)	0,52 (0,00)
7 (río Cayumapu)	0,07 (0,05)	0,21 (0,00)	0,10 (*)	0,47 (0,07)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	*	0,52 (0,22)	*	0,29 (0,01)



estaciones	Cadmio ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,90 (0,26)	0,37	2,73 (2,08)	*
2 (sector Rucaco)	1,30 (0,91)	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,92 (0,32)	1,02 (0,08)	*	*
4 (sector Santa Clara)	0,89 (0,41)	0,18 (0,02)	1,82 (1,03)	*
5 (sector Punucapa)	0,70 (0,51)	*	0,83 (0,34)	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,53 (0,12)	4,49 (0,15)	0,74 (0,20)	*
7 (río Cayumapu)	0,30 (0,13)	*	0,75 (0,26)	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	2,48 (0,22)	*	1,06 (0,19)	*

**Tabla 4.1.1.38.** Concentración de Arsénico particulado en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	Arsénico ( $\mu\text{g/g}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	*	18 (0,2)	18 (0,7)	*	*
2 (sector Rucaco)	*	16 (0,8)	18 (0,2)	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	16 (0,0)	20 (0,5)	*	*
5 (sector Punucapa)	*	30 (0,2)	23 (2,5)	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	*	*	15 (1,2)	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	*	18 (0,0)	20 (0,7)	*	*

estaciones	Arsénico ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	*	*	*	*

estaciones	Arsénico ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	*	*	*	*

**Tabla 4.1.1.39.** Concentración de Mercurio particulado en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	Mercurio ( $\mu\text{g/g}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	*	0,06 (0,0)	0,10 (0,0)	*	1,18 (0,2)
2 (sector Rucaco)	*	0,07 (0,0)	0,08 (0,0)	*	0,17 (0,2)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*	0,32 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	*	0,05 (0,0)	0,05 (0,0)	*	1,05 (0,2)
5 (sector Punucapa)	*	*	0,08 (0,0)	*	0,61 (0,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	*	*	0,13 (0,0)	*	0,65 (0,1)
7 (río Cayumapu)	*	*	0,12 (0,0)	*	0,56 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	*	*	0,02 (0,0)	*	0,24 (0,0)

estaciones	Mercurio ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,67	0,19 (0,02)	0,51	0,18 (0,02)
2 (sector Rucaco)	0,29 (0,10)	0,67 (0,70)	0,29 (0,04)	0,17 (0,01)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,75 (0,07)	0,24 (0,12)	0,14 (0,01)	0,25 (0,01)
4 (sector Santa Clara)	*	0,18 (0,00)	0,01	0,45 (0,34)
5 (sector Punucapa)	0,15 (0,01)	0,10 (0,11)	0,23 (0,01)	0,27 (0,09)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	*	0,20 (0,04)	0,38 (0,01)	0,23 (0,03)
7 (río Cayumapu)	*	0,19 (0,00)	0,36 (0,01)	0,17 (0,02)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	*	0,31 (0,09)	0,53 (0,03)	*

estaciones	Mercurio ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,54 (0,02)	5,63 (1,65)	1,42 (0,05)	0,31 (0,01)
2 (sector Rucaco)	0,83 (0,06)	1,28 (0,40)	0,86 (0,15)	0,53 (0,31)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	2,00 (1,56)	2,34 (1,41)	0,35 (0,23)	0,35 (0,02)
4 (sector Santa Clara)	0,57 (0,18)	1,97 (1,69)	0,30 (0,09)	0,54 (0,59)
5 (sector Punucapa)	1,37 (0,50)	3,83 (2,59)	0,24 (0,02)	0,50 (0,10)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,52 (0,05)	4,12 (0,83)	0,32 (0,08)	0,55 (0,21)
7 (río Cayumapu)	0,41 (0,08)	3,76 (0,70)	0,28 (0,18)	0,34 (0,02)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	1,20 (0,72)	2,40 (1,49)	0,29 (0,12)	0,80 (0,26)

**Tabla 4.1.1.40.** Concentración de Ácidos grasos en agua superficiales del sector límnic, eje central, tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Ácidos grasos ( $\mu\text{g/L}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	7,4 (0,2)	0,8 (0,1)	0,3 (0,0)	1,2 (0,0)	0,3 (0,1)
2 (sector Rucaco)	29,8 (1,8)	1,8 (0,5)	0,3 (0,1)	1,0 (0,0)	0,2 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	17,0 (1,5)	1,4 (0,5)	0,3 (0,1)	0,8 (0,1)	0,2 (0,1)
4 (sector Santa Clara)	15,7 (2,6)	0,9 (0,0)	0,3 (0,0)	0,6 (0,1)	0,1 (0,0)
5 (sector Punucapa)	23,9 (2,9)	0,8 (0,1)	0,6 (0,2)	0,9 (0,1)	0,2 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	4,0 (0,9)	1,2 (0,2)	0,2 (0,0)	0,7 (0,1)	0,2 (0,0)
7 (río Cayumapu)	15,3 (2,2)	0,7 (0,0)	0,2 (0,0)	0,5 (0,0)	0,1 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	9,3 (3,0)	0,8 (0,1)	0,5 (0,1)	0,7 (0,2)	0,1 (0,0)



estaciones	Ácidos grasos (µg/L)			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,8 (0,31)	0,4 (0,07)	0,8 (0,05)	0,7 (0,00)
2 (sector Rucaco)	0,6 (0,09)	0,4 (0,04)	0,6 (0,02)	0,6 (0,01)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,6 (0,05)	0,4 (0,02)	0,6 (0,02)	0,7 (0,15)
4 (sector Santa Clara)	0,7 (0,14)	0,4 (0,03)	0,5 (0,01)	0,5 (0,02)
5 (sector Punucapa)	1,2 (0,12)	0,7 (0,03)	0,5 (0,07)	0,5 (0,01)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,6 (0,07)	0,4 (0,03)	0,6 (0,05)	0,5 (0,01)
7 (río Cayumapu)	0,7 (0,00)	0,4 (0,02)	0,6 (0,02)	0,5 (0,02)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,6 (0,07)	0,4 (0,03)	0,6 (0,05)	0,5 (0,02)

estaciones	Ácidos grasos (µg/L)			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,6 (0,02)	0,7 (0,03)	0,1 (0,01)	0,2 (0,00)
2 (sector Rucaco)	0,6 (0,01)	0,7 (0,00)	0,1 (0,00)	0,3 (0,06)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,7 (0,01)	0,6 (0,02)	0,2 (0,03)	0,2 (0,02)
4 (sector Santa Clara)	0,7 (0,03)	0,6 (0,01)	0,1 (0,01)	0,2 (0,02)
5 (sector Punucapa)	0,8 (0,04)	0,6 (0,00)	0,1 (0,00)	0,2 (0,00)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,7 (0,02)	0,6 (0,01)	0,1 (0,01)	0,2 (0,02)
7 (río Cayumapu)	0,8 (0,00)	0,7 (0,03)	0,1 (0,01)	0,2 (0,01)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,7 (0,00)	0,6 (0,01)	0,1 (0,01)	0,2 (0,00)

**Tabla 4.1.1.41.** Concentración de los compuestos órgano-halogenados adsorbibles (AOX) en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	AOX ( $\mu\text{g/L}$ )				
	2014			2015	
	Abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	6,5 (0,2)	9,7 (3,0)	9,5 (2,2)	7,4 (0,6)	5,9 (0,4)
2 (sector Rucaco)	50,9 (0,9)	14,8 (2,2)	5,4 (0,7)	72,4 (1,7)	10,6 (0,8)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	29,7 (1,9)	12,4 (1,8)	6,9 (1,4)	50,5 (1,2)	10,1 (0,6)
4 (sector Santa Clara)	25,2 (1,2)	13,5 (2,9)	8,7 (1,0)	56,8 (7,4)	10,5 (2,7)
5 (sector Punucapa)	42,1 (2,9)	7,6 (2,3)	11,5 (0,1)	159,8 (4,0)	8,4 (0,3)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	5,6 (0,7)	4,7 (0,2)	17,2 (1,4)	23,1 (4,0)	10,2 (0,4)
7 (río Cayumapu)	25,5 (1,5)	13,3 (4,0)	14,7 (3,3)	118,5 (24,5)	12,2 (2,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	5,2 (1,0)	42,6 (1,4)	6,8 (0,4)	6,4 (1,1)	5,0 (0,7)

estaciones	AOX ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	5,8 (0,48)	6,3 (0,37)	5,3 (0,2)	5,2 (0,2)
2 (sector Rucaco)	72,5 (2,47)	60,4 (0,42)	60,6 (0,7)	16,5 (0,3)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	47,1 (0,14)	42,8 (0,77)	55,8 (0,9)	11,5 (0,2)
4 (sector Santa Clara)	62,1 (5,25)	35,9 (4,02)	30,0 (0,4)	10,8 (0,5)
5 (sector Punucapa)	39,4 (0,02)	32,3 (1,23)	51,6 (4,5)	12,4 (1,2)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	6,7 (0,27)	12,6 (0,91)	10,5 (1,2)	9,2 (0,6)
7 (río Cayumapu)	60,0 (3,83)	22,2 (2,67)	28,3 (3,9)	14,6 (0,4)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	4,2 (0,25)	2,9 (0,16)	5,8 (1,3)	2,4 (0,0)

estaciones	AOX ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	7,0 (0,46)	6,0 (0,63)	7,3 (0,4)	5,3 (0,3)
2 (sector Rucaco)	23,2 (1,26)	15,5 (1,76)	71,8 (0,3)	10,7 (0,1)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	27,0 (1,38)	13,2 (1,87)	54,1 (1,6)	6,9 (0,3)
4 (sector Santa Clara)	18,0 (0,41)	9,9 (1,34)	56,1 (0,2)	6,5 (0,3)
5 (sector Punucapa)	16,3 (0,24)	11,9 (0,69)	45,2 (0,0)	6,8 (0,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	13,7 (1,53)	9,3 (0,97)	6,0 (0,1)	8,7 (0,2)
7 (río Cayumapu)	13,6 (0,13)	11,8 (0,42)	34,9 (0,6)	9,8 (0,5)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	5,3 (0,12)	4,9 (0,49)	4,0 (0,0)	2,0 (0,0)

**Tabla 4.1.1.42.** Concentraciones de Dioxinas en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. SD= sin datos.

estaciones	Dioxinas (ng/L)			
	2014			2015
	abril	mayo	julio	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,0007 (0,0004)	0,0163 (0,0231)	0,0000 (0,0000)	0,0014 (0,0002)
2 (sector Rucaco)	0,0000 (0,0000)	0,0121	0,0005 (0,0006)	0,0003 (0,0004)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,0022 (0,0011)	0,0085 (0,012)	0,0001 (0,0001)	0,0003 (0,0001)
4 (sector Santa Clara)	SD	SD	SD	0,0014 (0,0001)
5 (sector Punucapa)	0,0021 (0,0008)	0,0183 (0,0091)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,0008 (0,0011)	0,0006 (0,0004)	0,0001 (0,0001)	0,0003 (0,0004)
7 (río Cayumapu)	0,0010 (0,0013)	0,0009 (0,0012)	0,0000 (0,0000)	0,0015 (0,0007)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,0000 (0,0000)	0,0008 (0,0006)	0,0013 (0,0002)	0,0000 (0,0000)

estaciones	Dioxinas (ng/L)	
	2016	2017
	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>		
1 (sector Ciruelos)	0,0006 (0,0008)	0,0029 (0,0004)
2 (sector Rucaco)	0,0000 (0,0000)	0,0023 (0,0001)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>		
3 (sector Fuerte San Luis)	0,0003 (0,0004)	0,0010 (0,0003)
4 (sector Santa Clara)	0,0002 (0,0002)	0,0021 (0,0030)
5 (sector Punucapa)	0,0003 (0,0004)	0,0017 (0,0000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>		
6 (río Pichoy)	0,0001 (0,0001)	0,0018 (0,0007)
7 (río Cayumapu)	0,0003 (0,0004)	0,0008 (0,0001)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>		
8 (río Calle Calle)	0,0004 (0,0001)	0,0041 (0,0011)

estaciones	Dioxinas (ng/L)	
	2018	2019
	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>		
1 (sector Ciruelos)	0,0058 (0,0044)	0,0130 (0,0031)
2 (sector Rucaco)	0,0031 (0,0000)	0,0066 (0,0005)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>		
3 (sector Fuerte San Luis)	0,0013 (0,0005)	0,0085 (0,0006)
4 (sector Santa Clara)	0,0021 (0,0003)	0,0030 (0,0001)
5 (sector Punucapa)	0,0032 (0,0006)	0,0053 (0,0037)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>		
6 (río Pichoy)	0,0018 (0,0002)	0,0054 (0,0042)
7 (río Cayumapu)	0,0018 (0,0004)	0,0021 (0,0001)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>		
8 (río Calle Calle)	0,0060 (0,0025)	0,0022 (0,0007)



**Tabla 4.1.1.43.** Concentraciones de Furanos en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. SD= sin datos.

estaciones	Furanos (ng/L)			
	2014			2015
	abril	mayo	julio	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,0004 (0,0000)	0,0221 (0,025)	0,0004 (0,0002)	0,0011 (0,0002)
2 (sector Rucaco)	0,0004 (0,0005)	0,0255	0,0002 (0,0002)	0,0000 (0,0000)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,0003 (0,0004)	0,0123 (0,0173)	0,0003 (0,0004)	0,0005 (0,0001)
4 (sector Santa Clara)	SD	SD	SD	0,0016 (0,0005)
5 (sector Punucapa)	0,0000 (0,0000)	0,0291 (0,0148)	0,0005 (0,0007)	0,0011 (0,0016)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,0003 (0,0004)	0,0002 (0,0003)	0,0003 (0,0000)	0,0003 (0,0001)
7 (río Cayumapu)	0,0000 (0,0000)	0,0006 (0,0000)	0,0003 (0,0000)	0,0011 (0,0001)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,0000 (0,0000)	0,0002 (0,0003)	0,0005 (0,0007)	0,0000 (0,0000)

estaciones	Furanos (ng/L)	
	2016	2017
	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>		
1 (sector Ciruelos)	0,0003 (0,0004)	0,0041 (0,0023)
2 (sector Rucaco)	0,0000 (0,0000)	0,0005 (0,0001)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>		
3 (sector Fuerte San Luis)	0,0003 (0,0001)	0,0002 (0,0070)
4 (sector Santa Clara)	0,0006 (0,0004)	0,0003 (0,0006)
5 (sector Punucapa)	0,0001 (0,0001)	0,0000 (0,0000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>		
6 (río Pichoy)	0,0003 (0,0001)	0,0000 (0,0000)
7 (río Cayumapu)	0,0001 (0,0001)	0,0000 (0,0000)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>		
8 (río Calle Calle)	0,0002 (0,0000)	0,0029 (0,0011)

estaciones	Furanos (ng/L)	
	2018	2019
	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>		
1 (sector Ciruelos)	0,0040 (0,0029)	0,0193 (0,0089)
2 (sector Rucaco)	0,0035 (0,0012)	0,0104 (0,0014)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>		
3 (sector Fuerte San Luis)	0,0001 (0,0001)	0,0156 (0,0032)
4 (sector Santa Clara)	0,0001 (0,0001)	0,0027 (0,0021)
5 (sector Punucapa)	0,0041 (0,0019)	0,0064 (0,0028)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>		
6 (río Pichoy)	0,0003 (0,0002)	0,0068 (0,0013)
7 (río Cayumapu)	0,0001 (0,0002)	0,0015 (0,0004)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>		
8 (río Calle Calle)	0,0062 (0,0046)	0,0030 (0,0000)

**Tabla 4.1.1.44.** Concentraciones de Equivalentes tóxicos en aguas superficiales del sector límnic, eje central y tributarios del humedal del río Cruces (HRC) y en aguas del sector ubicado fuera del humedal, entre los años 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. SD= sin datos.

estaciones	EQTs (ng/L)			
	2014		2015	
	abril	mayo	julio	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,00004 (0,0000)	0,00030 (0,0004)	0,00003 (0,0000)	0,00005 (0,00002)
2 (sector Rucaco)	0,00000 (0,0000)	0,00080	0,00001 (0,0000)	0,00000 (0,00000)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,00003 (0,0000)	0,00015 (0,0002)	0,00003 (0,0000)	0,00009 (0,00007)
4 (sector Santa Clara)	SD	SD	SD	0,00003 (0,00003)
5 (sector Punucapa)	0,00000 (0,0000)	0,00039 (0,0003)	0,00003 (0,0000)	0,00000 (0,00000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,00003 (0,0000)	0,00002 (0,0000)	0,00003 (0,00001)	0,00000 (0,00000)
7 (río Cayumapu)	0,00000 (0,0000)	0,00004 (0,0000)	0,00003 (0,00001)	0,00005 (0,00002)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,00000 (0,0000)	0,00000 (0,0000)	0,00004 (0,00009)	0,00000 (0,00000)

estaciones	EQTs (ng/L)	
	2016	2017
	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>		
1 (sector Ciruelos)	0,00002 (0,0000)	0,00032 (0,00017)
2 (sector Rucaco)	0,00000 (0,0000)	0,00008 (0,00001)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>		
3 (sector Fuerte San Luis)	0,00004 (0,0000)	0,00001 (0,0000)
4 (sector Santa Clara)	0,00004 (0,0001)	0,00001 (0,0000)
5 (sector Punucapa)	0,00001 (0,0000)	0,00001 (0,0000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>		
6 (río Pichoy)	0,00003 (0,0000)	0,00000 (0,0000)
7 (río Cayumapu)	0,00002 (0,0000)	0,00000 (0,0000)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>		
8 (río Calle Calle)	0,00001 (0,0000)	0,00064 (0,0006)

estaciones	EQTs (ng/L)	
	2018	2019
	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>		
1 (sector Ciruelos)	0,00028 (0,00034)	0,00230 (0,00017)
2 (sector Rucaco)	0,00058 (0,00064)	0,00091 (0,00026)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>		
3 (sector Fuerte San Luis)	0,00000 (0,00000)	0,00044 (0,00014)
4 (sector Santa Clara)	0,00002 (0,00001)	0,00002 (0,00002)
5 (sector Punucapa)	0,00072 (0,00014)	0,00051 (0,00044)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>		
6 (río Pichoy)	0,00001 (0,00000)	0,00005 (0,00003)
7 (río Cayumapu)	0,00000 (0,00000)	0,00001 (0,00000)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>		
8 (río Calle Calle)	0,00086 (0,00034)	0,00025 (0,00006)

## 4.1.2. CALIDAD DEL SEDIMENTO

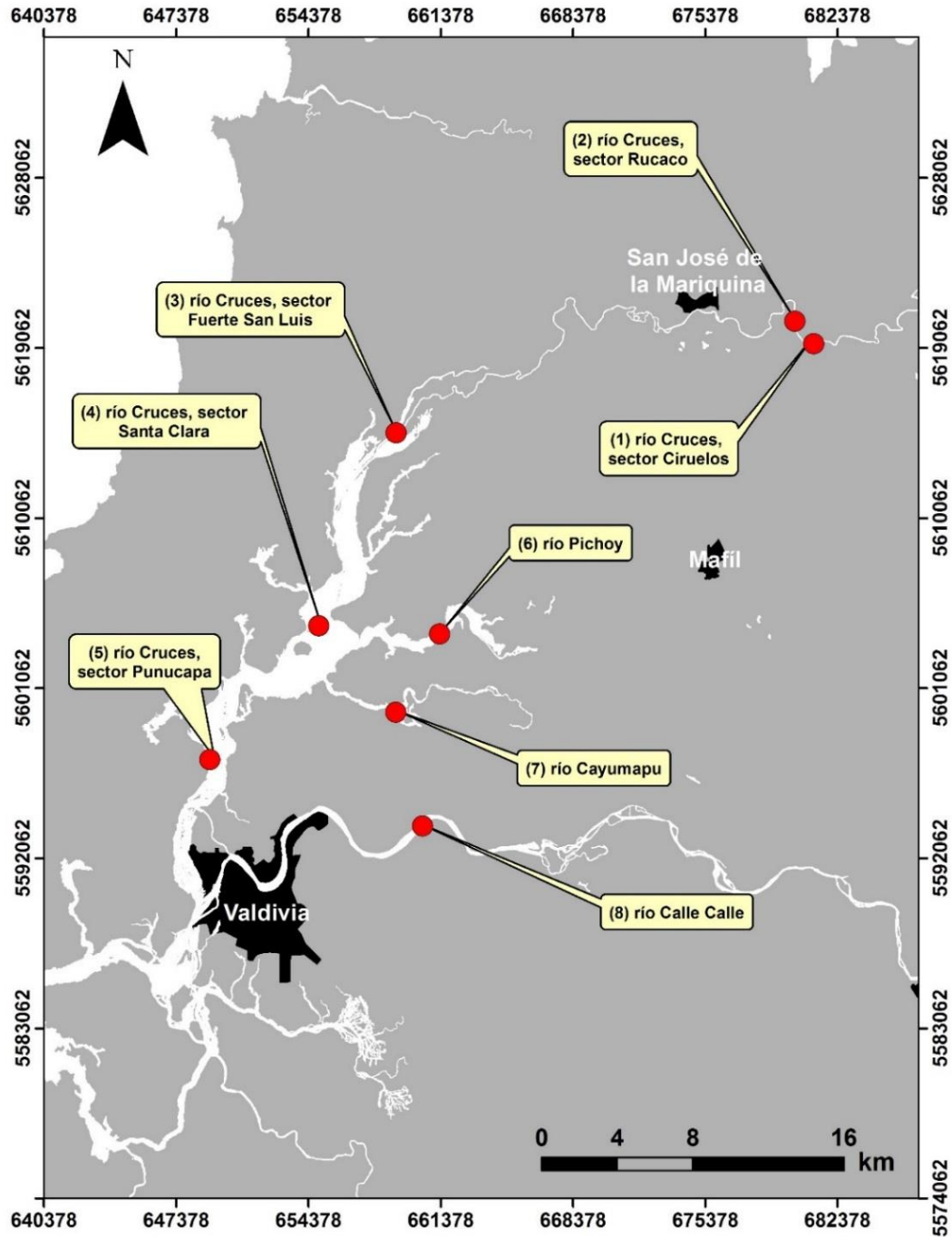
### 4.1.2.1. Objetivos

**Medir y analizar en el sedimento los siguientes parámetros:**

- Textura o porcentajes de grava (partículas >2000 micrones), arena (partículas entre 63 y 2000 micrones), fango (partículas inferiores a 63 micrones) y agregados biogénicos (restos fecales cuyos tamaños son mayores al tamaño de la arena, pero cuyas partículas constituyentes inorgánicas son inferiores a 63 micrones).
- Granulometría de la arena, fracción textural más representativa en los sedimentos del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC).
- Materia orgánica y carbono orgánico total.
- pH y potencial óxido reducción (POR).
- Metales pesados (Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio).
- Ácidos grasos, Ácidos resínicos, compuestos Órgano-Halogenados Adsorbibles (AOX) y Órgano-Halogenados Extraíbles (EOX).
- Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) (17 congéneres incluidos en el Convenio de Estocolmo de 2001).

### 4.1.2.2. Material y métodos

El muestreo estacional de análisis de calidad del sedimento para el quinto año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC, se realizó en el mes abril del 2019, durante el periodo de menor caudal hídrico. Los resultados de este muestreo se comparan con los realizados durante abril del período 2014-2018. Los muestreos se efectuaron en las mismas estaciones seleccionadas para los de calidad del agua superficial del humedal (Fig. 4.1.2.1). En el ANEXO 1 de este Capítulo se indican las fechas en que se realizaron esos muestreos anuales.



**Figura 4.1.2.1.** Ubicación de las estaciones de muestreo (1 a 8) para análisis de calidad del sedimento en el área de estudio.



Las metodologías de obtención de muestras, mediciones *in situ* y análisis de laboratorio para estudios de calidad del sedimento fueron realizadas mediante:

- Muestreo de sedimento: uso de draga PONAR que cubre un área del fondo de 33 x 33 cm, para posteriormente obtener una muestra de sedimento con un cilindro plástico de 10 cm de diámetro y enterrado a 20 cm de profundidad en la muestra de sedimento así recolectada. Los sedimentos obtenidos se colocaron en envolturas de aluminio (*i.e.*, alusa foil) para los análisis de compuestos orgánicos y en bolsas plásticas selladas (tipo Whirl pack®) para los análisis de metales pesados.
- pH y Potencial óxido - reducción: sonda con electrodos para mediciones *in situ* de pH y potencial óxido reducción.
- Análisis de textura: tamizado en húmedo (Anderson *et al.*, 1981) (unidad: %).
- Análisis de granulometría de la arena mediante velocidad de decantación de las partículas (Emery, 1938) y método de momentos (Seward-Thompson & Hails, 1973) (unidad: micrones ( $\mu\text{m}$ )).
- Materia orgánica: calcinación y gravimetría (unidad: %).
- Carbono orgánico total: combustión catalítica (unidad: %).
- Metales pesados: espectroscopia de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES) en espectrómetro Perkin Elmer Mod. Optima 7000 y/o EAA de llama, utilizando un EAA Thermo Mod. ICE-3500 según nivel de concentración (unidad:  $\mu\text{g/g}$ ). El Mercurio se analizó con un Analizador Directo de Mercurio (MDA-80, Milestone) por descomposición térmica, conversión catalítica y amalgamación (unidad:  $\mu\text{g/g}$ ).
- Ácidos grasos: cromatografía gaseosa con detección de masa (unidad:  $\mu\text{g/g}$ ).
- Ácidos resínicos: cromatografía gaseosa con detección de masa (unidad:  $\mu\text{g/g}$ ).
- Compuestos Órgano-Halogenados Adsorbibles (AOX): titulación micro coulombimétrica con adsorción en carbono activado (unidad:  $\mu\text{g/g}$ ).
- Compuestos Órgano-Halogenados Extraíbles (EOX): titulación micro coulombimétrica con extracción en hexano (unidad:  $\mu\text{g/g}$ ).

- Dioxinas y Furanos: Cromatografía gaseosa de alta resolución con detección de masa de alta resolución (HRGC/HRMS) y preparación automática de muestras (FMS) utilizando Extracción Presurizada Líquida (PLE) (unidad: ng/g).

## **Tratamiento de los datos**

### **Estadística univariada**

Se utilizaron dos aproximaciones para el análisis de la data obtenida:

#### **a) Agrupamiento de estaciones por sectores:**

Se agruparon las ocho estaciones en sectores, acorde sus ubicaciones y condiciones de marea como sigue:

- L = sector límnic del río Cruces; es decir, la parte del río que no es afectada por las mareas. Incluye las estaciones 1 (Ciruelos) y 2 (Rucaco) (Fig. 4.1.1.1).
- EE = eje estuarial y central del río Cruces; es decir, la parte del humedal afectada por mareas. Incluye las estaciones 3 (sector Fuerte San Luis; San Luis de aquí en adelante), 4 (Santa Clara) y 5 (Punucapa) ordenadas de norte a sur (Fig. 4.1.1.1).
- T = ríos tributarios del humedal del río Cruces; es decir, ríos afectados por mareas y que se comunican con el eje central del mismo río. Incluye las estaciones 6 (Pichoy) y 7 (Cayumapu) (Fig. 4.1.1.1).
- F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; área afectada por mareas. Incluye la estación 8 (Calle Calle), considerada como sitio control, ya que se ubica fuera del HRC (Fig. 4.1.1.1).

#### **b) Tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones:**

En este caso se compararon las estaciones por separado y no agrupadas como explicado anteriormente.

La data recopilada durante las campañas del período 2014 - 2019, permite categorizar la variabilidad espacial e inter-anual de los parámetros estudiados. Por lo tanto, sectores y estaciones (aproximaciones a y b, respectivamente), además de años son variables categóricas consideradas como factores fijos en los análisis estadísticos realizados. El Análisis Univariado consideró la aplicación de Análisis de Varianza (ANDEVA), para evaluar la existencia o no de diferencias significativas entre los factores fijos o de interés (ver Sokal & Rohlf, 1994); *i.e.* sectores, estaciones y años. Cuando los valores de cada variable fueron inferiores al límite de detección de la técnica, se usó dicho valor límite como representativo de cada parámetro o variable en análisis.

En general, se consideró aplicar el ANDEVA sobre los datos sin transformar mediante la evaluación de los supuestos de normalidad ejecutando la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Sokal & Rohlf, 1994). Por otra parte, el supuesto de homogeneidad de varianzas u homocedasticidad se evaluó mediante el uso de las Pruebas de Bartlett (Sokal & Rohlf, 1994). La primera se aplica cuando los datos provienen de una distribución normal, pero no es muy robusta a fuertes desviaciones de la normalidad. Cuando no se cumplieron estos supuestos (indicado en cada caso), de igual manera se realizó ANDEVA, debido a que su capacidad de detectar diferencias es mayor que la de una prueba no paramétrica (Sokal & Rohlf, 1994).

Luego de la aplicación del ANDEVA y en aquellos casos en que los factores fijos (sectores y estaciones), evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), se aplicó la prueba *a posteriori* de Tukey para determinar a qué factor fijo podía atribuirse la generación de diferencias entre sus niveles. Todos los procedimientos anteriores se realizaron usando el módulo Generalized Linear Models implementado en el software SIGMA PLOT 11.0.

### **Estadística multivariada y de tendencias**

Para evaluar desde una perspectiva multivariada la variabilidad de los parámetros analizados en los sedimentos del área de estudio, se efectuaron análisis de componentes

principales (ACP) considerando las campañas ejecutadas entre los años 2014 y 2019. El ACP permite reducir el set de variables a un menor número de componentes ortogonales, perdiendo la menor cantidad de información posible (Cayuela, 2011).

Los puntajes obtenidos como resultado del análisis fueron graficados mediante representaciones biplot y clasificados temporal y espacialmente (años y estaciones, respectivamente) determinándose la existencia de diferenciación estadística entre tales reclasificaciones mediante PERMANOVA. Adicionalmente, se evaluó la eventual existencia de tendencias temporales estadísticamente significativas, incorporándose la prueba de Mann & Kendall (Mann 1945, Kendall 1975, Gilbert 1987) de tendencia neta, cuyo propósito es evaluar estadísticamente la existencia de una tendencia monotónica (no necesariamente lineal) ascendente o descendente de las variables de interés a lo largo del tiempo. En atención a los objetivos del análisis, se destacaron aquellos parámetros que mostraron tendencias ascendentes estadísticamente significativas. En estos casos, el análisis fue complementado con representaciones boxplot por campaña de muestreo (2014 a 2019).

Se descartó en el análisis la utilización de Arsénico, Cadmio y Mercurio disueltos (en la mayoría de los casos bajo el límite de detección), además de Ácidos resínicos (nunca detectados con la metodología utilizada). Para Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos, se incluyen solo datos de abril, mes elegido para la recolección de agua para el análisis de estos parámetros.

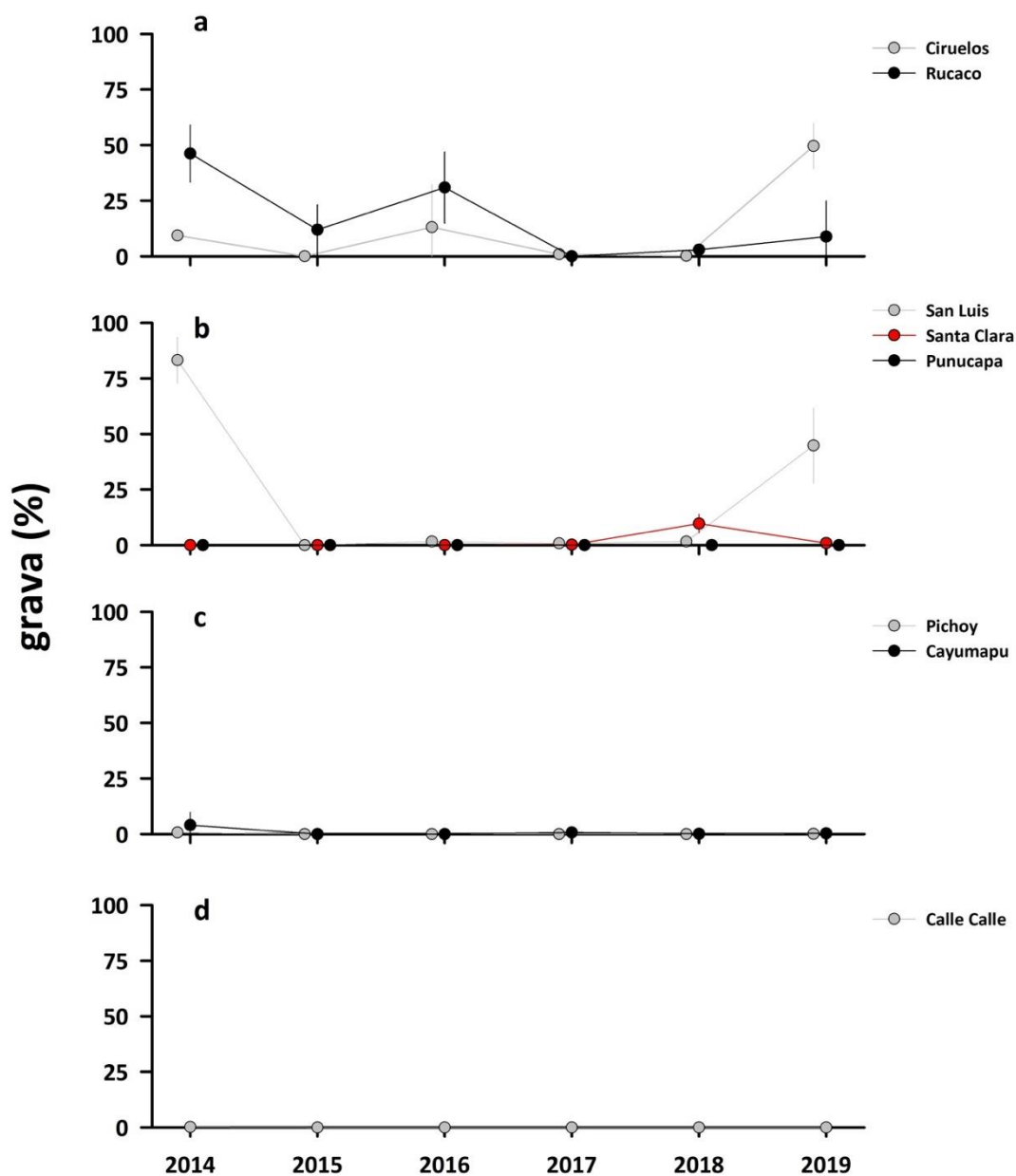
#### **4.1.2.3. Resultados**

##### **4.1.2.3.1. Estadística univariada**

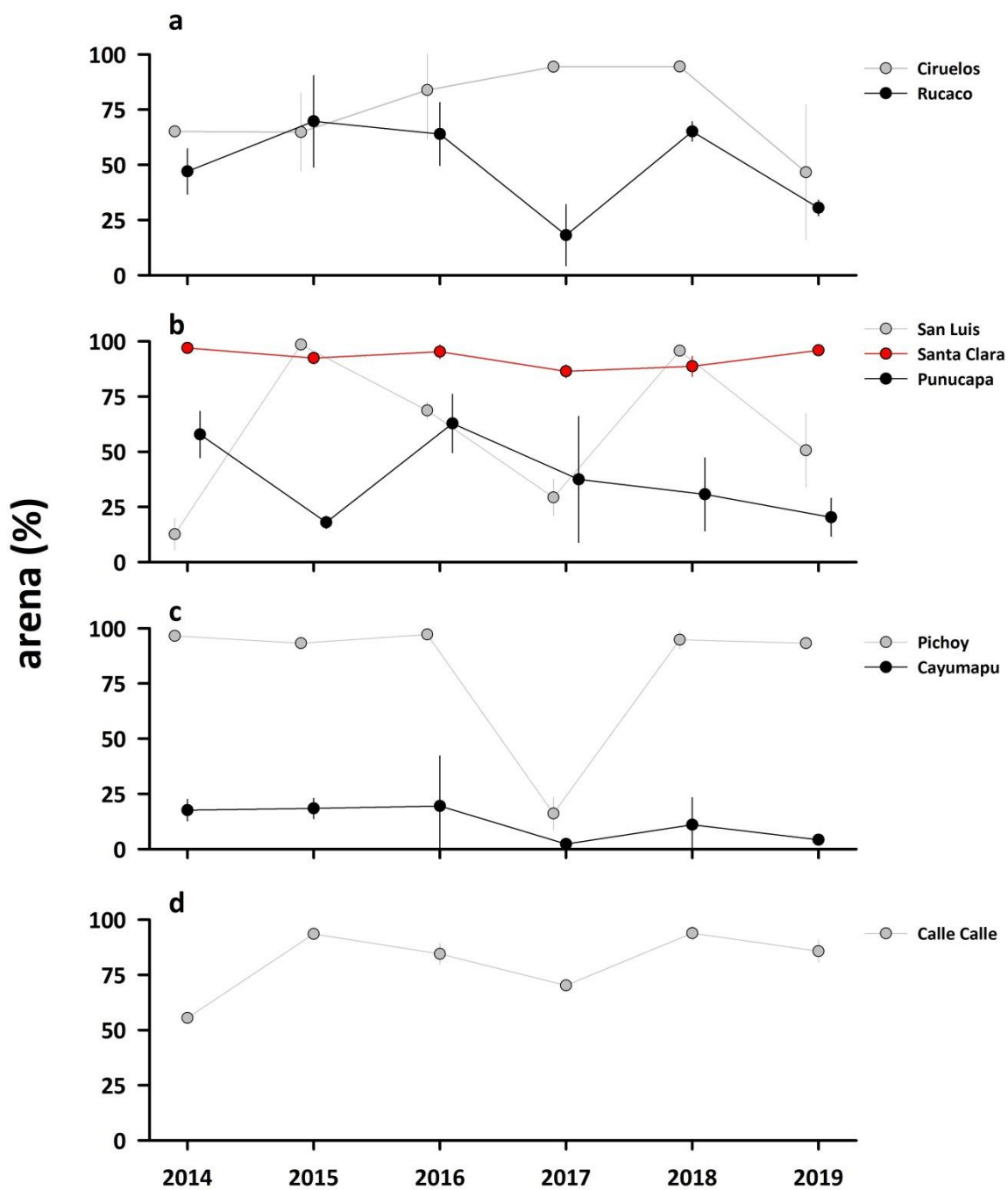
##### **Grava, arena, fango y agregados biogénicos**

Las Tablas 4.1.2.1 a 4.1.2.4 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.2.2 a 4.1.2.5, muestran la variabilidad inter-anual y espacial de las fracciones texturales grava (>2000

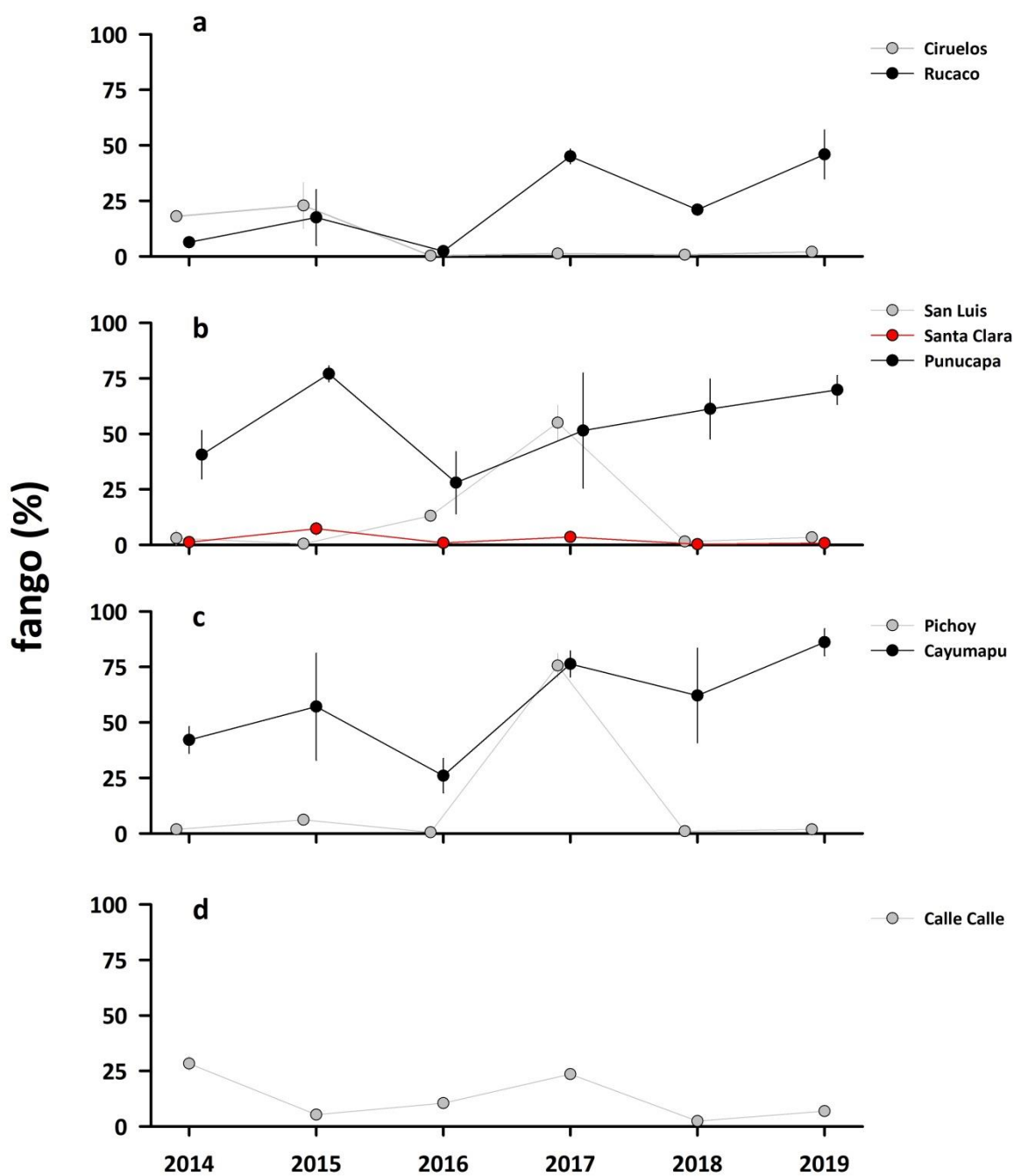
$\mu\text{m}$ ), arena ( $63\text{-}2000\ \mu\text{m}$ ), fango ( $<63\ \mu\text{m}$ ) y agregados biogénicos, en los sedimentos del área de estudio, durante el periodo 2014-2019.



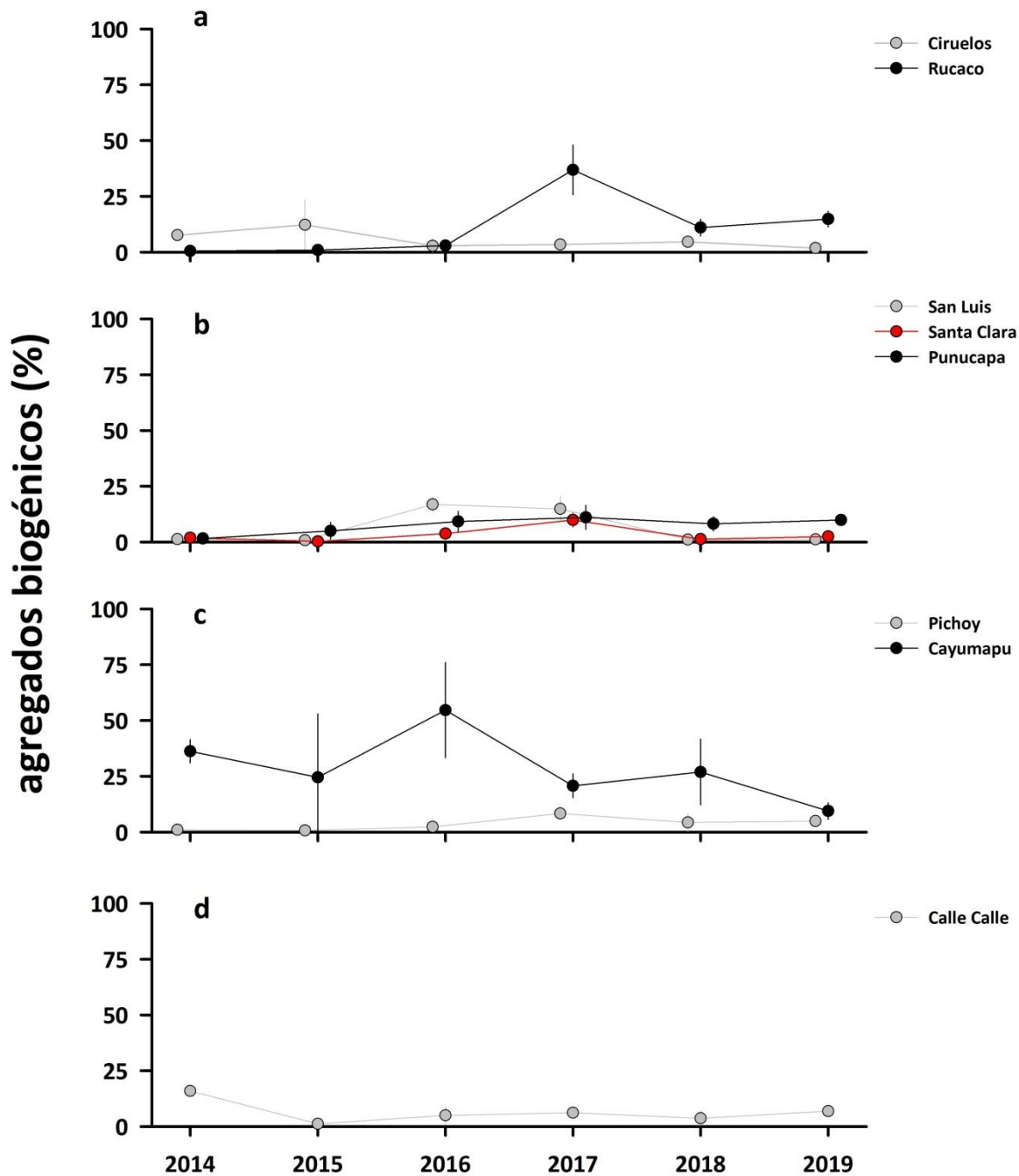
**Figura 4.1.2.2.** Comparación inter-anual de las proporciones de grava (%) en los sedimentos del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.2.3.** Comparación inter-anual de las proporciones de arena (%) en los sedimentos del sector límico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.2.4.** Comparación inter-anual de las proporciones de fango (%) en los sedimentos del sector límico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.2.5.** Comparación inter-anual de las proporciones de agregados biogénicos (%) en los sedimentos del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



### **Análisis estadísticos**

#### ***En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):***

La Tabla 4.1.2.1 muestra que no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) inter-anales en los porcentajes de grava, arena, fango y agregados biogénicos. Tampoco se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) al comparar tales parámetros entre sectores, con la excepción de los porcentajes de grava, los cuales fueron significativamente más altos ( $p < 0,05$ ) en el sector límnic (Tabla 4.1.2.1).

**Tabla 4.1.2.1.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en los porcentajes de las fracciones texturales (grava, arena, fango y agregados biogénicos) de los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Sector (L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios). Los valores de p en negrilla son significativos (<0,05).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
grava (*) (***)	Año (A)	5	25,762	5,152	1,091	0,391	
	Sector (S)	3	51,393	17,131	3,626	<b>0,027</b>	L > T = F; EE=T=F
	Error	15	30,901	2,060	0,436	0,950	
	Total	24	113,396	4,725			
arena (*) (**)	Año (A)	5	25,227	5,045	0,629	0,679	
	Sector (S)	3	38,663	12,888	1,606	0,214	
	Error	15	19,748	1,317	0,164	1,000	
	Total	24	192,571	8,024			
fango (*)	Año (A)	5	40,445	8,089	0,702	0,627	
	Sector (S)	3	22,856	7,619	0,661	0,584	
	Error	15	30,455	2,030	0,176	0,999	
	Total	24	276,586	11,524			
agregados biogénicos (*) (***)	Año (A)	5	8,813	1,763	0,591	0,707	
	Sector (S)	3	14,085	4,695	1,573	0,222	
	Error	15	15,364	1,024	0,343	0,982	
	Total	24	71,610	2,984			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) inter-anales en el porcentaje de grava de los sedimentos. Sin embargo, la estación Rucaco difirió significativamente ( $p < 0,05$ ) con las estaciones Punucapa y Calle Calle (Tabla 4.1.2.2), presentando mayores porcentajes de grava.

Los porcentajes de arena fueron significativamente más bajos ( $p < 0,05$ ) durante el año 2017 vs el año 2016, en Punucapa y Cayumapu, a la vez que los porcentajes de fango fueron significativamente más altos ( $p < 0,05$ ) el año 2017 vs 2016 y 2018 en las mismas estaciones (Punucapa y Cayumapu) (Tabla 4.1.2.2).

No se detectaron diferencias inter-anales significativas ( $p > 0,05$ ) en los porcentajes de agregados biogénicos, pero si espaciales ( $p < 0,05$ ): *i.e.*, la representación porcentual más alta de estos componentes ocurrió en los sedimentos de Cayumapu (Tabla 4.1.2.2).

**Tabla 4.1.2.2.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en los porcentajes de las fracciones texturales (grava, arena, fango y agregados biogénicos) de los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; SL=San Luis; SC=Santa Clara; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu; CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
-----------	--------	----	----	----	---	---------	-----------------

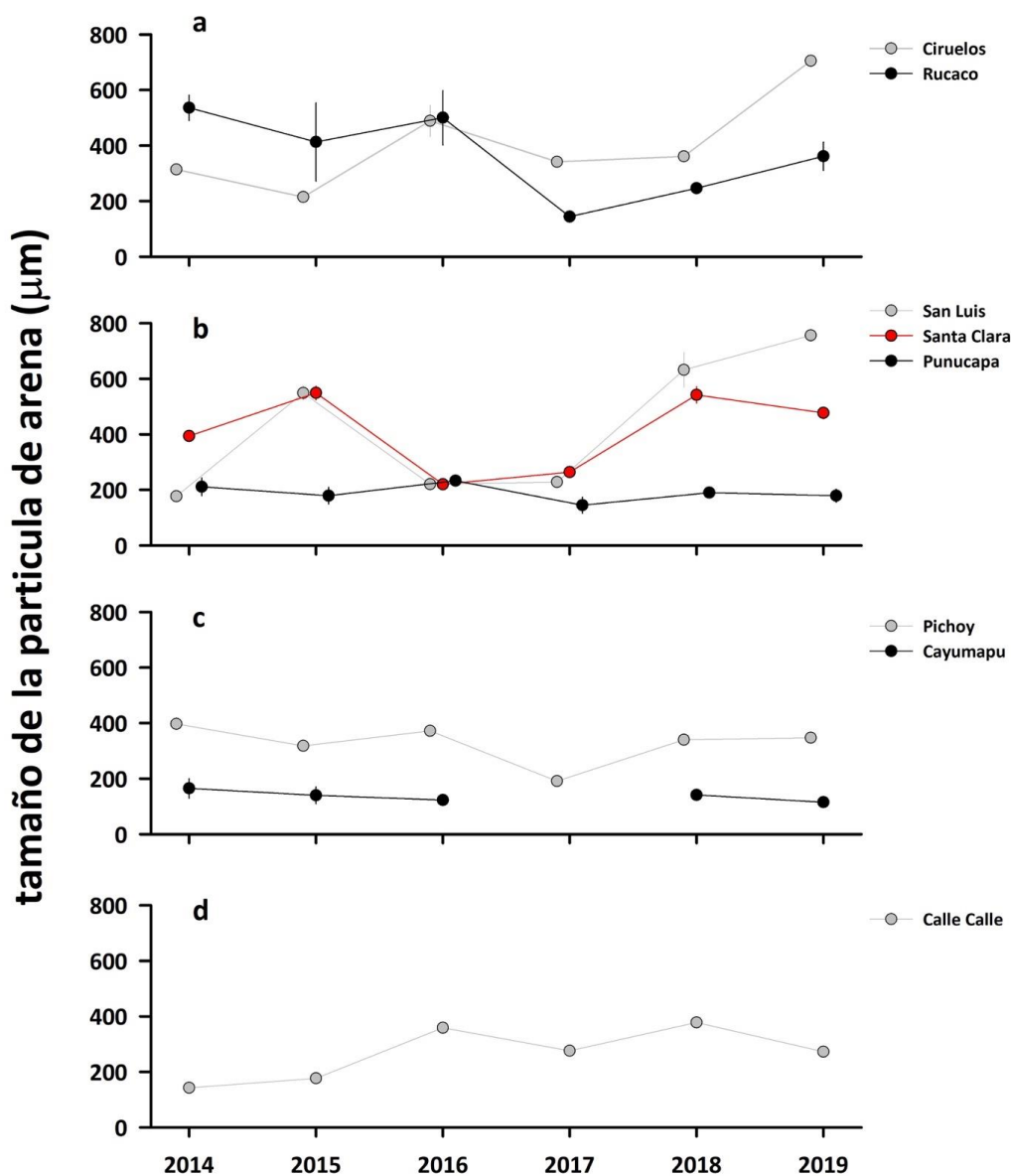
Grava (*)	Año (A)	5	39,606	7,921	2,564	0,054	
	Estación (E)	7	87,566	12,509	4,049	<b>0,002</b>	Ru>Pu=CC; Ru=Ci=SL=SC=Pi=Ca
	Error	35	108,123	3,089			
	Total	47	235,295	5,006			
Arena (*) (**)	Año (A)	5	30,735	6,147	2,982	<b>0,024</b>	2016>2017; 2016=2018=2015=2014=2019
	Estación (E)	7	178,829	25,547	12,392	<b>&lt;0,001</b>	SC=CC=Pi=Ci=Ru=SL>Ca=Pu
	Error	35	72,154	2,062			
	Total	47	281,718	5,994			
Fango (*) (**)	Año (A)	5	48,193	9,639	3,255	<b>0,016</b>	2017>2016=2018; 2017=2015=2014=2019
	Estación (E)	7	226,254	32,322	10,915	<b>&lt;0,001</b>	Ca=Pu>SC=Ci=Pi=SL=CC; Ca=Pu=Ru
	Error	35	103,643	2,961			
	Total	47	378,090	8,044			
Agregados biogénicos (*)	Año (A)	5	13,323	2,665	1,968	0,108	
	Estación (E)	7	53,678	7,668	5,664	<b>&lt;0,001</b>	Ca>Ci=Ru=SL=SC=Pu=Pi=CC
	Error	35	47,381	1,354			
	Total	47	114,381	2,434			

---

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA.

### Tamaño medio de las partículas de arena

La Tabla 4.1.2.5 del ANEXO 2 de este Capítulo y la Figura 4.1.2.6, muestran la variabilidad inter-anual y espacial del tamaño de las partículas de arena en los sedimentos del área de estudio, durante el periodo 2014-2019.



**Figura 4.1.2.6.** Comparación inter-anual del tamaño de las partículas de arena en los sedimentos del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

#### **Análisis estadísticos**

##### ***En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):***

La Tabla 4.1.2.3 muestra que no se encontraron diferencias inter-anales y espaciales significativas ( $p > 0,05$ ) en el tamaño de las partículas de arena.

**Tabla 4.1.2.3.** Resumen de ANDEVA Factorial para evaluar eventuales diferencias en el tamaño de la partícula de arena de los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Sector (L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p
tamaño partícula de arena (*)(***)	Año (A)	5	70,703	14,141	0,223	0,949
	Sector (S)	3	328,696	109,565	1,731	0,187
	Error	15	567,139	37,809	0,597	0,849
	Total	24	1519,240	63,302		

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

No se encontraron diferencias inter-anales y espaciales significativas ( $p > 0,05$ ) en el tamaño de las partículas de arena (Tabla 4.1.2.4).

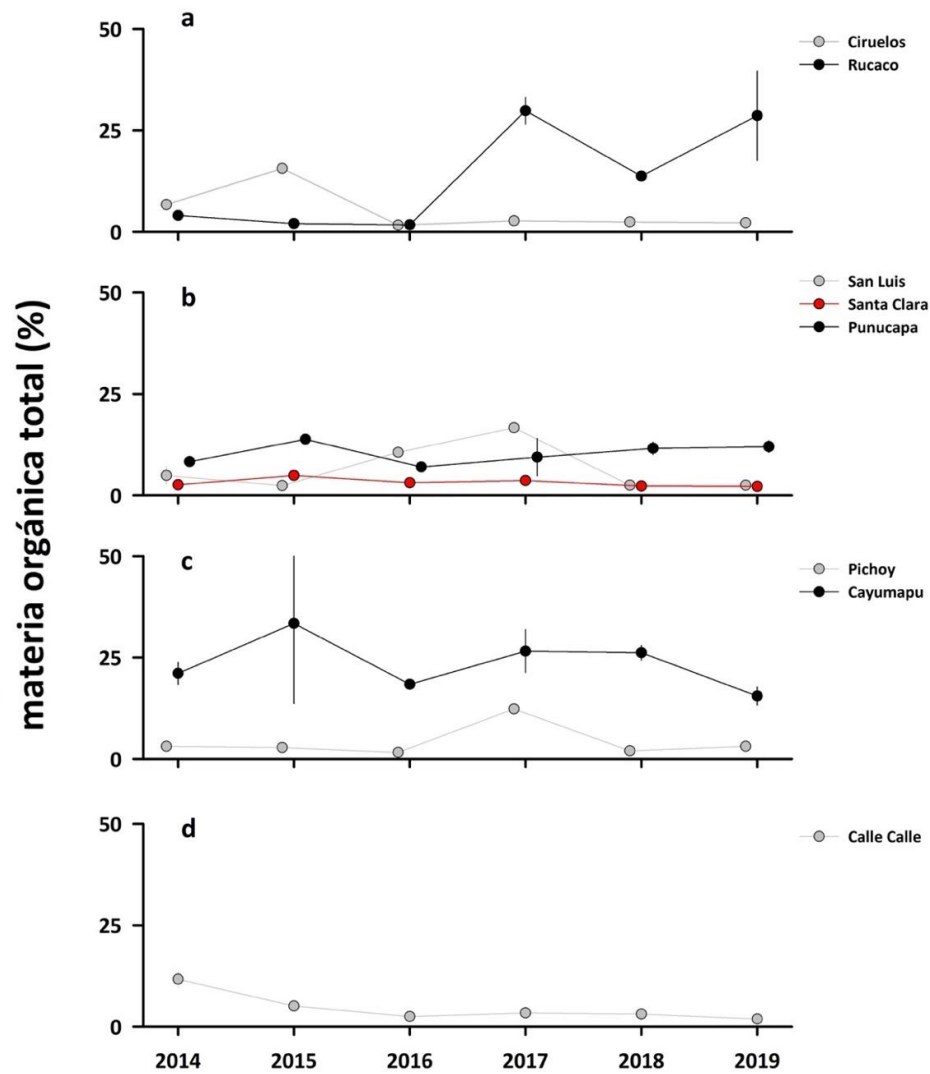
**Tabla 4.1.2.4.** Resumen de ANDEVA Factorial para evaluar eventuales diferencias en el tamaño de la partícula de arena de los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; SL=San Luis; SC=Santa Clara; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu; CC=Calle Calle).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p
Tamaño partícula de arena (**)	Año (A)	5	51,009	10,202	0,210	0,956
	Estación (E)	7	717,897	102,557	2,115	0,068
	Error	35	1697,178	48,491		
	Total	47	2466,084	52,470		

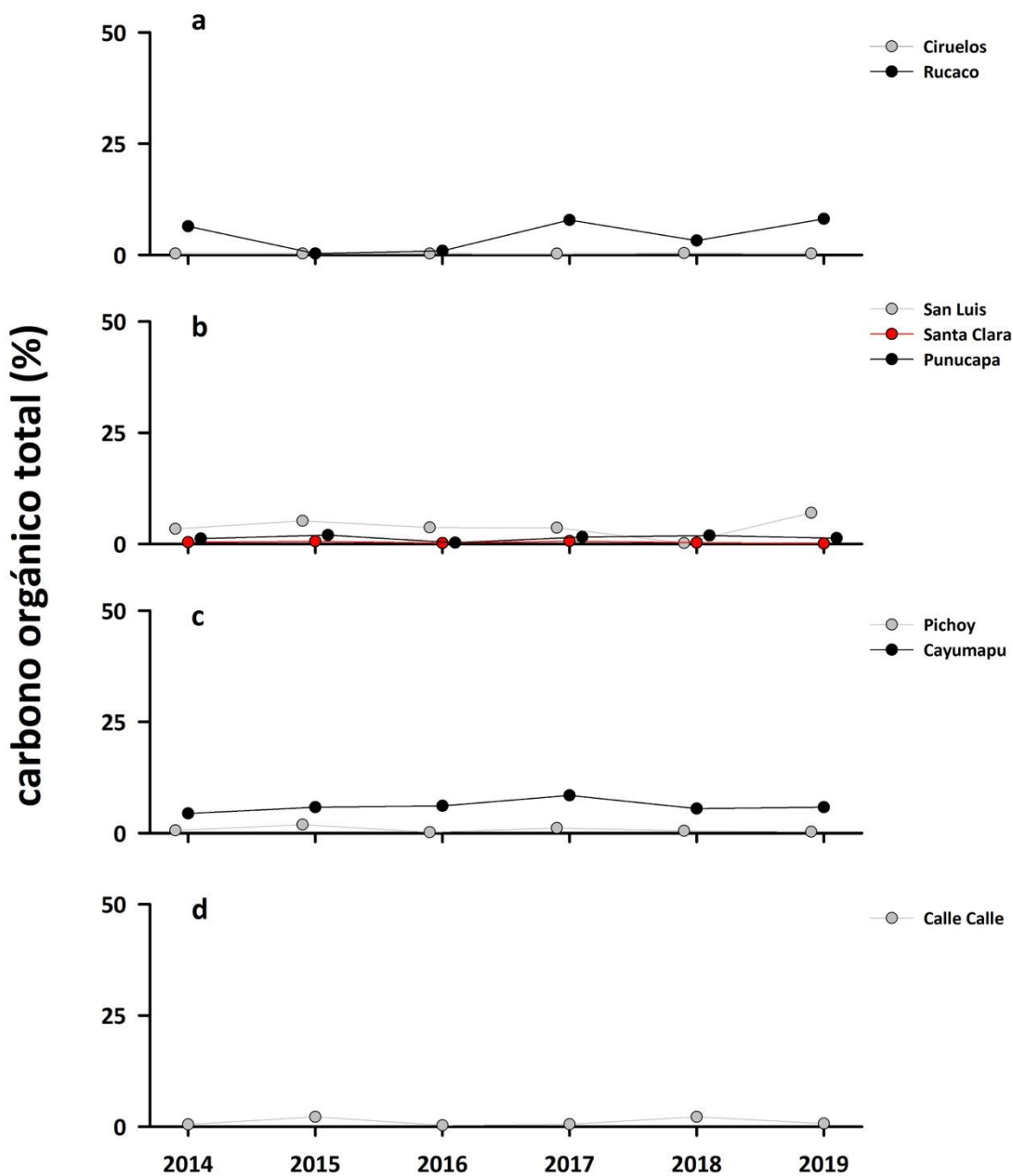
GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA.

**Materia orgánica y carbono orgánico total**

Las Tablas 4.1.2.6 y 4.1.2.7 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.2.7 y 4.1.2.8, muestran la variabilidad inter-anual de la materia orgánica y carbono orgánico total en los sedimentos del área de estudio, durante el periodo 2014-2019.



**Figura 4.1.2.7.** Comparación inter-anual de la proporción de materia orgánica total (%) en los sedimentos del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.2.8.** Comparación inter-anual de la proporción de carbono orgánico total (%) en los sedimentos del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. No se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



## Análisis estadísticos

### *En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):*

La Tabla 4.1.2.5 muestra que los porcentajes de materia orgánica y carbono orgánico total, no presentaron diferencias inter-anales y espaciales significativas ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 4.1.2.5.** Resumen de ANDEVA Factorial para evaluar eventuales diferencias en los porcentajes de materia orgánica y carbono orgánico total en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p
materia orgánica total (*)(**)	Año (A)	5	5,174	1,035	0,416	0,833
	Sector (S)	3	8,965	2,988	1,203	0,330
	Error	15	8,537	0,569	0,229	0,998
	Total	24	59,633	2,485		
carbono orgánico total (*)(***)	Año (A)	5	1,052	0,210	0,216	0,952
	Sector (S)	3	2,232	0,744	0,764	0,525
	Error	15	3,497	0,233	0,239	0,997
	Total	24	23,371	0,974		

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada, (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

### *En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):*

No se detectaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) al comparar la variabilidad inter-anual de los porcentajes de materia orgánica y carbono orgánico total de los sedimentos del área de estudio (Tabla 4.1.2.6). Los porcentajes de materia orgánica total fueron significativamente más altos ( $p < 0,05$ ) en los sedimentos de Cayumapu, a la vez que los de carbono orgánico total en sedimentos de esta misma estación, además de Rucaco y San Luis (Tabla 4.1.2.6).

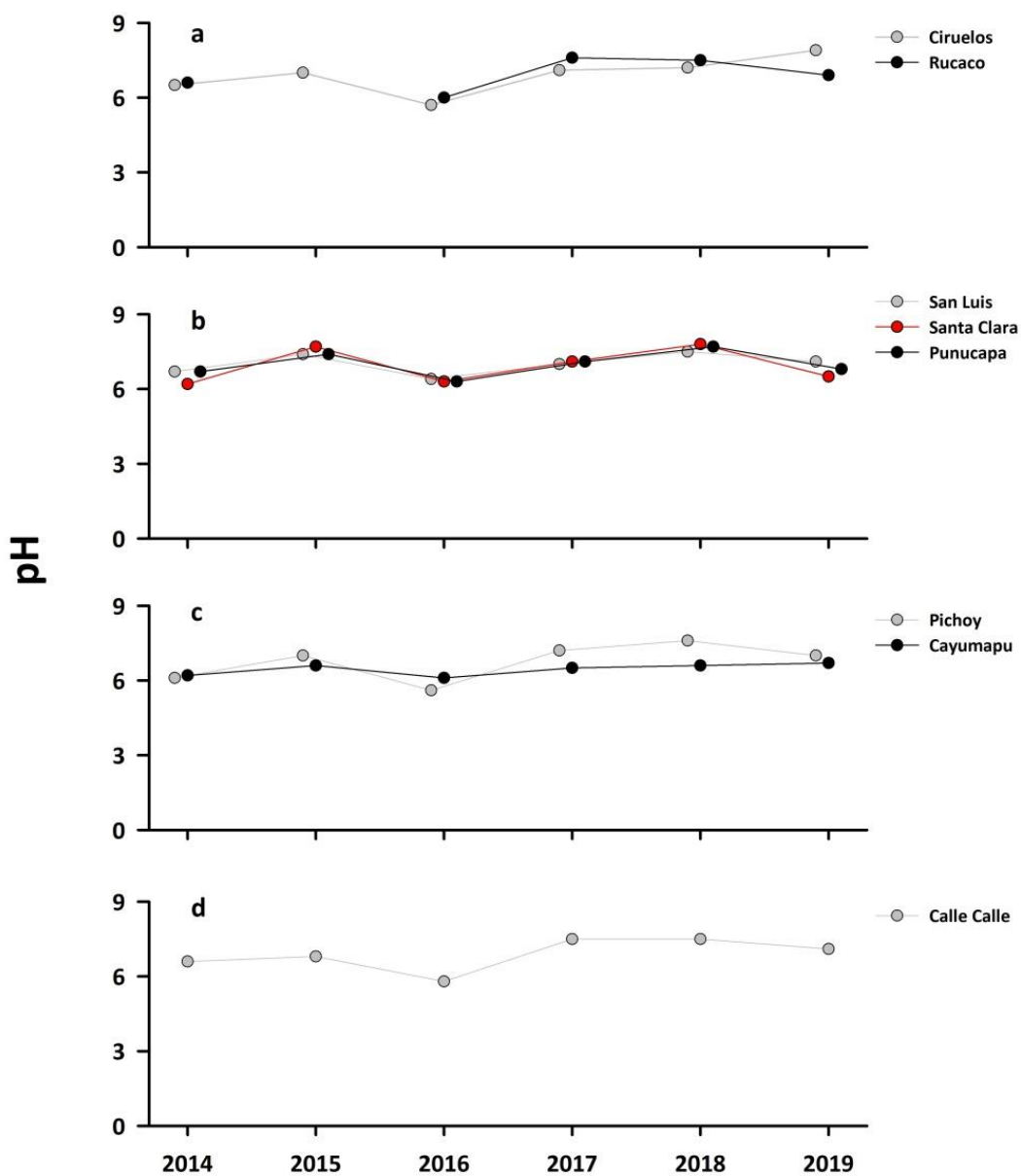
**Tabla 4.1.2.6.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las fracciones de materia orgánica total y carbono orgánico total en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; SL=San Luis; SC=Santa Clara; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu; CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos (<0,05).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Materia orgánica total (*)(**)	Año (A)	5	6,013	1,203	1,293	0,289	
	Estación (E)	7	44,582	6,369	6,847	<b>&lt;0,001</b>	Ca>Ci=Ru=SL=SC=Pu=Pi=CC
	Error	35	32,554	0,930			
	Total	47	83,148	1,769			
Carbono orgánico total (*)(**)	Año (A)	5	1,369	0,274	1,095	0,380	
	Estación (E)	7	20,347	2,907	11,623	<b>&lt;0,001</b>	Ca=Ru=SL>Ci=SC=Pi=CC=Pu
	Error	35	8,753	0,250			
	Total	47	30,469	0,648			

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada, (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA.

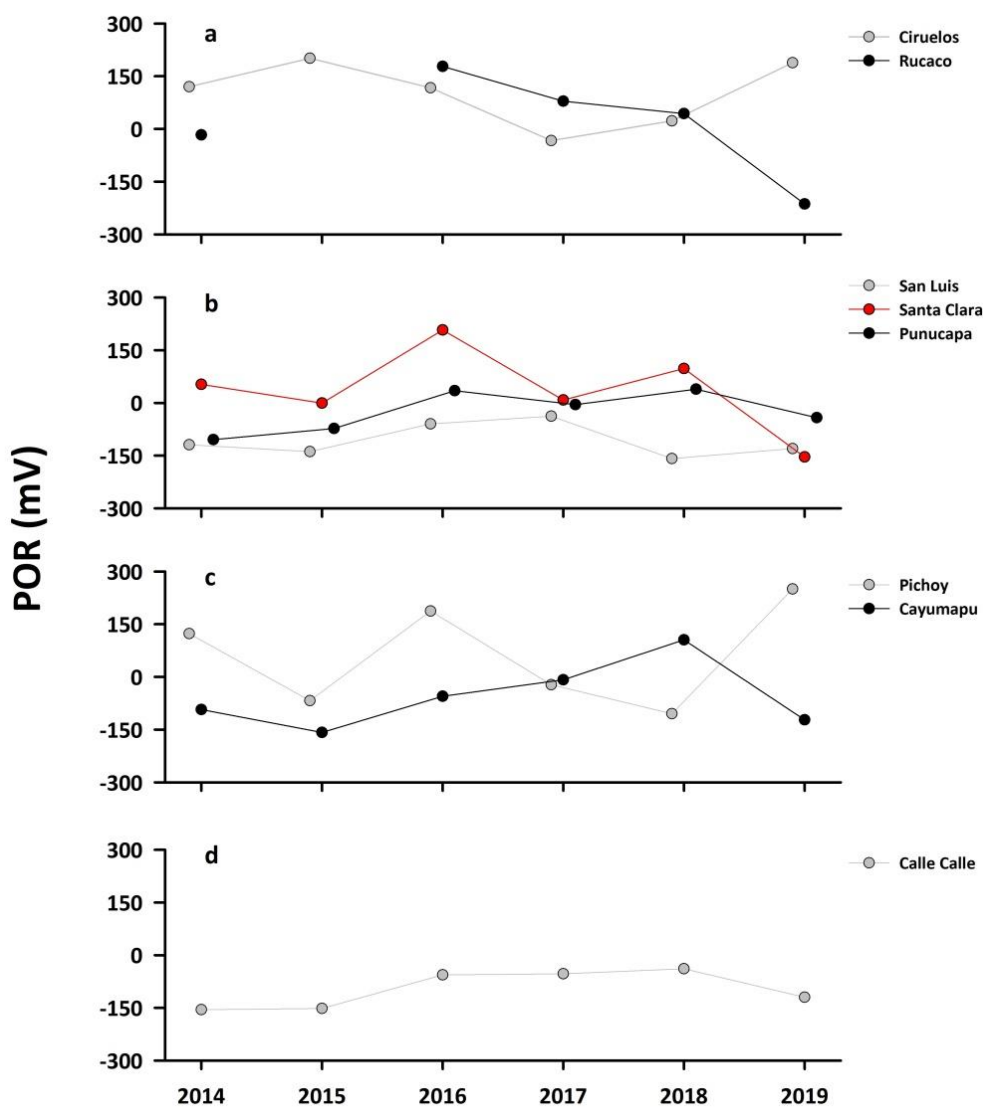
### pH y potencial óxido reducción (POR)

Las Tablas 4.1.2.8 y 4.1.2.9 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.2.9 y 4.1.2.10, muestran la variabilidad inter-anual del pH y potencial óxido reducción (POR) en los sedimentos del área de estudio durante el periodo 2014-2019.



Figura

4.1.2.9. Comparación inter-anual de pH en los sedimentos del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d).



Figura

4.1.2.10. Comparación inter-anual de potencial de óxido reducción o POR (mV) en los sedimentos del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d).

#### Análisis estadísticos

##### *En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):*

La Tabla 4.1.2.7 muestra que los valores de pH fueron significativamente más altos ( $p < 0,05$ ) durante el período 2017-2019 y en el eje estuarial y central del HRC. Los valores del

potencial de óxido reducción (POR) no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), tanto en las comparaciones inter-anales como en las espaciales (Tabla 4.1.2.7).

**Tabla 4.1.2.7.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en los valores de pH y potencial óxido reducción (POR), en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Sector (L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios). Los valores de p en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
pH (*) (**)	Año (A)	5	0,0419	0,00838	22,472	<b>&lt;0,001</b>	2019=2018=2017=2015>2014>2016
	Sector (S)	3	0,00464	0,00155	4,145	<b>0,017</b>	EE > T; L = T = F
	Error	15	0,00631	0,000421	1,129	0,386	
	Total	23	0,00857	0,000373			
POR (***)	Año (A)	5	44725,94	8945,189	0,579	0,716	
	Sector (S)	3	127357,1	42452,37	2,747	0,066	
	Error	15	90014,29	6000,95	0,388	0,969	
	Total	23	355410,2	15452,61			

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada, (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.

***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

Los valores de pH medidos durante las campañas de los años 2014 y 2016 fueron significativamente más bajos ( $p < 0,05$ ), que los encontrados en todos los otros años de estudio. No se detectaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) al comparar los valores de pH entre estaciones (Tabla 4.1.2.8). Los valores del potencial de óxido reducción (POR) no presentaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre años, pero si entre estaciones ( $p < 0,05$ ): los valores medidos en la estación Ciruelos fueron significativamente más altos ( $p < 0,05$ ) (*i.e.*, valores más positivos, lo que indica mayor oxigenación en el agua intersticial),

que los registrados en San Luis y Calle Calle (Tabla 4.1.2.8), pero no difirieron ( $p > 0,05$ ) de los medidos en Rucaco, Santa Clara, Punucapa, Pichoy y Cayumapu

**Tabla 4.1.2.8.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en los valores de pH y potencial óxido reducción (POR), en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; SL=San Luis; SC=Santa Clara; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu; CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ).

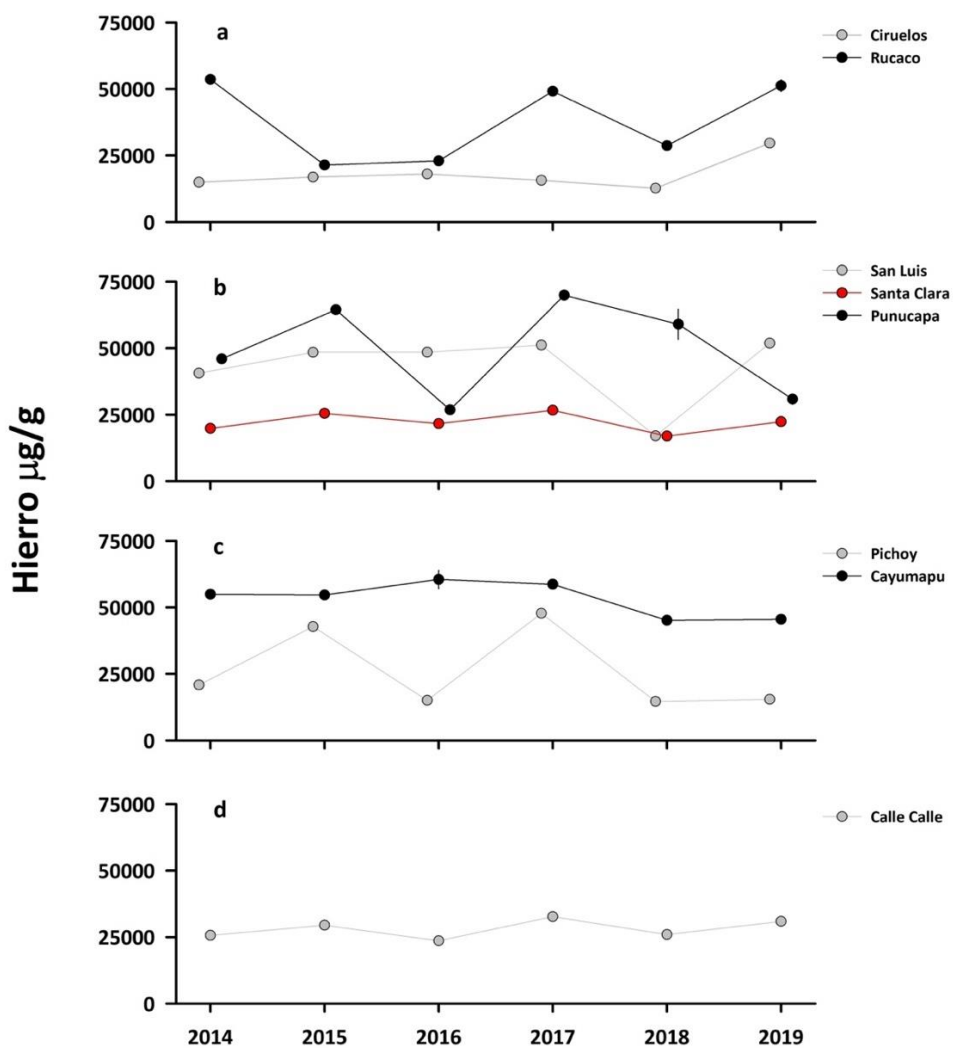
Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
pH	Año (A)	5	10,802	2,160	21,071	<b>&lt;0,001</b>	2019=2018=2017=2015>2014=2016
	Estación (E)	7	1,457	0,208	2,030	0,080	
	Error	34	3,486	0,103			
	Total	46	15,696	0,341			
POR	Año (A)	5	74002,125	14800,425	1,583	0,191	
	Estación (E)	7	234485,253	33497,893	3,583	<b>0,005</b>	Ci>SL=CC; Ci=Ru=SC=Pu=Pi=Ca
	Error	34	317864,684	9348,961			
	Total	46	628058,198	13653,439			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ .

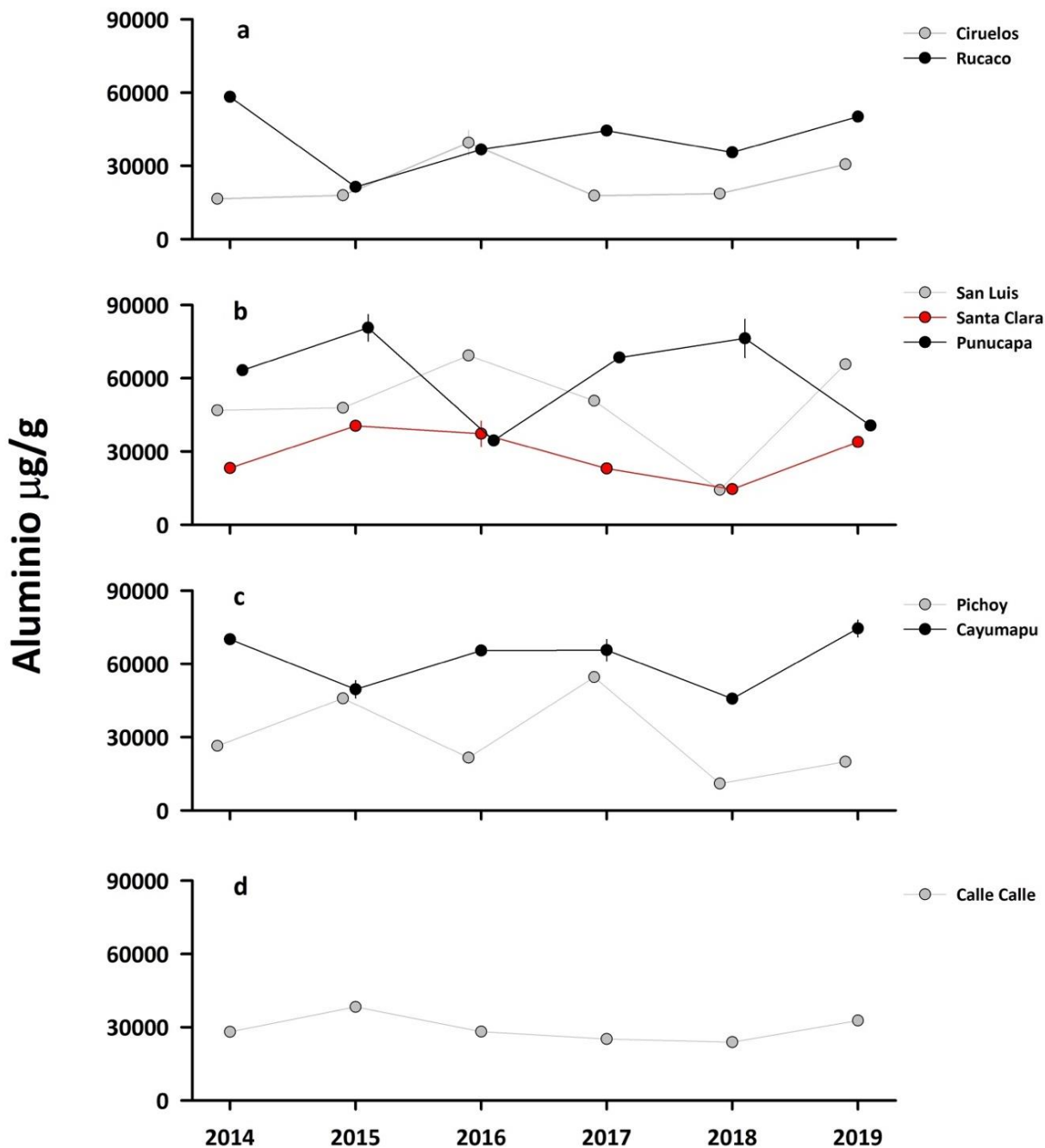
## Metales pesados

### Hierro, Aluminio y Manganeso

Las Tablas 4.1.2.10 a 4.1.2.12 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.2.11 a 4.1.2.13, muestran la variabilidad inter-anual de las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso en los sedimentos del área de estudio durante el periodo 2014-2019.

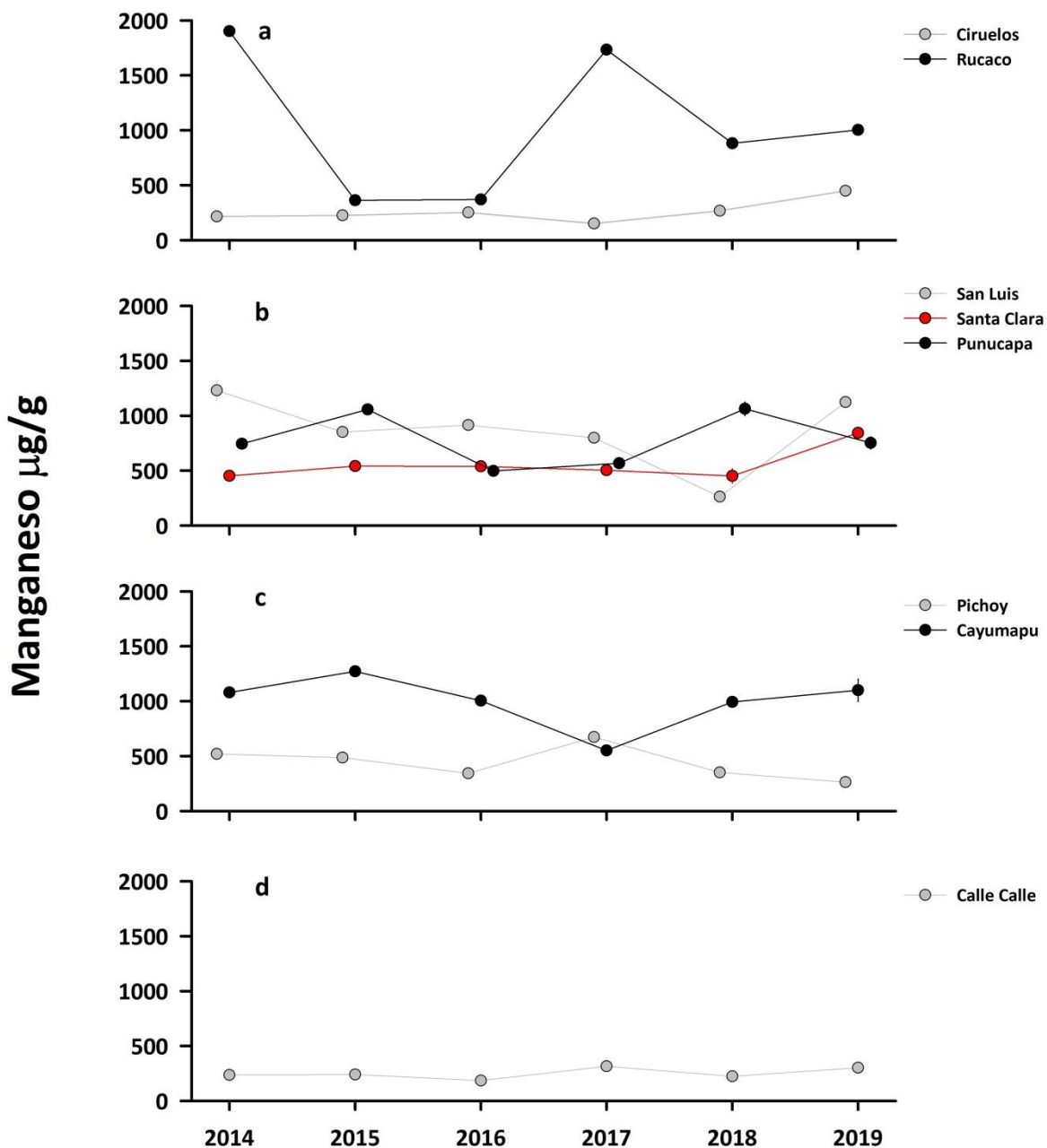


**Figura 4.1.2.11.** Comparación inter-anual de la concentración de Hierro ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.2.12.** Comparación inter-anual de la concentración de Aluminio ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.





**Figura 4.1.2.13.** Comparación inter-anual de la concentración de Manganeso ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedios más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

## Análisis estadísticos

### **En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):**

La Tabla 4.1.2.9 muestra que las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeseo no mostraron diferencias inter-anales significativas ( $p > 0,05$ ); en contraste, sí se detectaron diferencias espaciales significativas ( $p < 0,05$ ): las concentraciones de Hierro fueron más altas en los ríos tributarios, las de Aluminio en el eje estuarial y central del humedal y el Manganeseo en el sector límnic del área de estudio (Tabla 4.1.2.9).

**Tabla 4.1.2.9.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de los metales pesados Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeseo (Mn) en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios). Los valores de p en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Fe (*)(**)	Año (A)	5	0,385	0,0770	1,870	0,110	
	Sector (S)	3	0,401	0,1340	3,247	<b>0,027</b>	T > L; EE = L = F
	A x S	15	0,447	0,0298	0,724	0,753	
	Error	72	2,964	0,0412			
Al (*)(**)	Año (A)	5	0,389	0,0778	1,759	0,132	
	Sector (S)	3	0,452	0,1510	3,404	<b>0,022</b>	EE > F = L; T = L = F
	A x S	15	0,543	0,0362	0,818	0,655	
	Error	72	3,185	0,0442			
Mn (*)(***)	Año (A)	5	223,189	44,638	0,877	0,501	
	Sector (S)	3	1160,012	386,671	7,601	<b>&lt;0,001</b>	L = EE = T > F
	A x S	15	513,572	34,238	0,673	0,802	
	Error	72	3662,729	50,871			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho. (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.

**En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):**

Las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso no mostraron tendencias definidas de variación inter-anual (Tabla 4.1.2.10). Las concentraciones de Hierro y Aluminio fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en Cayumapu y Punucapa, a la vez que las de Manganeso mostraron lo propio en Cayumapu y Rucaco (Tabla 4.1.2.10).

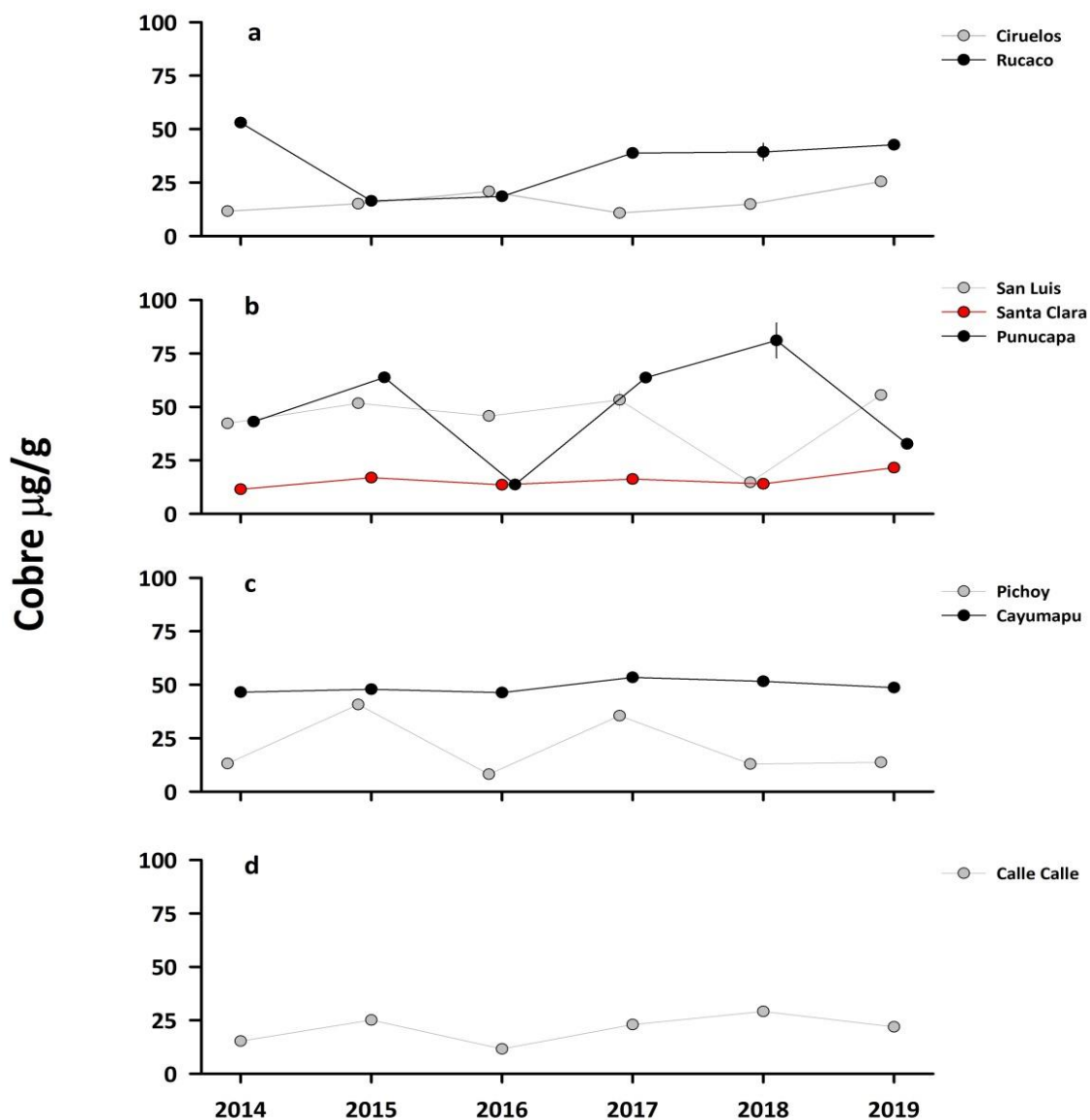
**Tabla 4.1.2.10.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de los metales pesados Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; SL=San Luis; SC=Santa Clara; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu; CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Fe (*)(***)	Año (A)	5	0,515	0,103	370,935	<b>&lt;0,001</b>	2017>2015>2019=2014>2016>2018
	Estación (E)	7	2,493	0,356	1281,963	<b>&lt;0,001</b>	Ca>Pu>SL>Ru>CC>Pi=SC>Ci
	A x S	35	1,306	0,0373	134,279	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	0,0133	0,000278			
Al (*)(***)	Año (A)	5	0,551	0,110	200,469	<b>&lt;0,001</b>	2019=2017=2016=2015>2014>2018
	Estación (E)	7	2,306	0,329	598,794	<b>&lt;0,001</b>	Ca=Pu>SL>Ru>CC=SC=Pi>Ci
	A x S	35	1,847	0,0528	95,937	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	0,0264	0,000550			
Mn (*)(***)	Año (A)	5	0,330	0,0660	168,746	<b>&lt;0,001</b>	2019=2014>2017=2015>2018>2016
	Estación (E)	7	4,747	0,678	1733,944	<b>&lt;0,001</b>	Ca>Ru>SL=Pu>SC>Pi>CC=Ci
	A x S	35	2,219	0,0634	162,077	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	0,0188	0,000391			

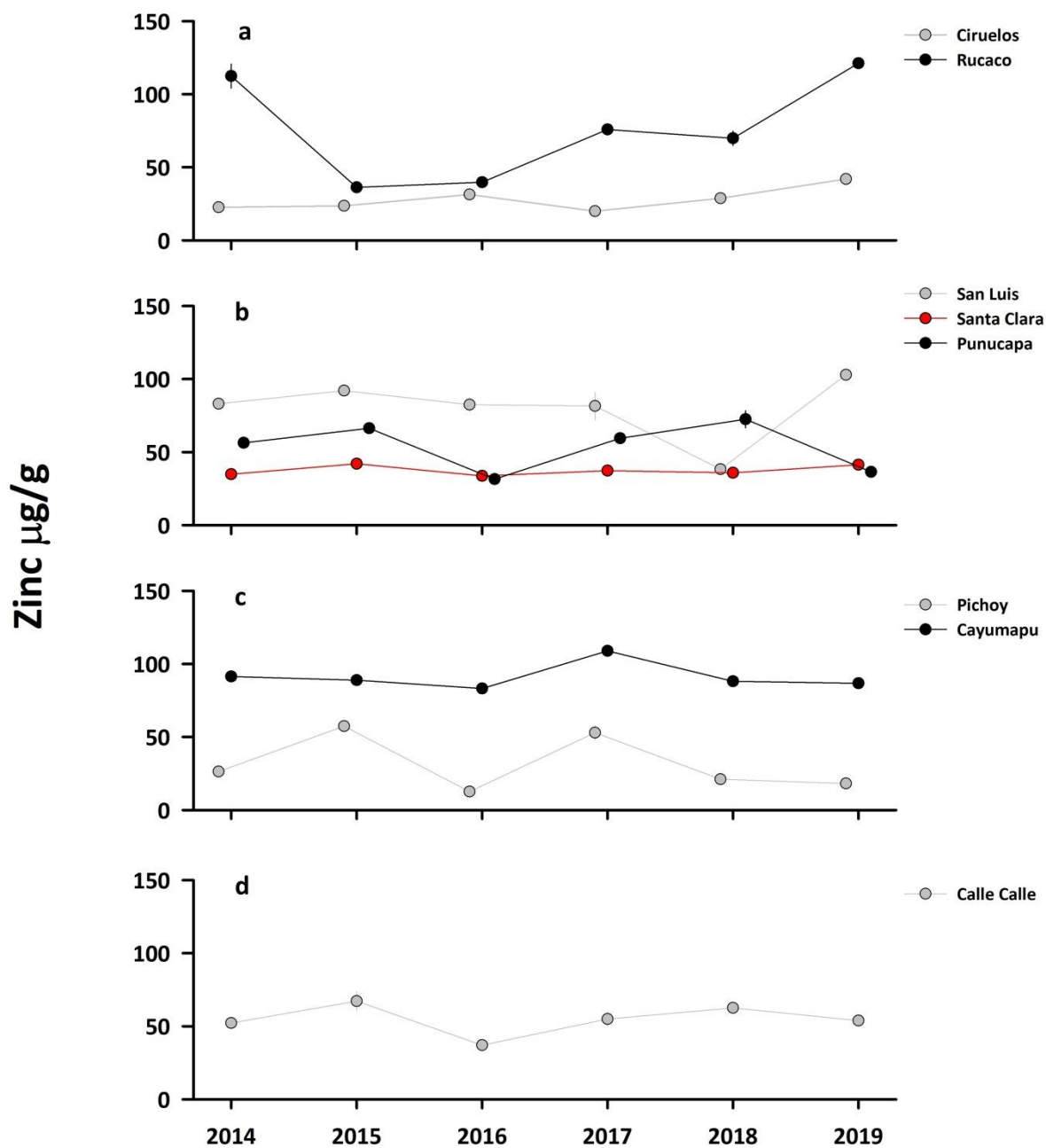
GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ . (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada, (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.

### Cobre, Zinc y Plomo

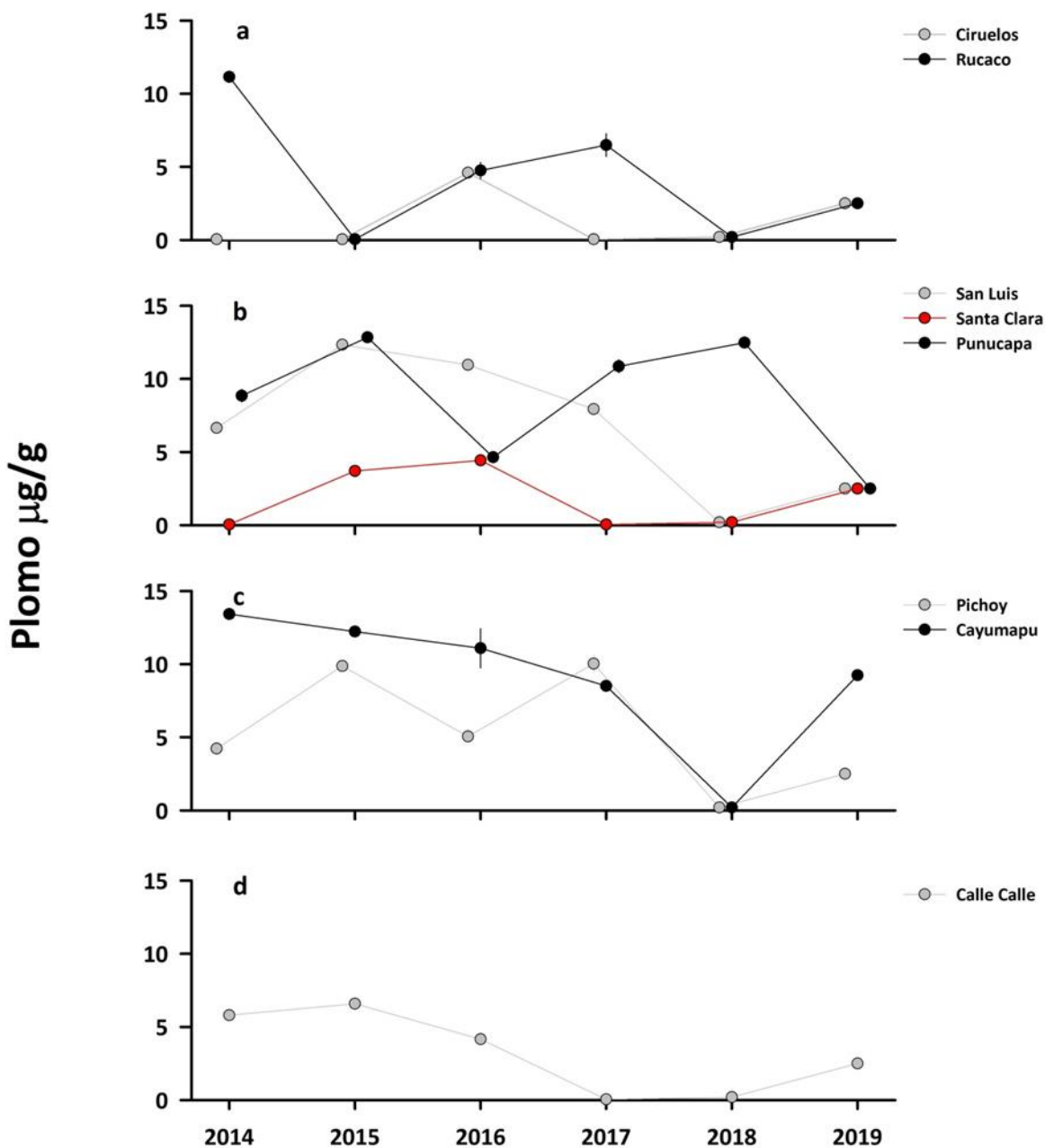
Las Tablas 4.1.2.13 a 4.1.2.15 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.2.14 a 4.1.2.16, muestran la variabilidad inter-anual de las concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo en los sedimentos del área de estudio durante el periodo 2014-2019.



**Figura 4.1.2.14.** Comparación inter-anual de la concentración de Cobre ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedio más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.2.15.** Comparación inter-anual de la concentración de Zinc ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedio más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.2.16.** Comparación inter-anual de la concentración de Plomo ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedio más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

## Análisis estadísticos

### **En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):**

Las concentraciones de Cobre y Zinc no difirieron estadísticamente ( $p > 0,05$ ) entre años y sectores, a la vez que las de Plomo fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2014-2016 en los ríos tributarios y en el eje estuarial y central del HRC (Tabla 4.1.2.11).

**Tabla 4.1.2.11.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de los metales pesados Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Plomo (Pb) en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Sector (L = sector límico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios). Los valores de p en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Cu (*)	Año (A)	5	15,863	3,173	1,209	0,314	
	Sector (S)	3	21,431	7,144	2,722	0,051	
	A × S	15	20,202	1,347	0,513	0,925	
	Error	72	188,963	2,624			
Zn (*) (**)	Año (A)	5	0,293	0,0585	1,014	0,416	
	Sector (S)	3	0,130	0,0433	0,750	0,526	
	A × S	15	0,657	0,0438	0,760	0,716	
	Error	72	4,154	0,0577			
Pb (*) (***)	Año (A)	5	26,910	5,382	6,550	<b>&lt;0,001</b>	2016=2015=2014=2019>2018; 2017=2018
	Sector (S)	3	20,284	6,761	8,228	<b>&lt;0,001</b>	T=EE>L=F
	A × S	15	26,083	1,739	2,116	<b>0,018</b>	
	Error	72	59,164	0,822			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho. (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.

**En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):**

Las concentraciones de Cobre y Zinc mostraron diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ), pero sin mostrar tendencias definidas, con la excepción de que fueron más bajas durante el año 2016 (Tabla 4.1.2.12). También se detectaron diferencias significativas para el Plomo, pero a diferencia de lo observado para el Cobre y Zinc, las concentraciones más bajas de Plomo ocurrieron durante el año 2018 (Tabla 4.1.2.12). Las concentraciones más altas ( $p < 0,05$ ) de Cobre y Zinc se detectaron en Cayumapu, a la vez que las de Plomo en este río y en Punucapa (Tabla 4.1.2.12).

**Tabla 4.1.2.12.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de los metales pesados; Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Plomo (Pb) en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; SL=San Luis; SC=Santa Clara; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu; CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ).

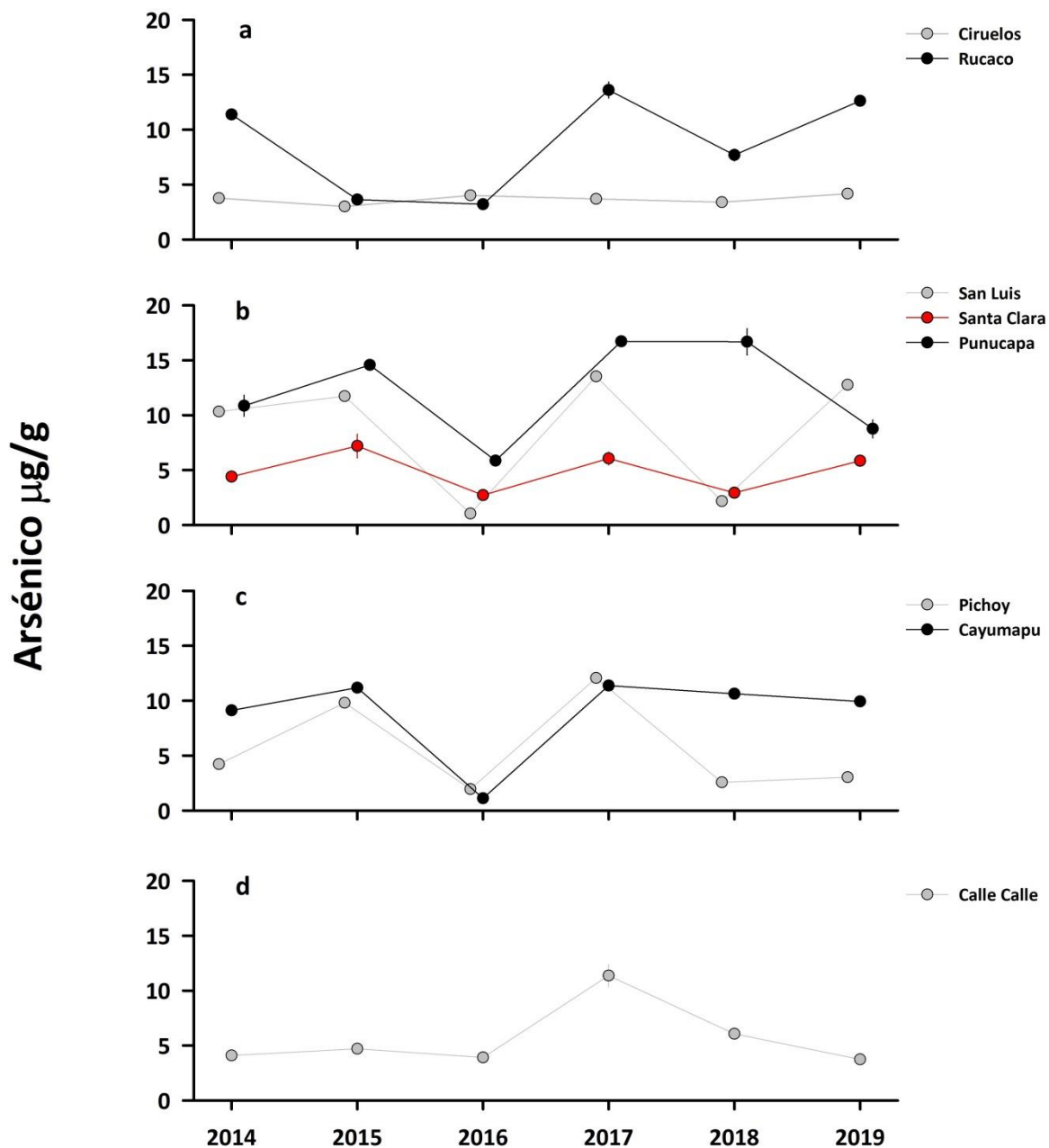
Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Cu (*) (***)	Año (A)	5	18,733	3,747	220,222	<b>&lt;0,001</b>	2017>2015=2019>2018>2014>2016
	Estación (E)	7	142,752	20,393	1198,712	<b>&lt;0,001</b>	Ca>Pu>SL>Ru>CC>Pi>Ci=SC
	A × S	35	87,032	2,487	146,165	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	0,817	0,0170			
Zn (*) (***)	Año (A)	5	0,312	0,0623	123,352	<b>&lt;0,001</b>	2019=2017=2015=2014>2018>2016
	Estación (E)	7	3,359	0,480	949,853	<b>&lt;0,001</b>	Ca>SL>Ru>CC=Pu>SC>Ci=Pi
	A × S	35	1,558	0,0445	88,110	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	0,0243	0,000505			
Pb (*) (***)	Año (A)	5	27,440	5,488	1598,953	<b>&lt;0,001</b>	2016>2015>2014>2017>2019>2018
	Estación (E)	7	48,383	6,912	2013,787	<b>&lt;0,001</b>	Pu=Ca>SL>Pi>Ru>CC>SC>Ci
	A × S	35	56,983	1,628	474,346	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	0,165	0,00343			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ . (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada, (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.

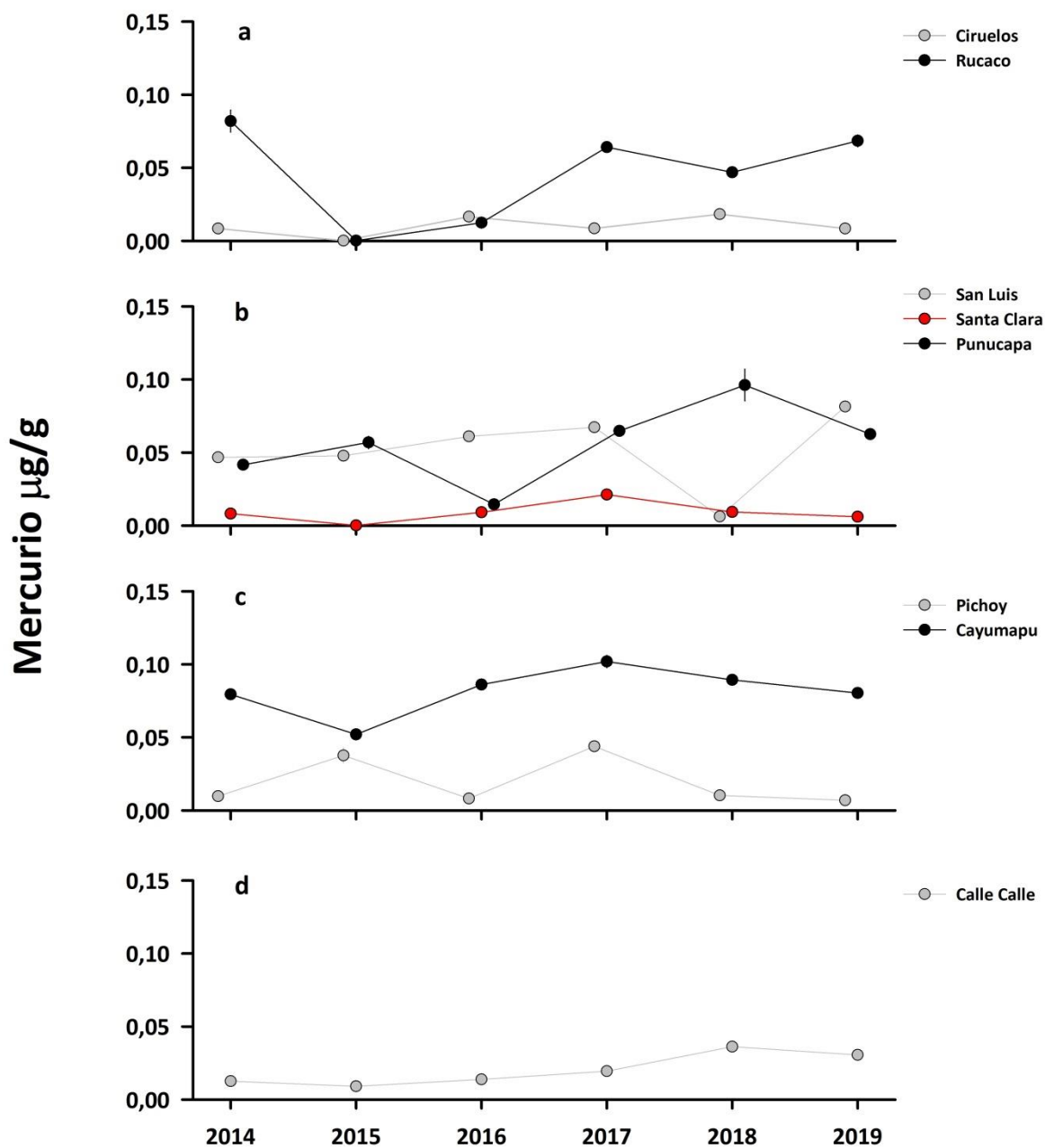


### **Cadmio, Arsénico y Mercurio**

Las Tablas 4.1.2.16 a 4.1.2.18 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.2.17 y 4.1.2.18, muestran la variabilidad inter-anual de las concentraciones de Arsénico y Mercurio en los sedimentos del área de estudio durante el periodo 2014-2019. No se detectó Cadmio en los sedimentos analizados.



**Figura 4.1.2.17.** Comparación inter-anual de la concentración de Arsénico ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedio más desviación estándar. No se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.2.18.** Comparación inter-anual de la concentración de Mercurio ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedio más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

### Análisis estadísticos

#### **En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):**

La Tabla 4.1.2.13 muestra diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de Arsénico y Mercurio; sin embargo, estas no muestran una tendencia definida en el tiempo. No se detectaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) al comparar las concentraciones de Arsénico por sectores, a la vez que las de Mercurio difirieron significativamente ( $p < 0,05$ ) al comparar estaciones de los ríos tributarios con las del sector límnic (Tabla 4.1.2.13).

**Tabla 4.1.2.13.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de los metales pesados Arsénico (As) y Mercurio (Hg) en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios). Los valores de p en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
As(*)(***)	Año (A)	5	16,939	3,388	7,592	<b>&lt;0,001</b>	2017=2015=2019=2014>2016=2018
	Sector (S)	3	3,194	1,065	2,386	0,076	
	A × S	15	9,123	0,608	1,363	0,190	
	Error	72	32,127	0,446			
Hg (*)(**)	Año (A)	5	7,873	1,575	5,227	<b>&lt;0,001</b>	2017=2018=2019=2014=2016>2015
	Sector (S)	3	3,964	1,321	4,387	<b>0,007</b>	T>L; T=EE=F
	A × S	15	12,435	0,829	2,752	<b>0,002</b>	
	Error	72	21,689	0,301			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ . (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.

#### **En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):**

La Tabla 4.1.2.14 muestra diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de Arsénico y Mercurio, con valores más altos para el año 2017. Las

concentraciones de Arsénico fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en Punucapa, a la vez que las del Mercurio en el río Cayumapu (Tabla 4.1.2.14).

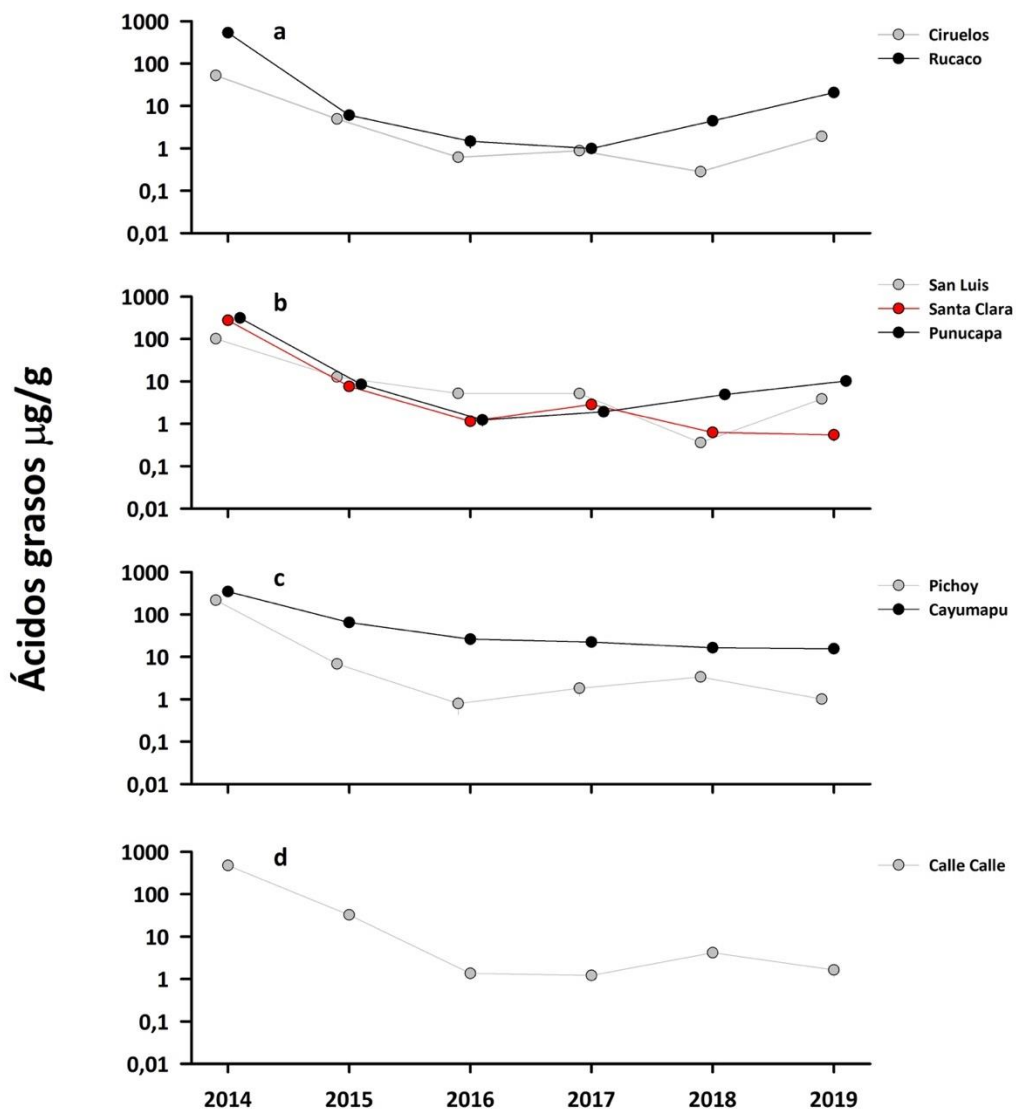
**Tabla 4.1.2.14.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las concentraciones de Arsénico (As) y Mercurio (Hg) en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; SL=San Luis; SC=Santa Clara; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu; CC=Calle Calle). Los valores de  $p$  en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
As (*)(***)	Año (A)	5	3,243	0,649	959,312	<b>&lt;0,001</b>	2017>2015>2019=2014>2018>2016
	Estación (E)	7	2,106	0,301	444,873	<b>&lt;0,001</b>	Pu>Ru=Ca>SL>CC>SC=Pi>Ci
	A × S	35	3,459	0,0988	146,150	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	0,0325	0,000676			
Hg(*)(***)	Año (A)	5	9,931	1,986	2202,101	<b>&lt;0,001</b>	2017>2019>2018=2014>2016>2015
	Estación (E)	7	16,734	2,391	2650,473	<b>&lt;0,001</b>	Ca>Pu>SL>CC=Ru>Pi>Ci=SC
	A × S	35	21,312	0,609	675,130	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	0,0433	0,000902			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ . (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada, (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.

### Ácidos grasos

La Tabla 4.1.2.19 del ANEXO 2 de este Capítulo y la Figura 4.1.2.19, muestran la variabilidad inter-anual de las concentraciones de Ácidos grasos en los sedimentos del área de estudio durante el periodo 2014-2019.



**Figura 4.1.2.19.** Comparación inter-anual de la concentración de Ácidos grasos ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedio más desviación estándar. No se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

## Análisis estadísticos

### *En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):*

La Tabla 4.1.2.15 muestra que los Ácidos grasos fueron significativamente más altos ( $p < 0,05$ ) durante el año 2014 y en los ríos tributarios.

**Tabla 4.1.2.15.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Ácidos grasos en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios). Los valores de P en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Ác. grasos (*)(**)	Año (A)	5	47,570	9,514	46,664	<b>&lt;0,001</b>	2014>2015>2019=2018=2017=2016
	Sector (S)	3	3,130	1,043	5,117	<b>0,003</b>	T>L=EE; T=F
	A x S	15	3,671	0,245	1,200	0,292	
	Error	72	14,680	0,204			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho. (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA.

### *En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):*

Las concentraciones de Ácidos grasos fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el año 2014, particularmente en el río Cayumapu (Tabla 4.1.2.16).

**Tabla 4.1.2.16.** Resumen del ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey, para evaluar diferencias en las concentraciones de Ácidos grasos en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; SL=San Luis; SC=Santa Clara; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu; CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Ác. Grasos (*)(***)	Año (A)	5	2644,296	528,859	3075,666	<b>&lt;0,001</b>	2014>2015>2019>2017=2018=2016
	Estación (E)	7	220,402	31,486	183,112	<b>&lt;0,001</b>	Ca>Ru=CC>Pu>SC=SL=Pi>Ci
	A x S	35	351,384	10,040	58,387	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	8,254	0,172			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho. (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.

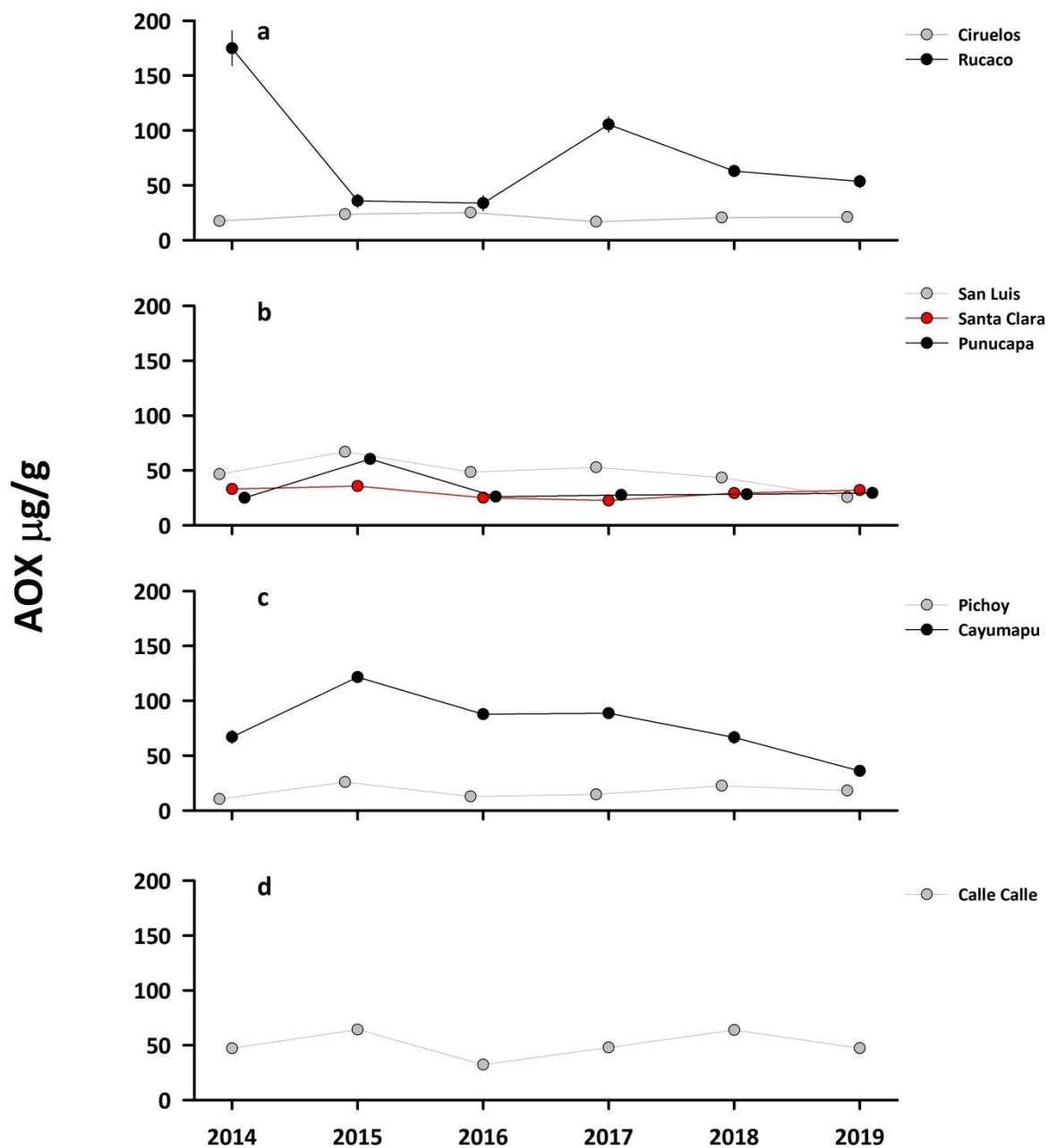
**Ácidos resínicos**

La Tabla 4.1.2.20 del ANEXO 2 de este Capítulo muestra que, con la metodología utilizada, no se detectaron estos compuestos en el área de estudio.

**AOX**

La Tabla 4.1.2.21 del ANEXO 2 de este Capítulo y la Figura 4.1.2.20, muestran la variabilidad inter-anual de las concentraciones de AOX en los sedimentos del área de estudio, durante el periodo 2014-2019.





**Figura 4.1.2.20.** Comparación interanual de la concentración de AOX ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos del sector límnic (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedio más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

## Análisis estadísticos

### ***En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):***

Las concentraciones de AOX no difirieron significativamente ( $p > 0,05$ ), ni entre años ni entre sectores (Tabla 4.1.2.17).

**Tabla 4.1.2.17.** Resumen de ANDEVA Factorial para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de AOX en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Sector (L = sector límnic del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p
AOX (*) (**)	Año (A)	5	0,324	0,0649	0,861	0,512
	Sector (S)	3	0,232	0,0774	1,028	0,386
	A × S	15	0,558	0,0372	0,494	0,936
	Error	72	5,425	0,0753		

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho. (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada, (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA.

### ***En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):***

Al desagrupar por estaciones, los datos indican que las concentraciones de AOX fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2014 y 2015 y en las estaciones Rucaco y Cayumapu (Tabla 4.1.2.18).

**Tabla 4.1.2.18.** Resumen del ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey, para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de AOX en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; SL=San Luis; SC=Santa Clara; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu; CC=Calle Calle). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
AOX (*) (***)	Año (A)	5	0,364	0,0729	29,014	<b>&lt;0,001</b>	2015=2014>2017>2018>2016=2019
	Estación (E)	7	4,507	0,644	256,426	<b>&lt;0,001</b>	Ru=Ca>CC=SL>Pu=SC>Ci>Pi
	A × S	35	1,588	0,0454	18,074	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	0,121	0,00251			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho. (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada, (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

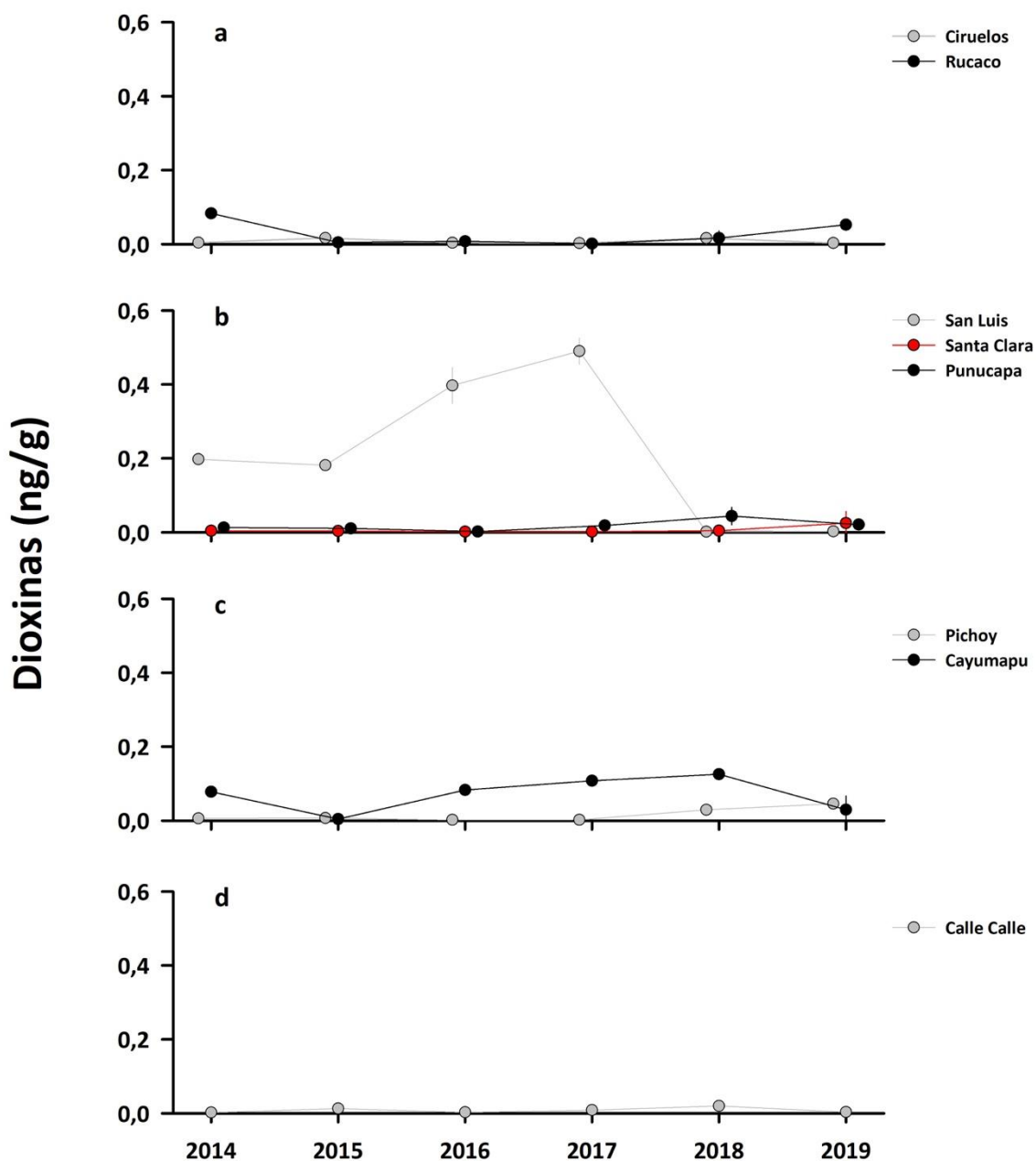
## EOX

La Tabla 4.1.2.22 del ANEXO 2 de este Capítulo muestra que, con la metodología utilizada, no se detectaron estos compuestos en el área de estudio.

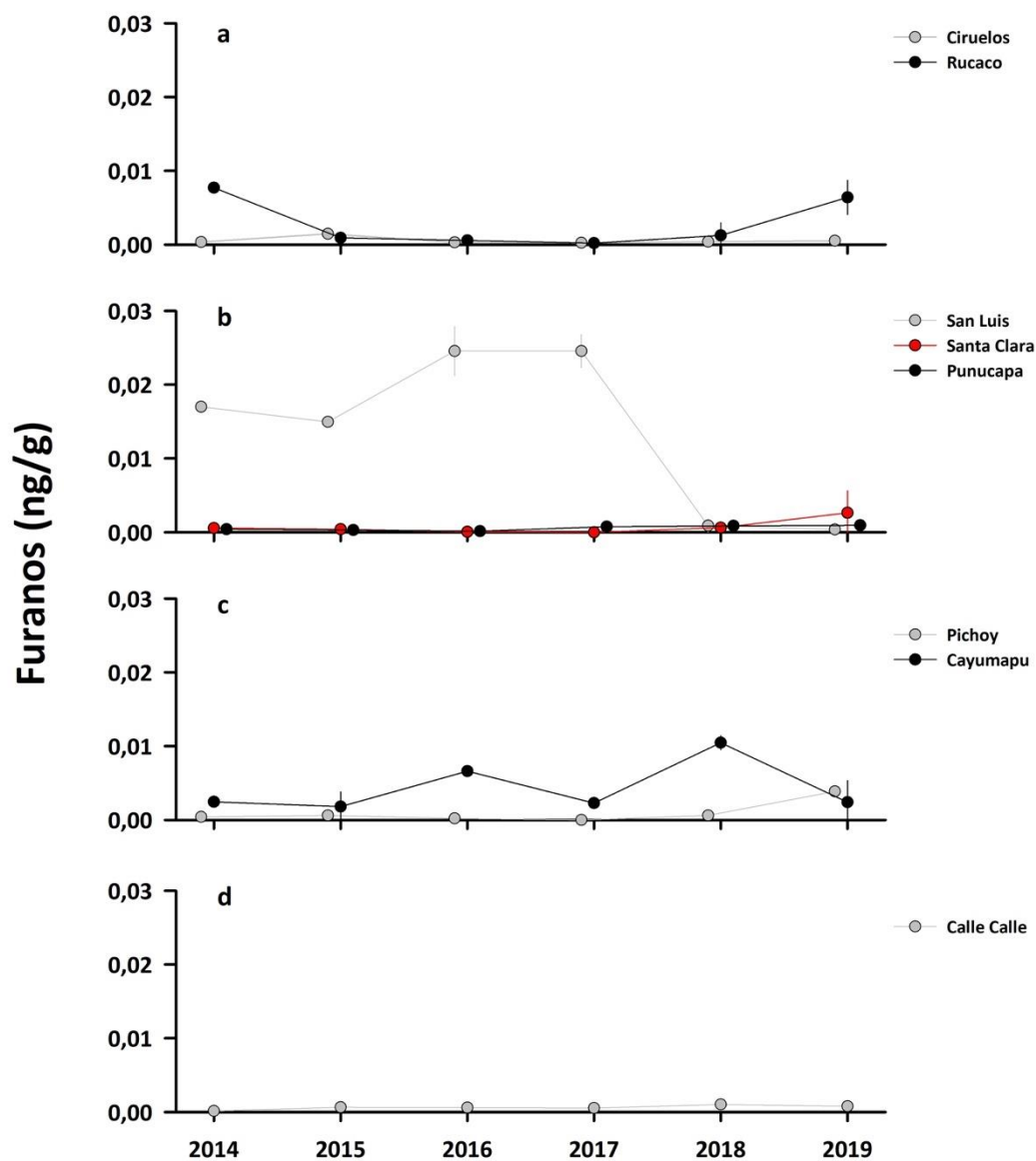
## Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos

El contenido de estos compuestos se expresa como la suma de los congéneres individuales analizados, *i.e.*, 7 Dioxinas y 10 Furanos. Por otra parte, los Equivalentes Tóxicos totales son la suma de los 17 congéneres, multiplicados por el factor equivalente respectivo. Para esto se utilizan los factores equivalentes de peces, según lo sugerido por las directrices establecidas en la Guía Provisoria de Calidad de Sedimentos (ISQG en inglés). Estas fueron propuestas por el Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente (CCME en inglés) en el año 2001 y son actualmente utilizadas para definir el riesgo toxicológico de una muestra de sedimento.

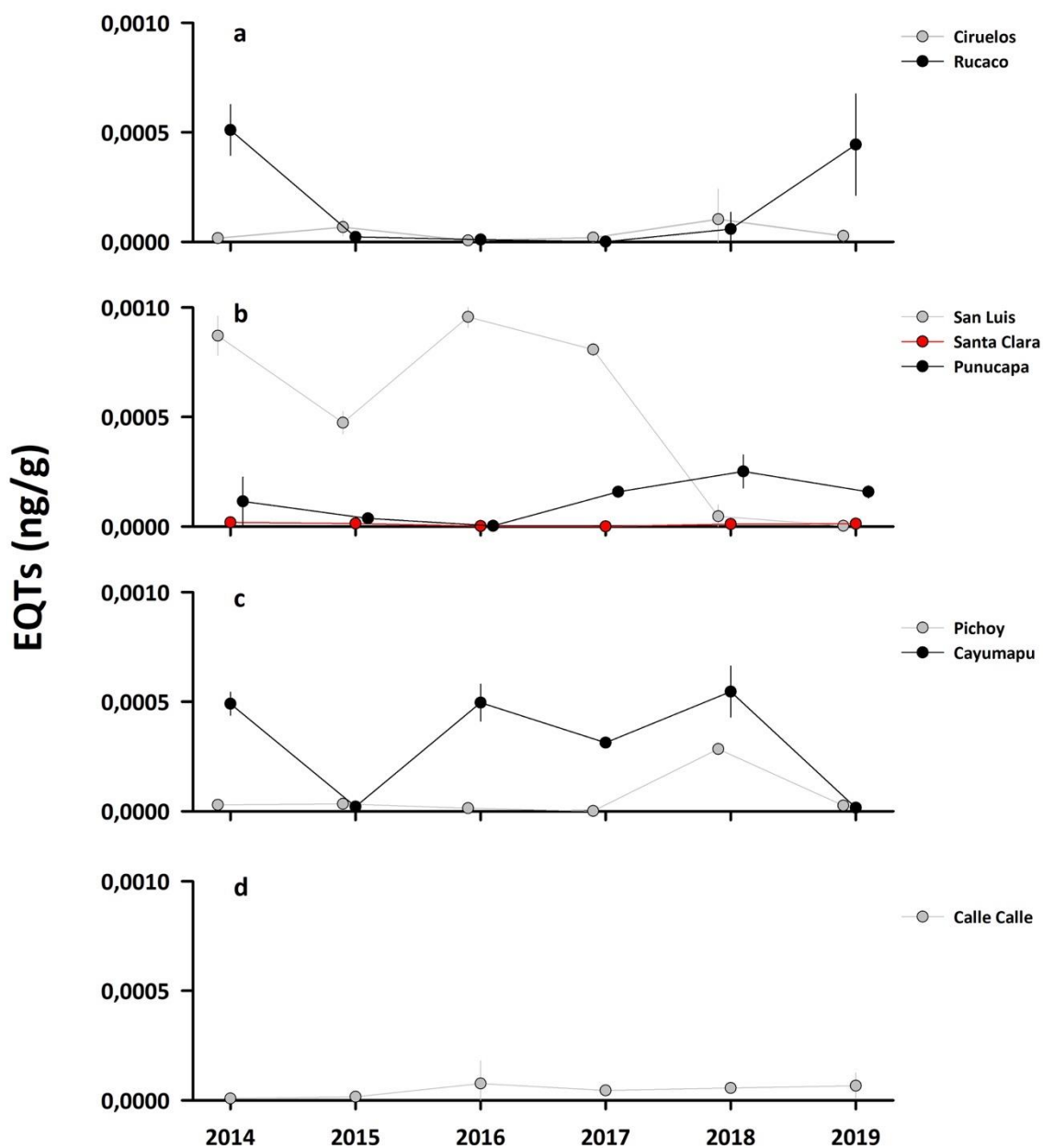
Las Tablas 4.1.2.23 a 4.1.2.25 del ANEXO 2 de este Capítulo y las Figuras 4.1.2.21 a 4.1.2.23, muestran la variabilidad inter-anual de las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos en los sedimentos del área de estudio, durante el periodo 2014-2019.



**Figura 4.1.2.21.** Comparación interanual de la concentración de Dioxinas (ng/g) en los sedimentos del sector línico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedio más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.2.22.** Comparación interanual de la concentración de Furanos (ng/g) en los sedimentos del sector límnico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedio más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.



**Figura 4.1.2.23.** Comparación interanual de la concentración de EQTs (ng/g) en los sedimentos del sector límico (a), eje central y estuarial del HRC (b), ríos tributarios (c) y fuera del HRC (d). Los valores son promedio más desviación estándar. En general, no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

## Análisis estadísticos

### *En base a aproximación de análisis a (agrupamiento de estaciones por sectores):*

Las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos no difirieron significativamente ( $p > 0,05$ ) entre años y sectores (Tabla 4.1.2.19).

**Tabla 4.1.2.19.** Resumen de ANDEVA Factorial para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Sector (L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P
Dioxinas (*) (**)	Año (A)	5	0,0184	0,00367	0,156	0,978
	Sector (S)	3	0,171	0,0569	2,407	0,074
	S x A	15	0,259	0,0172	0,730	0,747
	Error	72	1,701	0,0236		
Furanos (*) (**)	Año (A)	5	0,000744	0,000149	0,0907	0,993
	Sector (S)	3	0,00699	0,00233	1,420	0,244
	S x A	15	0,0158	0,00105	0,642	0,830
	Error	72	0,118	0,00164		
EQTs (*) (**)	Año (A)	5	0,000226	0,0000451	0,617	0,687
	Sector (S)	3	0,000351	0,000117	1,599	0,197
	S x A	15	0,00118	0,0000784	1,071	0,397
	Error	72	0,00527	0,0000731		

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ . (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA.

### *En base a aproximación de análisis b (tratamiento de los datos sin agrupamiento de estaciones):*

Las concentraciones de Dioxinas fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2016 y 2017, las de los Furanos no mostraron diferencias significativas inter-anales ( $p > 0,05$ ) y las de los Equivalentes Tóxicos fueron significativamente más altas durante los años 2014 y 2018 (Tabla 4.1.2.20). Los sedimentos de San Luis y Cayumapu

tuvieron concentraciones significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (Tabla 4.1.2.20).

**Tabla 4.1.2.20.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs en los sedimentos del área de estudio. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; SL=San Luis; SC=Santa Clara; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu; CC=Calle Calle). Los valores de  $p$  en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ).

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Dioxinas (*) (***)	Año (A)	5	0,0377	0,00755	46,282	<b>&lt;0,001</b>	2017>2016>2014>2018=2019=2015
	Estación (E)	7	0,415	0,0593	363,787	<b>&lt;0,001</b>	SL>Ca>Ru=Pi>SC=Ci>CC
	S x A	35	0,403	0,0115	70,646	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	0,00783	0,000163			
Furanos (*) (***)	Año (A)	5	0,000983	0,000197	1,547	0,193	
	Estación (E)	7	0,0706	0,0101	79,363	<b>&lt;0,001</b>	SL>Ca>Ru>Pi=SC=CC=Pu=Ci
	S x A	35	0,0642	0,00183	14,435	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	0,00610	0,000127			
EQTs (*) (***)	Año (A)	5	0,000338	0,0000676	9,700	<b>&lt;0,001</b>	2014=2018>2015=2019=2017=2016
	Estación (E)	7	0,00274	0,000392	56,293	<b>&lt;0,001</b>	SL>Ca>Ru=Pu>Pi=CC=Ci>SC
	S x A	35	0,00371	0,000106	15,238	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	48	0,000334	0,0000070			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ . (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada, (\*\*\*) = No cumple los supuestos de ANDEVA.



### **Presencia & ausencia de congéneres de Dioxinas y Furanos**

La Tabla 4.1.2.21 muestra el número de detecciones de congéneres de Dioxinas y Furanos en los sedimentos del HRC durante el período 2014-2019 y ordenados de mayor a menor toxicidad. Ese número es en relación al número total de muestreos y estaciones: 6 y 8, respectivamente. A su vez, la Figura 4.1.2.24 muestra las concentraciones anuales de las Dioxinas y Furanos 2.3.7.8 (TCDD) y 1.2.3.7.8 (PeCDD) en los sedimentos del área de estudio.

La Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó en una sola estación (fuera del HRC) y muestreo (2019), a la vez que la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue detectada en seis de ocho estaciones (dentro y fuera del HRC) y cinco muestreos (2014 y 2016 a 2019) (Tabla 4.1.2.21 y Fig. 4.1.2.24). En general, el resto de las dioxinas detectadas tuvo mayor frecuencia de aparición espacial y temporal, que las dos anteriormente mencionadas (Tabla 4.1.2.21).

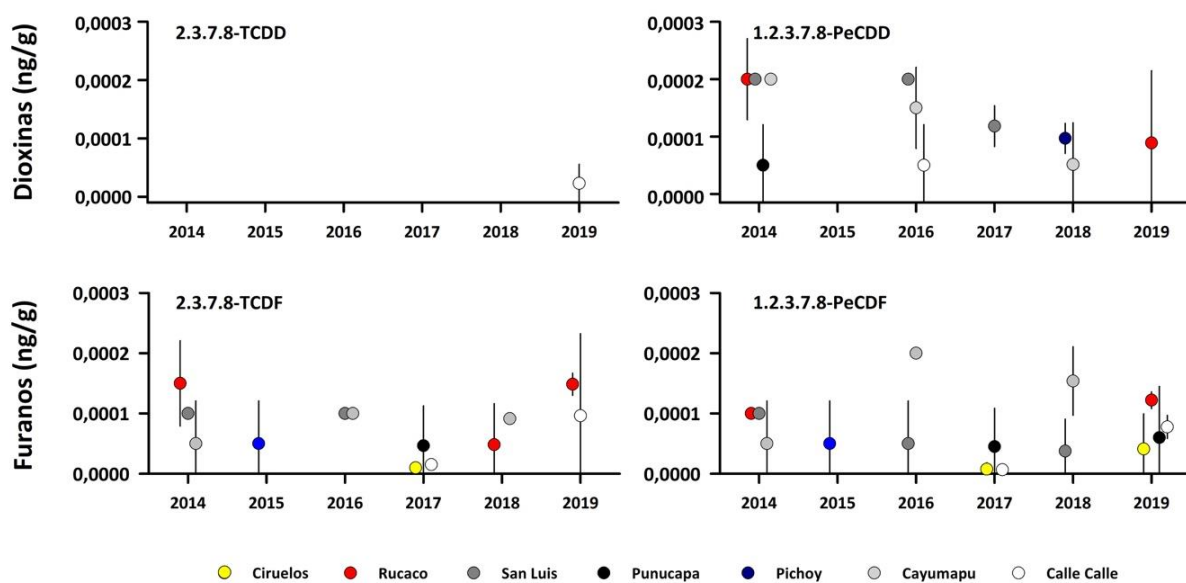
Los Furanos 2.3.7.8 (TCDF) y 1.2.3.7.8 (PeCDF) se detectaron en siete de ocho estaciones (dentro y fuera del HRC) y en todos los muestreos (Tabla 4.1.2.21 y Fig. 4.1.2.24). En general, el resto de los furanos detectados tuvo mayor frecuencia de aparición espacial y temporal, que los dos anteriormente mencionados (Tabla 4.1.2.21).

**Tabla 4.1.2.21.** Número de detecciones de congéneres de Dioxinas y Furanos en relación al total de muestreos realizados (6) en los sedimentos de cada una de las ocho estaciones durante el período 2014-2019. Congéneres de Dioxinas y Furanos ordenados de mayor a menor toxicidad. L=sector límnic, EE=eje central y estuarial del HRC, T= ríos tributarios y F=fuera del HRC.

	sectores		L			EE		T		F
	estaciones		1	2	3	4	5	6	7	8
Dioxinas & congéneres										
2.3.7.8 Tetra Cloro Dibenzo <i>Dioxina</i> (TCDD)										1
1.2.3.7.8 Penta Cloro Dibenzo Dioxina (PeCDD)			2	3			1	1	3	1
1.2.3.4.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Dioxina (HxCDD)	3	3	4	1	3	1	3			
1.2.3.6.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Dioxina (HxCDD)	5	4	5	1	5	2	5	5		
1.2.3.7.8.9 Hexa Cloro Dibenzo Dioxina (HxCDD)	6	5	4	1	5	4	5	6		
1.2.3.4.6.7.8 Hepta Cloro Dibenzo Dioxina (HpCDD)	6	5	5	3	6	4	5	6		
OCDD Opta Cloro Dibenzo Dioxina (OCDD)	6	6	6	5	6	6	6	6		
Furanos & congéneres										
2.3.7.8 Tetra Cloro Dibenzo Furano (TCDF)	1	3	2		1	1	3	2		
1.2.3.7.8 Penta Cloro Dibenzo Furano (PeCDF)	2	2	3		2	1	3	2		
2.3.4.7.8 Penta Cloro Dibenzo Furano (PeCDF)	1	2	2		1		2	1		
1.2.3.4.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Furano (HxCDF)	1	2	4		1	1	3	2		
1.2.3.6.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Furano (HxCDF)	2	2	4		2	1	3	2		
1.2.3.7.8.9 Hexa Cloro Dibenzo Furano (HxCDF)	3	4	5	1	5	4	3	4		
2.3.4.6.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Furano (HxCDF)	4	2	4		3	2	4	4		
1.2.3.4.6.7.8 Hepta Cloro Dibenzo Furano (HpCDF)	6	5	6	3	6	5	6	6		
1.2.3.4.7.8.9 Hepta Cloro Dibenzo Furano (HpCDF)	3	3	6	2	3	2	4	3		
OCDF Opta Cloro Dibenzo Dioxina (OCDD)	5	6	6	4	4	4	5	6		

La Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó sólo en la estación Calle Calle y durante el año 2019. El número más alto de detecciones anuales de la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue 4; esto ocurrió durante abril 2014 en Rucaco, San Luis, Punucapa y Cayumapu. Durante los años 2017 y 2019, se detectó la presencia de esta dioxina en sólo una estación (San Luis y Rucaco, respectivamente), a la vez que durante el año 2015 no se la detectó (Fig. 4.1.2.24).

El número más alto de detecciones del Furano 2.3.7.8 (TCDF) fue 3; esto ocurrió durante el año 2014 en Rucaco, San Luis y Cayumapu y durante el 2017, en Ciruelos, Punucapa y Calle Calle (Fig. 4.1.2.24). Durante el año 2015, este Furano fue detectado únicamente en Pichoy (Fig. 4.1.2.24). Por su parte, el número más alto de detecciones para el Furano 1.2.3.7.8 (PeCDF) (n=4) ocurrió durante el año 2019 (Ciruelos, Rucaco, Punucapa y Calle Calle; Fig. 4.1.2.24). Durante el año 2015, este furano ocurrió solo en Pichoy (Fig. 4.1.2.24).



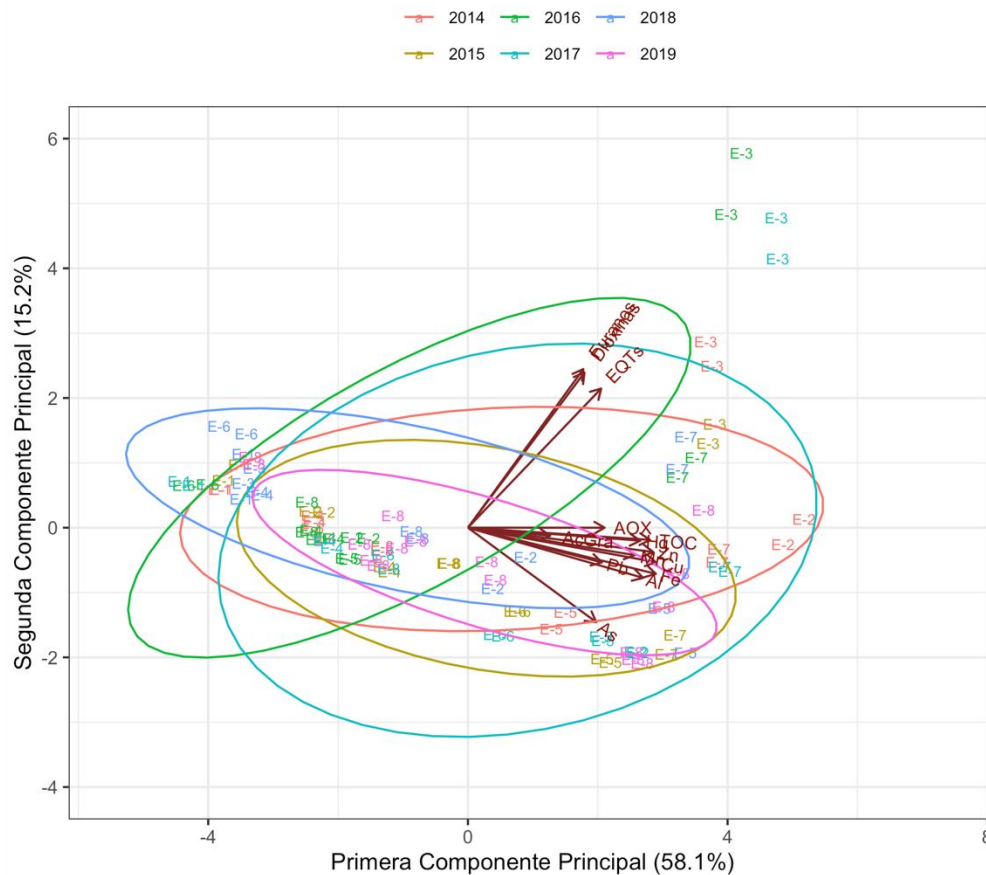
**Figura 4.1.2.24.** Concentraciones de las Dioxinas 2.3.7.8-TCDD y 1.2.3.7.8-PeCDD (ng/g) (paneles superiores) y los Furanos 2.3.7.8-TCDF y 1.2.3.7.8-PeCDF (paneles inferiores) en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

#### 4.1.2.3.2. Estadística multivariada y de tendencias

En el Análisis de Componentes Principales (ACP), las 2 primeras componentes logran explicar el 73% de la varianza total de la base de datos analizada. Las Figuras 4.1.2.25 y 4.1.2.26 muestran los resultados agrupados por años y estaciones, respectivamente.

### Comparación inter-anual (años 2014 a 2019)

Los resultados del ACP inter-anual muestran que no existe diferenciación inter-anual estadísticamente significativa (PERMANOVA  $R^2=1,5$ ;  $p=0,008$ ), con elipses anuales muy mezcladas, lo que demuestra una alta estabilidad temporal para esta matriz ambiental durante el período 2014-2019.



**Figura 4.1.2.25.** Biplot resultado del ACP para el total de parámetros analizados en los sedimentos: puntajes agrupados por años de muestreo (2014 a 2019). Los porcentajes de varianza explicada por componente se indican en los ejes X e Y.

Un análisis de tendencias de Mann y Kendall reveló que ninguno de los parámetros analizados en los sedimentos del área de estudio - con excepción de los Ácidos grasos - mostró tendencias ascendentes estadísticamente significativas ( $p<0,001$ ) (Tabla 4.1.2.22).

La variabilidad de los Ácidos grasos se asocia a concentraciones significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el año 2014.

**Tabla 4.1.2.22.** Resultado de la prueba de Mann y Kendall para el análisis de tendencias en parámetros medidos en sedimentos. No se detectaron tendencias ascendentes estadísticamente significativas. “-” indica la existencia de una tendencia ascendente estadísticamente significativa.

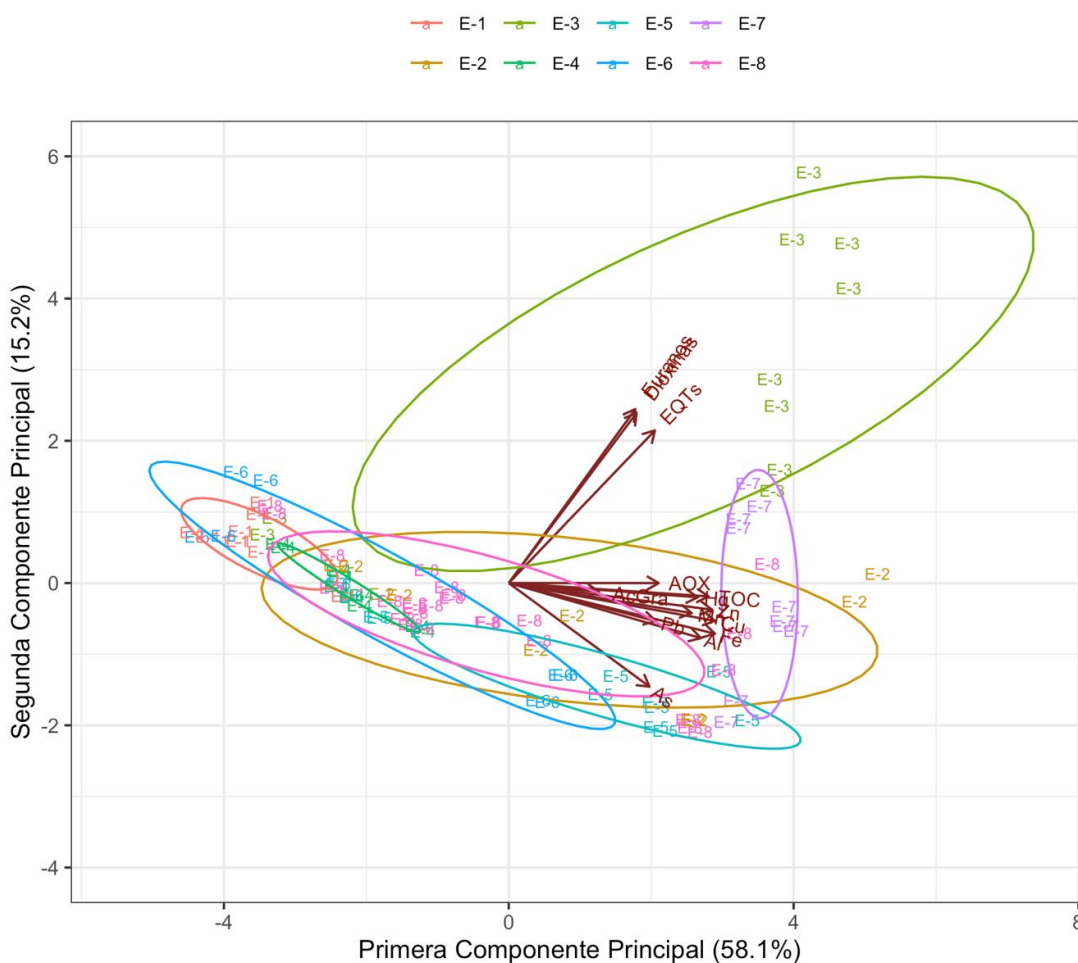
Parámetro	Tau	valor-p	
Hierro	0,0092	0,8967	
Aluminio	-0,0404	0,5624	
Manganeso	0,0053	0,9420	
Cobre	0,0588	0,3980	
Zinc	0,0219	0,7540	
Plomo	-0,0599	0,4010	
Arsénico	0,0048	0,9470	
Mercurio	0,1083	0,1193	
Carbono orgánico total	-0,0035	0,9621	
Ácidos grasos	-0,3456	0,0000	-
AOX	-0,0500	0,4724	
Dioxinas	-0,0101	0,8867	
Furanos	0,0164	0,8171	
Equivalentes Tóxicos	-0,0555	0,4251	

#### Comparación espacial (estaciones 1 a 8)

En contraste a los resultados del ACP inter-anual, los resultados del ACP por estaciones revelan una alta diferenciación entre estaciones de muestreo (PERMANOVA

$R^2=0,57$ ;  $p<0,001$ ), observándose una segregación clara de las estaciones San Luis (E-3), Rucaco (E-2) y Cayumapu (E-07) (Fig. 4.1.2.26). Esto debido a:

- iii) mayores concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos en los sedimentos de la estación San Luis.
- iv) mayores concentraciones de AOX en los sedimentos de Rucaco y Cayumapu.
- v) mayores concentraciones de materia orgánica total, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Mercurio y Ácidos grasos, en los sedimentos de Cayumapu.



**Figura 4.1.2.26.** Biplot resultado del ACP para el total de parámetros analizados en sedimentos: puntajes agrupados por estaciones de muestreo (E-1 a E-8). Los porcentajes de varianza explicada por cada componente se indican en los ejes X e Y.

#### 4.1.2.4. Conclusiones

- La arena (63-2000 micrones), fue la fracción textural más representada en los sedimentos submareales del área de estudio. La representación porcentual y tamaño medio de sus partículas no mostraron variabilidad inter-anual y espacial significativa durante el período de estudio (2014-2019).
- La variabilidad inter-anual de las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso, analizada mediante el agrupamiento de estaciones en sectores y la desagregación de las mismas en entidades individuales, muestra que no se encontraron diferencias significativas o que no se detectó una tendencia clara de variabilidad inter-anual. Por el contrario, si se detectaron diferencias significativas entre sectores (concentraciones más altas dentro del HRC *versus* fuera de este) y estaciones (concentraciones más altas en Cayumapu).
- Las concentraciones de Cobre y Zinc no difirieron entre años y sectores, a la vez que las de Plomo fueron más altas durante los años 2014-2016, en los ríos tributarios y en el eje estuarial y central del HRC. El tratamiento de los datos sin agrupar estaciones mostró diferencias inter-anales significativas y concentraciones más altas de estos metales en Cayumapu y Punucapa.
- Ya sea analizando por sectores o estaciones separadas, las concentraciones de Arsénico mostraron diferencias inter-anales significativas, pero sin tendencias a ser más altas durante el último par de años de este programa (2018 y 2019). La desagregación de estaciones mostró concentraciones más altas de este metal en Punucapa. Por su parte, las concentraciones de Mercurio mostraron tendencias inter-anales similares a la del Arsénico y con valores más altos en los tributarios, eje central y estuarial del HRC y fuera de este (datos agrupados por sectores) o en Cayumapu y Punucapa (datos desagregados por estaciones).

- No se detectó Cadmio en los sedimentos del área de estudio.
- No se detectaron Ácidos Resínicos en ninguna de las estaciones y campañas realizadas entre los años 2014 y 2019.
- Las concentraciones de AOX no difirieron significativamente al comparar años y sectores; sin embargo, los resultados de los análisis con estaciones separadas, mostraron concentraciones más altas de estos compuestos durante los años 2014 y 2015 y en las estaciones Rucaco y Cayumapu.
- No se detectaron EOX ninguna de las estaciones y campañas realizadas entre los años 2014 y 2019.
- Los resultados de los análisis con estaciones separadas, muestran que las concentraciones de Dioxinas fueron significativamente más altas durante los años 2016 y 2017, las de los Furanos no mostraron diferencias significativas inter-anales y las de los Equivalentes Tóxicos fueron significativamente más altas durante los años 2014 y 2018. Los sedimentos de San Luis y Cayumapu, tuvieron concentraciones significativamente más altas de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos.
- De un total de 8 estaciones y 6 muestreos (2014 a 2019), la Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó en una sola estación (fuera del HRC) y muestreo (2019), a la vez que la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue detectada en seis de ocho estaciones (dentro y fuera del HRC) y cinco muestreos (2014 y 2016 a 2019). Los Furanos 2.3.7.8 (TCDF) y 1.2.3.7.8 (PeCDF) se detectaron en siete de ocho estaciones (dentro y fuera del HRC) y en todos los muestreos.
- Los resultados de Análisis de Componentes Principales (ACP), destinado a detectar cuales de los parámetros estudiados tiene mayor relevancia en explicar la variabilidad de los datos, muestran que durante el período de estudio (2014-2019), no existe



diferenciación inter-anual estadísticamente significativa, lo que indica que, durante el mismo, la matriz sedimentaria del HRC tuvo una estabilidad alta en cuanto a los parámetros estudiados. Por el contrario, sí se observó diferenciación espacial significativa con segregación de las estaciones San Luis, Rucaco y Cayumapu. Concentraciones más altas de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos, dieron cuenta de la segregación de los sedimentos de San Luis, AOX de aquellos de Rucaco y Cayumapu, y materia orgánica total, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Mercurio y Ácidos grasos, de los sedimentos de Cayumapu.

#### **4.1.2.5. Referencias**

Anderson F, Black L, Mayer L, Watling L (1981) A temporal and spatial study of mudflat texture. *Northeastern Geology* 3:184-191

Cayuela L (2011) Análisis Multivariante, Área de Biodiversidad y Conservación. Universidad Rey Juan Carlos, Madrid

Emery KO (1938) Rapid method of mechanical analysis of sands. *Journal of Sedimentary Research* 8(3):105-111

Gilbert RO (1987) *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. Wiley, New York

Kendall MG (1975) *Rank correlation methods*, 4th edition. Charles Griffin, London

Mann HB (1945) Non-parametric tests against trend. *Econometrica* 13(13):245-259

Seward-Thompson B, Hails J (1973) An appraisal on the computation of statistical parameters in grain size analyses. *Sedimentology* 11: 83-98

Sokal R, Rohlf F (1995) *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. W.H. Freeman, New York 877 p

## ANEXO 1

**Tabla 1.** Estaciones y fechas de muestreos de calidad del sedimento durante abril y julio del año 2014.

estaciones	menor caudal	mayor caudal
------------	--------------	--------------

<b>Porción superior del río Cruces (sector límnico)</b>		
<b>1</b> (sector Ciruelos)	07-abr-14	01-ago-14
<b>2</b> (sector Rucaco)	07-abr-14	01-ago-14
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>		
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	09-abr-14	01-ago-14
<b>4</b> (sector Santa Clara)	09-abr-14	29-jul-14
<b>5</b> (sector Tres Bocas)	09-abr-14	29-jul-14
<b>6</b> (sector Punucapa)	09-abr-14	29-jul-14
<b>7</b> (sector Cruces-Cau Cau)	09-abr-14	29-jul-14
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>		
<b>8</b> (río Pichoy interior)	10-abr-14	30-jul-14
<b>9</b> (desembocadura río Pichoy)	10-abr-14	30-jul-14
<b>10</b> (río Cayumapu interior)	10-abr-14	30-jul-14
<b>11</b> (desembocadura río Cayumapu)	10-abr-14	30-jul-14
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>		
<b>12</b> (río Calle Calle)	07-abr-14	31-jul-14
<b>13</b> (río Valdivia)	07-abr-14	31-jul-14
<b>14</b> (río Angachilla)	08-abr-14	31-jul-14

---

**Tabla 2.** Estaciones y fechas de muestreos de calidad del sedimento durante abril del año 2015.

<b>estaciones</b>	<b>período de menor caudal</b>
<b>Porción superior del río Cruces (sector límnico)</b>	
<b>1</b> (sector Ciruelos)	08-abr-2015
<b>2</b> (sector Rucaco)	08-abr-2015
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>	
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	08-abr-2015
<b>4</b> (sector Santa Clara)	07-abr-2015
<b>5</b> (sector Punucapa)	09-abr-2015
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>	
<b>6</b> (río Pichoy interior)	07-abr-2015
<b>7</b> (río Cayumapu interior)	07-abr-2015
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>	
<b>8</b> (río Calle Calle)	09-abr-2015

**Tabla 3.** Estaciones y fechas de muestreos de calidad del sedimento durante abril del año 2016.

<b>estaciones</b>	<b>período de menor caudal</b>
<b>Porción superior del río Cruces</b>	
<b>(sector límnic)</b>	
<b>1</b> (sector Ciruelos)	06-abr-2016
<b>2</b> (sector Rucaco)	06-abr-2016
<b>Eje central del río Cruces</b>	
<b>(área estuarial)</b>	
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	06-abr-2016
<b>4</b> (sector Santa Clara)	05-abr-2016
<b>5</b> (sector Punucapa)	05-abr-2016
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>	
<b>(área estuarial)</b>	
<b>6</b> (río Pichoy interior)	04-abr-2016
<b>7</b> (río Cayumapu interior)	04-abr-2016
<b>Fuera del humedal del río</b>	
<b>Cruces y sus ríos tributarios</b>	
<b>(área estuarial)</b>	
<b>8</b> (río Calle Calle)	04-abr-2016

**Tabla 4.** Estaciones y fechas de muestreos de calidad del sedimento durante abril del año 2017.

<b>estaciones</b>	<b>período de menor caudal</b>
<b>Porción superior del río Cruces</b>	
<b>(sector límnic)</b>	
<b>1</b> (sector Ciruelos)	12-abr-2017
<b>2</b> (sector Rucaco)	12-abr-2017
<b>Eje central del río Cruces</b>	
<b>(área estuarial)</b>	
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	11-abr-2017
<b>4</b> (sector Santa Clara)	11-abr-2017
<b>5</b> (sector Punucapa)	11-abr-2017
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>	
<b>(área estuarial)</b>	
<b>6</b> (río Pichoy )	10-abr-2017
<b>7</b> (río Cayumapu)	10-abr-2017
<b>Fuera del humedal del río</b>	
<b>Cruces y sus ríos tributarios</b>	
<b>(área estuarial)</b>	
<b>8</b> (río Calle Calle)	10-abr-2017

**Tabla 5.** Estaciones y fechas de muestreos de calidad del sedimento durante abril del año 2018.

<b>estaciones</b>	<b>período de menor caudal</b>
<b>Porción superior del río Cruces (sector límnico)</b>	
<b>1</b> (sector Ciruelos)	18-abr-2018
<b>2</b> (sector Rucaco)	18-abr-2018
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>	
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	17-abr-2018
<b>4</b> (sector Santa Clara)	17-abr-2018
<b>5</b> (sector Punucapa)	17-abr-2018
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>	
<b>6</b> (río Pichoy)	16-abr-2018
<b>7</b> (río Cayumapu)	16-abr-2018
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>	
<b>8</b> (río Calle Calle)	16-abr-2018

**Tabla 6.** Estaciones y fechas de muestreos de calidad del sedimento durante abril del año 2019.

<b>estaciones</b>	<b>período de menor caudal</b>
<b>Porción superior del río Cruces (sector límnico)</b>	
<b>1</b> (sector Ciruelos)	17-abr-2019
<b>2</b> (sector Rucaco)	17-abr-2019
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>	
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	16-abr-2019
<b>4</b> (sector Santa Clara)	16-abr-2019
<b>5</b> (sector Punucapa)	16-abr-2019
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>	
<b>6</b> (río Pichoy)	15-abr-2018
<b>7</b> (río Cayumapu)	15-abr-2018
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>	
<b>8</b> (río Calle Calle)	15-abr-2018



**ANEXO 2**

**Tabla 4.1.2.1.** Comparación inter-anual de los valores porcentuales de grava en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	grava (%)			
	2014		2015	2016
	abril	julio	Abril	Abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	9,3 (0,8)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	13,1 (19,1)
2 (sector Rucaco)	46,2 (12,8)	39,2 (5,1)	11,9 (11,2)	30,9 (16,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	83,2 (10,2)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	1,3 (0,6)
4 (sector Santa Clara)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
5 (sector Punucapa)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,7 (0,1)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
7 (río Cayumapu)	4,0 (5,7)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,2 (0,1)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)

estaciones	grava (%)		
	2017	2018	2019
	abril	abril	Abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	0,9 (0,7)	0,2 (0,3)	49,6 (10,2)
2 (sector Rucaco)	0,0 (0,0)	2,9 (2,0)	8,8 (16,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	0,8 (1,2)	1,6 (1,1)	44,8 (16,8)
4 (sector Santa Clara)	0,2 (0,3)	9,7 (4,1)	0,9 (0,6)
5 (sector Punucapa)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,1 (0,2)
7 (río Cayumapu)	0,7 (1,5)	0,1 (0,1)	0,3 (0,3)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)

**Tabla 4.1.2.2.** Comparación inter-anual de los valores porcentuales de arena en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis

estaciones	arena (%)			
	2014		2015	2016
	abril	julio	Abril	Abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	65,1 (0,3)	97,9 (2,0)	64,8 (17,7)	83,8 (22,2)
2 (sector Rucaco)	47,0 (10,2)	46,1 (7,2)	69,7 (20,7)	63,9 (14,2)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	12,6 (7,0)	63,1 (37,5)	98,7 (0,5)	68,7 (3,8)
4 (sector Santa Clara)	97,0 (0,2)	80,0 (1,7)	92,4 (2,8)	95,3 (3,1)
5 (sector Punucapa)	57,8 (10,5)	73,6 (12,4)	18,0 (2,8)	62,8 (13,2)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	96,5 (1,1)	98,4 (0,1)	93,2 (2,4)	97,2 (1,9)
7 (río Cayumapu)	17,6 (4,8)	6,4 (3,8)	18,4 (4,6)	19,5 (22,7)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	55,5 (2,7)	88,7 (2,1)	93,5 (1,7)	84,5 (4,8)

estaciones	arena (%)		
	2017	2018	2019
	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	94,4 (2,8)	94,5 (1,5)	46,6 (8,7)
2 (sector Rucaco)	18,1 (13,8)	65,1 (4,4)	30,5 (3,5)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	29,3 (8,2)	95,7 (1,6)	50,6 (16,6)
4 (sector Santa Clara)	86,4 (2,9)	88,7 (4,5)	95,9 (1,2)
5 (sector Punucapa)	37,5 (28,5)	30,7 (16,5)	20,3 (8,5)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	16,1 (7,4)	94,8 (4,0)	93,2 (2,7)
7 (río Cayumapu)	2,3 (1,5)	11,0 (12,3)	4,2 (2,5)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	70,2 (2,6)	93,9 (3,2)	85,7 (5,0)

**Tabla 4.1.2.3.** Comparación inter-anual de los valores porcentuales de fango en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	fango (%)			
	2014		2015	2016
	abril	julio	Abril	Abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	18,0 (2,7)	1,0 (0,7)	22,9 (10,3)	0,3 (0,2)
2 (sector Rucaco)	6,3 (2,5)	13,8 (1,2)	17,5 (12,6)	2,3 (1,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	3,0 (3,6)	17,7 (11,9)	0,5 (0,2)	13,1 (1,9)
4 (sector Santa Clara)	1,2 (0,1)	11,1 (3,4)	7,3 (2,8)	0,9 (0,4)
5 (sector Punucapa)	40,6 (10,9)	21,8 (10,0)	77,0 (3,6)	28,0 (14,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	1,8 (0,2)	0,2 (0,1)	6,1 (2,1)	0,5 (0,0)
7 (río Cayumapu)	42,1 (6,0)	86,9 (8,2)	57,1 (24,1)	26,0 (7,8)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	28,3 (3,1)	10,2 (1,8)	5,3 (0,5)	10,5 (1,0)

estaciones	fango (%)		
	2017	2018	2019
	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	1,2 (0,6)	0,7 (0,3)	2,0 (0,7)
2 (sector Rucaco)	45,0 (3,3)	21,0 (2,5)	45,9 (11,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	55,0 (7,9)	1,5 (1,2)	3,4 (0,7)
4 (sector Santa Clara)	3,5 (1,8)	0,3 (0,1)	0,8 (0,3)
5 (sector Punucapa)	51,5 (25,9)	61,2 (13,5)	69,8 (6,5)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	75,6 (5,5)	1,0 (1,2)	1,8 (2,2)
7 (río Cayumapu)	76,3 (5,9)	62,1 (21,3)	86,1 (6,1)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	23,6 (2,3)	2,4 (0,7)	6,9 (2,3)

**Tabla 4.1.2.4** Comparación inter-anual de los valores porcentuales de agregados biogénicos en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	agregados biogénicos (%)			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
<b>1</b> (sector Ciruelos)	7,6 (1,5)	1,1 (1,2)	12,2 (11,1)	2,8 (3,2)
<b>2</b> (sector Rucaco)	0,5 (0,2)	0,9 (0,9)	0,9 (1,2)	2,9 (1,3)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
<b>3</b> (sector Fuerte San Luis)	1,3 (0,4)	19,2 (25,6)	0,8 (0,6)	16,9 (3,1)
<b>4</b> (sector Santa Clara)	1,9 (0,3)	9,0 (1,7)	0,3 (0,0)	3,8 (2,6)
<b>5</b> (sector Punucapa)	1,6 (0,4)	4,5 (2,4)	5,0 (3,7)	9,2 (4,5)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
<b>6</b> (río Pichoy)	1,0 (0,8)	1,4 (0,3)	0,7 (0,3)	2,3 (1,9)
<b>7</b> (río Cayumapu)	36,2 (5,2)	6,6 (4,4)	24,5 (28,4)	54,6 (21,3)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
<b>8</b> (río Calle Calle)	15,9 (0,3)	1,1 (0,3)	1,2 (1,3)	5,0 (3,9)



estaciones	agregados biogénicos (%)		
	2017	2018	2019
	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	3,4 (2,0)	4,6 (1,4)	1,8 (1,0)
2 (sector Rucaco)	36,8 (11,1)	11,0 (3,7)	14,8 (3,4)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	14,9 (5,7)	1,1 (0,9)	1,2 (0,2)
4 (sector Santa Clara)	9,9 (3,1)	1,3 (0,9)	2,5 (0,5)
5 (sector Punucapa)	11,1 (5,3)	8,2 (3,1)	9,9 (2,2)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	8,3 (2,4)	4,3 (3,9)	4,9 (2,0)
7 (río Cayumapu)	20,7 (5,3)	26,9 (14,7)	9,4 (3,7)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	6,2 (2,5)	3,7 (3,1)	6,9 (2,3)

**Tabla 4.1.2.5.** Comparación inter-anual de los tamaños de las partículas de arena en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis. SD= sin datos debido a pérdida de muestras.

estaciones	tamaño de la partícula de arena ( $\mu\text{m}$ )			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	314,0 (11,7)	307,1 (7,9)	214,6 (12,4)	488,8 (56,4)
2 (sector Rucaco)	536,0 (45,6)	497,4 (7,5)	412,8 (141,1)	500,3 (97,7)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	177,0 (7,8)	220,2 (18,6)	548,7 (25,2)	220,3 (1,2)
4 (sector Santa Clara)	394,0 (10,6)	213,1 (3,1)	299,3 (8,4)	387,0 (2,0)
5 (sector Punucapa)	211,0 (31,9)	245,4 (1,1)	178,8 (29,9)	233,0 (7,4)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	397,0 (7,0)	352,0 (6,4)	318,6 (7,7)	371,8 (3,0)
7 (río Cayumapu)	165,0 (35,4)	94,4 (19,3)	140,4 (29,6)	123,3 (0,6)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	143,0 (3,9)	193,5 (4,3)	176,6 (5,3)	359,3 (11,6)

estaciones	tamaño de la partícula de arena ( $\mu\text{m}$ )		
	2017	2018	2019
	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	341,4 (18,4)	360,9 (12,4)	705,3 (14,0)
2 (sector Rucaco)	144,0 (17,7)	246,5 (10,1)	361,2 (50,8)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	228,0 (18,8)	632,1 (62,3)	756,4 (20,9)
4 (sector Santa Clara)	263,7 (4,1)	542,0 (29,9)	476,5 (20,6)
5 (sector Punucapa)	144,6 (28,6)	190,4 (11,2)	178,7 (22,8)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	191,2 (4,5)	340,5 (10,0)	346,6 (11,6)
7 (río Cayumapu)	SD	140,8 (1,2)	115,1 (7,8)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	276,3 (6,5)	378,2 (6,6)	272,5 (1,5)

**Tabla 4.1.2.6.** Comparación inter-anual de los valores porcentuales de materia orgánica total en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	materia orgánica total (%)			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	6,7 (0,2)	2,8 (0,2)	15,6 (0,6)	1,6 (0,3)
2 (sector Rucaco)	4,0 (1,1)	10,5 (0,7)	2,0 (0,4)	1,7 (0,1)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	4,9 (2,1)	9,7 (2,7)	2,4 (0,4)	10,6 (1,0)
4 (sector Santa Clara)	2,6 (0,1)	6,8 (0,2)	4,9 (0,8)	3,1 (0,3)
5 (sector Punucapa)	8,3 (1,2)	4,3 (1,5)	13,8 (0,3)	7,0 (1,2)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	3,1 (0,0)	2,4 (0,8)	2,8 (0,8)	1,6 (0,1)
7 (río Cayumapu)	21,1 (2,7)	18,5 (0,2)	33,4 (19,7)	18,4 (0,4)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	11,7 (1,8)	7,4 (0,8)	5,1 (0,4)	2,5 (0,6)

estaciones	materia orgánica total (%)		
	2017	2018	2019
	abril	abril	Abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>			
1 (sector Ciruelos)	2,7 (0,7)	2,4 (0,3)	2,2 (0,8)
2 (sector Rucaco)	29,8 (3,3)	13,7 (0,9)	28,6 (11,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	16,6 (1,1)	2,5 (0,5)	2,5 (0,1)
4 (sector Santa Clara)	3,6 (0,7)	2,3 (1,3)	2,2 (0,3)
5 (sector Punucapa)	9,4 (4,6)	11,6 (1,5)	12,0 (1,4)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	12,3 (1,0)	2,0 (0,5)	3,1 (0,7)
7 (río Cayumapu)	26,6 (5,3)	26,2 (1,8)	15,5 (2,2)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	3,4 (0,9)	3,1 (0,1)	1,9 (0,3)

**Tabla 4.1.2.7.** Comparación inter-anual de los valores porcentuales de carbono orgánico total (COT) en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis

estaciones	carbono orgánico total (%)			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,3 (0,1)	0,5 (0,0)	0,3 (0,0)	0,3 (0,0)
2 (sector Rucaco)	6,4 (0,3)	3,1 (0,4)	0,3 (0,0)	0,9 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	3,4 (0,2)	0,6 (0,0)	5,2 (0,3)	3,7 (0,1)
4 (sector Santa Clara)	0,4 (0,1)	0,7 (0,0)	0,6 (0,0)	0,2 (0,0)
5 (sector Punucapa)	1,2 (0,1)	1,3 (0,1)	2,0 (0,0)	0,3 (0,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,6 (0,1)	0,3 (0,0)	1,9 (0,1)	0,2 (0,0)
7 (río Cayumapu)	4,4 (0,5)	4,7 (0,3)	5,8 (0,1)	6,1 (0,4)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,5 (0,0)	1,9 (0,2)	2,2 (0,0)	0,3 (0,0)

estaciones	carbono orgánico total (%)		
	2017	2018	2019
	abril	abril	Abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>			
1 (sector Ciruelos)	0,3 (0,0)	0,4 (0,0)	0,3 (0,1)
2 (sector Rucaco)	7,8 (0,0)	3,2 (0,1)	8,1 (0,8)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	3,6 (0,2)	0,2 (0,0)	7,0 (1,4)
4 (sector Santa Clara)	0,7 (0,0)	0,3 (0,0)	0,1 (0,0)
5 (sector Punucapa)	1,6 (0,0)	1,9 (0,0)	1,3 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	1,1 (0,0)	0,5 (0,0)	0,3 (0,0)
7 (río Cayumapu)	8,5 (0,3)	5,5 (0,1)	5,8 (0,2)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	0,6 (0,0)	2,2 (0,1)	0,7 (0,0)

**Tabla 4.1.2.8.** Comparación inter-anual de los valores promedio de pH y potencial óxido reducción (POR) en los sedimentos del área de estudio. SD = sin datos ya que el sustrato no presentó en esa oportunidad una condición adecuada para el uso de la sonda para medición de pH (fondo con muchas piedras).

estaciones	pH						
	2014		2015	2016	2017	2018	2019
	abril	julio	abril	abril	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>							
1 (sector Ciruelos)	6,5	6,7	7,0	5,7	7,1	7,2	7,9
2 (sector Rucaco)	6,6	6,9	SD	6,0	7,6	7,5	6,9
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>							
3 (sector Fuerte San Luis)	6,7	6,9	7,4	6,4	7,0	7,5	7,1
4 (sector Santa Clara)	6,2	6,9	7,7	6,3	7,1	7,8	6,5
5 (sector Punucapa)	6,7	7,2	7,4	6,3	7,1	7,7	6,8
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>							
6 (río Pichoy)	6,1	6,1	7,0	5,6	7,2	7,6	7,0
7 (río Cayumapu)	6,2	6,4	6,6	6,1	6,5	6,6	6,7
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>							
8 (río Calle Calle)	6,6	6,3	6,8	5,8	7,5	7,5	7,1



**Tabla 4.1.2.9.** Comparación inter-anual de los valores promedio potencial óxido reducción (POR) en los sedimentos del área de estudio. SD = sin datos ya que el sustrato no presentó en esa oportunidad una condición adecuada para el uso de la sonda para medición de POR (fondo con muchas piedras).

estaciones	POR (mV)						
	2014		2015	2016	2017	2018	2019
	abril	julio	abril	abril	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>							
1 (sector Ciruelos)	120,1	95,6	201,1	117,0	-33,1	22,9	188,4
2 (sector Rucaco)	-17,1	-25,8	SD	177,9	78,9	43,5	-213,5
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>							
3 (sector Fuerte San Luis)	-119	-131,5	-138,7	-59,7	-37,7	-158,6	-130,1
4 (sector Santa Clara)	52,8	-94,8	-0,6	207,5	8,2	97,9	-153,8
5 (sector Punucapa)	-104,4	-84,4	-72,8	34,6	-4,8	38,9	-42,1
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>							
6 (río Pichoy)	123	234	-67,5	187,3	-22,3	-104,7	250,2
7 (río Cayumapu)	-92,8	-27,5	-158	-55,3	-8,1	105,5	-122,2
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>							
8 (río Calle Calle)	-155,1	-62,7	-151,6	-56,2	-53,0	-38,7	-119,9

**Tabla 4.1.2.10.** Concentraciones de Hierro en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Hierro ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	14.918 (192)	23.611 (1.806)	16.849 (1.644)	18.007 (360)
2 (sector Rucaco)	53.572 (24)	34.407 (30)	21.398 (157)	22.963 (1.137)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	40.592 (2.036)	55.551 (3.595)	48.426 (411)	48.466 (1.257)
4 (sector Santa Clara)	19.820 (33)	23.244 (90)	25.459 (132)	21.617 (985)
5 (sector Punucapa)	45.951 (162)	63.019 (238)	64.434 (1.503)	26.808 (1.319)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	20.827 (541)	21.885 (2.361)	42.748 (564)	15.019 (472)
7 (río Cayumapu)	54.906 (1.636)	61.560 (86)	54.652 (1.856)	60.495 (3.428)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	25.641 (742)	32.558 (492)	29.455 (145)	23.642 (1.256)

estaciones	Hierro ( $\mu\text{g/g}$ )		
	2017	2018	2019
	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>			
1 (sector Ciruelos)	15.644 (1.746)	12.683 (357)	29.621 (835)
2 (sector Rucaco)	49.110 (869)	28.680 (1.225)	51.199 (2.207)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	51.137 (903)	17.023 (936)	51.876 (298)
4 (sector Santa Clara)	26.635 (175)	16.945 (365)	22.358 (7)
5 (sector Punucapa)	69.926 (654)	58.995 (5.676)	30.830 (1.983)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	47.732 (315)	14.595 (643)	15.397 (593)
7 (río Cayumapu)	58.692 (135)	45.114 (677)	45.512 (483)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	32.700 (397)	25.961 (455)	30.894 (129)

**Tabla 4.1.2.11.** Concentraciones de Aluminio en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Aluminio ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	16.466 (468)	20.451 (310)	17.877 (1.179)	39.453 (5.109)
2 (sector Rucaco)	58.252 (1.442)	32.807 (202)	21.389 (440)	36.667 (843)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	46.824 (2.087)	53.373 (786)	47.876 (1.778)	69.318 (162)
4 (sector Santa Clara)	23.202 (247)	23.973 (323)	40.491 (398)	37.254 (5.127)
5 (sector Punucapa)	63.232 (700)	68.053 (612)	80.645 (5.458)	34.484 (862)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	26.404 (1.591)	27.413 (252)	45.873 (1.128)	21.571 (1.516)
7 (río Cayumapu)	70.048 (1.244)	88.420 (3.149)	49.593 (3.560)	65.412 (1.568)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	28.110 (66)	37.197 (448)	38.270 (1.114)	28.192 (2.208)

estaciones	Aluminio ( $\mu\text{g/g}$ )		
	2017	2018	2019
	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces</b>			
<b>(sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	17.757 (590)	18.582 (1.940)	30.590 (484)
2 (sector Rucaco)	44.408 (284)	35.502 (1.075)	50.110 (1.581)
<b>Eje central del río Cruces</b>			
<b>(área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	50.758 (809)	14.259 (903)	65.709 (955)
4 (sector Santa Clara)	23.003 (1.368)	14.555 (75)	33.874 (2.070)
5 (sector Punucapa)	68.445 (2.013)	76.327 (7.777)	40.593 (127)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>			
<b>(área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	54.554 (1.569)	11.010 (83)	19.909 (2.409)
7 (río Cayumapu)	65.603 (4.372)	45.738 (1.409)	74.482 (3.491)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>			
<b>(área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	25.142 (1.176)	23.876 (1.043)	32.682 (1.294)

**Tabla 4.1.2.12.** Concentraciones de Manganeso en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Manganeso ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	215 (13)	358 (3)	225 (1)	251 (10)
2 (sector Rucaco)	1.902 (21)	579 (5)	362 (10)	370 (14)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	1.230 (92)	838 (25)	851 (15)	914 (36)
4 (sector Santa Clara)	453 (11)	443 (17)	541 (2)	539 (17)
5 (sector Punucapa)	744 (8)	1.100 (4)	1.057 (5)	497 (15)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	519 (46)	554 (12)	486 (0)	343 (14)
7 (río Cayumapu)	1.080 (37)	1.091 (29)	1.271 (5)	1.004 (37)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	236 (2)	261 (6)	240 (3)	186 (10)

estaciones	Manganeso ( $\mu\text{g/g}$ )		
	2017	2018	2019
	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	151 (14)	266 (7)	448 (4)
2 (sector Rucaco)	1.734 (10)	881 (15)	1.004 (36)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	799 (27)	263 (16)	1.124 (15)
4 (sector Santa Clara)	503 (2)	451 (66)	844 (20)
5 (sector Punucapa)	567 (13)	1.063 (63)	753 (57)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	673 (6)	351 (10)	263 (16)
7 (río Cayumapu)	551 (25)	993 (48)	1.099 (103)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	315 (4)	224 (3)	302 (1)

**Tabla 4.1.2.13.** Concentraciones de Cobre en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Cobre ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	11,6 (0,1)	18,5 (1,6)	15,1 (0,6)	20,9 (1,5)
2 (sector Rucaco)	53,0 (1,7)	33,8 (1,3)	16,4 (0,7)	18,5 (2,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	42,3 (1,1)	48,6 (0,6)	51,7 (0,7)	45,7 (2,8)
4 (sector Santa Clara)	11,5 (0,2)	14,8 (0,1)	16,9 (0,3)	13,5 (1,2)
5 (sector Punucapa)	43,1 (0,3)	60,5 (1,0)	63,8 (1,6)	13,6 (0,6)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	13,2 (0,6)	13,1 (1,0)	40,7 (0,1)	8,1 (0,9)
7 (río Cayumapu)	46,5 (0,3)	48,8 (0,1)	47,9 (0,1)	46,3 (0,8)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	15,3 (0,5)	25,5 (0,3)	25,1 (0,1)	11,6 (0,1)



estaciones	Cobre ( $\mu\text{g/g}$ )		
	2017	2018	2019
	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	10,7 (0,3)	14,9 (0,0)	25,5 (0,9)
2 (sector Rucaco)	38,8 (0,2)	39,3 (4,0)	42,7 (1,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	53,3 (4,2)	14,7 (1,1)	55,5 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	16,2 (0,3)	14,0 (0,3)	21,5 (0,5)
5 (sector Punucapa)	63,7 (1,8)	81,1 (8,1)	32,7 (1,4)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	35,5 (2,1)	12,9 (1,4)	13,7 (0,0)
7 (río Cayumapu)	53,4 (0,6)	51,6 (0,9)	48,6 (1,1)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	23,0 (1,0)	29,1 (0,1)	21,9 (1,1)

**Tabla 4.1.2.14.** Concentraciones de Zinc en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Zinc ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	22,6 (0,4)	33,0 (1,8)	23,5 (0,1)	31,4 (2,4)
2 (sector Rucaco)	112,4 (8,1)	68,8 (0,8)	36,2 (0,4)	39,7 (2,3)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	83,1 (0,3)	127,0 (0,1)	92,1 (0,3)	82,4 (4,8)
4 (sector Santa Clara)	34,8 (0,3)	34,2 (0,2)	42,0 (0,1)	33,7 (0,9)
5 (sector Punucapa)	56,3 (0,8)	64,5 (1,3)	66,3 (1,8)	31,5 (0,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	26,3 (1,5)	22,6 (2,3)	57,4 (0,1)	12,6 (0,5)
7 (río Cayumapu)	91,4 (0,8)	89,7 (0,2)	88,9 (0,1)	83,1 (2,5)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	52,2 (1,2)	64,7 (1,5)	67,2 (6,6)	37,1 (1,3)

estaciones	Zinc ( $\mu\text{g/g}$ )		
	2017	2018	2019
	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	19,9 (1,5)	28,8 (0,2)	42,0 (4,1)
2 (sector Rucaco)	75,8 (1,8)	69,8 (4,9)	121,1 (1,3)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	81,5 (9,5)	38,3 (0,8)	102,9 (1,5)
4 (sector Santa Clara)	37,3 (1,9)	35,9 (0,1)	41,3 (3,1)
5 (sector Punucapa)	59,5 (2,7)	72,5 (5,7)	36,4 (1,3)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	52,9 (4,9)	21,0 (2,9)	18,2 (0,6)
7 (río Cayumapu)	108,9 (1,2)	88,1 (0,1)	86,7 (2,3)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	54,9 (4,8)	62,6 (0,7)	53,9 (2,1)

**Tabla 4.1.2.15.** Concentraciones de Plomo en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	Plomo ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	4,6 (0,2)
2 (sector Rucaco)	11,2 (0,3)	6,0 (0,2)	*	4,7 (0,5)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	6,6 (0,3)	10,7 (0,6)	12,3 (0,1)	11,0 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	*	*	3,7 (0,4)	4,4 (0,1)
5 (sector Punucapa)	8,8 (0,4)	12,1 (0,3)	12,8 (0,1)	4,6 (0,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	4,2 (0,3)	4,7 (0,3)	9,9 (0,1)	5,1 (0,4)
7 (río Cayumapu)	13,4 (0,2)	13,7 (0,2)	12,2 (0,4)	11,1 (1,3)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	5,8 (0,4)	6,6 (0,4)	6,6 (0,4)	4,2 (0,4)

estaciones	Plomo ( $\mu\text{g/g}$ )		
	2017	2018	2019
	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	*	*	*
2 (sector Rucaco)	6,5 (0,8)	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	7,9 (0,4)	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*
5 (sector Punucapa)	10,9 (0,4)	12,5 (0,1)	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	10,0 (0,5)	*	*
7 (río Cayumapu)	8,5 (0,3)	*	9,2 (0,3)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	*	*	*

**Tabla 4.1.2.16.** Concentraciones de Arsénico en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Arsénico ( $\mu\text{g/g}$ )						
	2014		2015	2016	2017	2018	2019
	abril	julio	abril	abril	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces</b>							
<b>(sector límnico)</b>							
1 (sector Ciruelos)	3,8 (0,0)	4,1 (0,2)	3,0 (0,0)	4,0 (0,2)	3,7 (0,1)	3,4 (0,3)	4,2 (0,2)
2 (sector Rucaco)	11,4 (0,1)	4,5 (0,3)	3,6 (0,0)	3,2 (0,0)	13,6 (0,7)	7,7 (0,5)	12,6 (0,3)
<b>Eje central del río Cruces</b>							
<b>(área estuarial)</b>							
3 (sector Fuerte San Luis)	10,3 (0,3)	13,3 (0,5)	11,7 (0,5)	1,0 (0,0)	13,5 (0,1)	2,2 (0,1)	12,8 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	4,4 (0,2)	4,8 (0,1)	7,2 (1,1)	2,7 (0,1)	6,1 (0,6)	2,9 (0,0)	5,8 (0,5)
5 (sector Punucapa)	10,9 (0,9)	15,2 (0,0)	14,6 (0,4)	5,9 (0,1)	16,7 (0,0)	16,7 (1,2)	8,8 (0,8)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>							
<b>(área estuarial)</b>							
6 (río Pichoy)	4,2 (0,2)	3,6 (0,1)	9,8 (0,1)	1,9 (0,0)	12,1 (0,2)	2,6 (0,5)	3,0 (0,0)
7 (río Cayumapu)	9,1 (0,2)	10,2 (0,2)	11,2 (0,2)	1,1 (0,2)	11,4 (0,4)	10,6 (0,2)	9,9 (0,3)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>							
<b>(área estuarial)</b>							
8 (río Calle Calle)	4,1 (0,1)	5,1 (0,1)	4,7 (0,4)	3,9 (0,1)	11,4 (1,0)	6,1 (0,5)	3,7 (0,2)

**Tabla 4.1.2.17.** Concentraciones de Mercurio en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	Mercurio ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,01 (0,001)	0,01 (0,000)	*	0,02 (0,001)
2 (sector Rucaco)	0,08 (0,008)	0,01 (0,002)	*	0,01 (0,001)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,05 (0,001)	0,06 (0,000)	0,05 (0,001)	0,06 (0,001)
4 (sector Santa Clara)	0,01 (0,001)	0,08 (0,003)	*	0,01 (0,001)
5 (sector Punucapa)	0,04 (0,003)	0,04 (0,001)	0,06 (0,004)	0,01 (0,001)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,01 (0,001)	0,00 (0,000)	0,04 (0,004)	0,01 (0,001)
7 (río Cayumapu)	0,08 (0,001)	0,07 (0,000)	0,05 (0,004)	0,09 (0,001)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,01 (0,002)	0,02 (0,001)	0,01 (0,001)	0,01 (0,002)

estaciones	Mercurio ( $\mu\text{g/g}$ )		
	2017	2018	2019
	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>			
1 (sector Ciruelos)	0,01 (0,000)	0,02 (0,002)	0,01 (0,000)
2 (sector Rucaco)	0,06 (0,002)	0,05 (0,000)	0,07 (0,004)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	0,07 (0,000)	0,01 (0,000)	0,08 (0,002)
4 (sector Santa Clara)	0,02 (0,000)	0,01 (0,000)	0,01 (0,000)
5 (sector Punucapa)	0,06 (0,000)	0,10 (0,011)	0,06 (0,002)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	0,04 (0,000)	0,01 (0,001)	0,01 (0,000)
7 (río Cayumapu)	0,10 (0,004)	0,09 (0,001)	0,08 (0,002)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	0,02 (0,001)	0,04 (0,003)	0,03 (0,001)



**Tabla 4.1.2.18.** Concentraciones de Cadmio en los sedimentos del área de estudio. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	Cadmio ( $\mu\text{g/g}$ )						
	2014		2015	2016	2017	2018	2019
	abril	julio	Abril	abril	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>							
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>							
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>							
6 (río Pichoy)	*	*	*	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>							
8 (río Calle Calle)	*	*	*	*	*	*	*

**Tabla 4.1.2.19.** Concentraciones de Ácidos grasos en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Ácidos grasos ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	52,2 (5,5)	2,0 (0,0)	4,9 (0,5)	0,6 (0,0)
2 (sector Rucaco)	532,7 (27,6)	11,0 (1,0)	6,1 (1,5)	1,5 (0,4)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	101,4 (9,6)	25,0 (3,0)	12,7 (0,6)	5,2 (0,3)
4 (sector Santa Clara)	275,8 (35,8)	14,0 (3,0)	7,6 (0,1)	1,1 (0,0)
5 (sector Punucapa)	312,8 (56,3)	6,0 (1,0)	8,5 (1,6)	1,2 (0,3)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	216,5 (28,1)	1,0 (0,0)	6,8 (2,1)	0,8 (0,4)
7 (río Cayumapu)	346,5 (9,8)	16,0 (3,0)	64,5 (0,4)	26,0 (3,3)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	474,9 (57,7)	8,0 (2,0)	32,4 (2,1)	1,4 (0,3)

estaciones	Ácidos grasos (µg/g)		
	2017	2018	2019
	abril	julio	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	0,9 (0,0)	0,3 (0,0)	1,9 (0,4)
2 (sector Rucaco)	1,0 (0,1)	4,4 (0,1)	20,7 (1,6)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	5,2 (1,0)	0,4 (0,1)	3,9 (0,9)
4 (sector Santa Clara)	2,9 (0,2)	0,6 (0,0)	0,5 (0,1)
5 (sector Punucapa)	1,9 (0,2)	4,9 (0,1)	10,2 (1,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	1,8 (0,6)	3,4 (0,9)	1,0 (0,2)
7 (río Cayumapu)	22,3 (0,7)	16,3 (0,6)	15,5 (1,2)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	1,2 (0,2)	4,2 (0,9)	1,6 (0,5)

**Tabla 4.1.2.20.** Concentraciones de Ácidos resínicos contenidos en los sedimentos del área de estudio. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	Ácidos resínicos ( $\mu\text{g/g}$ )						
	2014		2015	2016	2017	2018	2019
	abril	julio	abril	abril	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>							
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>							
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>							
6 (río Pichoy)	*	*	*	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	*	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>							
8 (río Calle Calle)	*	*	*	*	*	*	*

**Tabla 4.1.2.21.** Concentraciones de AOX (haluros orgánicos adsorbibles) en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	AOX ( $\mu\text{g/g}$ )			
	2014		2015	2016
	abril	julio	abril	Abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	17,4 (0,8)	22,9 (3,2)	23,6 (3,8)	25,1 (5,8)
2 (sector Rucaco)	174,9 (16,0)	61,9 (0,6)	35,8 (6,1)	33,7 (6,8)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	46,6 (6,5)	76,7 (0,6)	67,0 (1,8)	48,5 (2,5)
4 (sector Santa Clara)	33,1 (1,9)	24,2 (0,1)	35,7 (3,3)	25,1 (4,9)
5 (sector Punucapa)	25,1 (1,7)	24,4 (2,7)	60,4 (0,6)	26,0 (3,2)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	10,4 (0,9)	8,6 (0,0)	25,9 (3,2)	12,8 (4,1)
7 (río Cayumapu)	67,0 (5,9)	59,2 (2,6)	121,5 (0,1)	87,7 (4,6)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	47,2 (2,1)	69,5 (7,6)	64,2 (3,9)	32,2 (2,6)

estaciones	AOX ( $\mu\text{g/g}$ )		
	2017	2018	2019
	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces</b>			
<b>(sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	16,9 (0,3)	20,6 (2,3)	20,9 (4,7)
2 (sector Rucaco)	105,3 (7,0)	63,0 (5,3)	53,5 (5,8)
<b>Eje central del río Cruces</b>			
<b>(área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	52,8 (3,2)	43,4 (2,8)	25,7 (4,6)
4 (sector Santa Clara)	22,6 (2,6)	29,3 (0,3)	32,1 (1,2)
5 (sector Punucapa)	27,6 (1,6)	28,2 (2,6)	29,4 (2,7)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>			
<b>(área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	14,6 (0,6)	22,5 (3,3)	18,1 (1,6)
7 (río Cayumapu)	88,6 (1,1)	66,6 (5,6)	36,0 (3,9)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>			
<b>(área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	47,9 (0,6)	63,8 (0,5)	47,3 (6,1)

**Tabla 4.1.2.22.** Concentraciones de EOX (haluros orgánicos extraíbles) en los sedimentos del área de estudio. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	EOX ( $\mu\text{g/g}$ )						
	2014		2015	2016	2017	2018	2019
	abril	julio	abril	abril	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>							
1 (sector Ciruelos)	*	*	*	*	*	*	*
2 (sector Rucaco)	*	*	*	*	*	*	*
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>							
3 (sector Fuerte San Luis)	*	*	*	*	*	*	*
4 (sector Santa Clara)	*	*	*	*	*	*	*
5 (sector Punucapa)	*	*	*	*	*	*	*
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>							
6 (río Pichoy)	*	*	*	*	*	*	*
7 (río Cayumapu)	*	*	*	0,13 (0,02)	*	*	*
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>							
8 (río Calle Calle)	*	*	*	*	*	*	*

**Tabla 4.1.2.23.** Concentraciones de Dioxinas en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Dioxinas (ng/g)		
	2014		2015
	abril	julio	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	0,004 (0,001)	0,002 (0,002)	0,016 (0,010)
2 (sector Rucaco)	0,083 (0,005)	0,019 (0,000)	0,004 (0,001)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	0,198 (0,016)	0,125 (0,007)	0,182 (0,009)
4 (sector Santa Clara)	0,004 (0,001)	0,011 (0,001)	0,003 (0,001)
5 (sector Punucapa)	0,013 (0,002)	0,014 (0,001)	0,011 (0,001)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	0,006 (0,001)	0,003 (0,001)	0,007 (0,001)
7 (río Cayumapu)	0,078 (0,002)	0,016 (0,001)	0,004 (0,000)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	0,002 (0,002)	0,012 (0,001)	0,013 (0,002)



estaciones	Dioxinas (ng/g)			
	2016	2017	2018	2019
	abril	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces</b>				
<b>(sector límnico)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,004 (0,000)	0,003 (0,000)	0,016 (0,017)	0,003 (0,001)
2 (sector Rucaco)	0,008 (0,000)	0,001 (0,000)	0,016 (0,019)	0,052 (0,002)
<b>Eje central del río Cruces</b>				
<b>(área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,397 (0,049)	0,490 (0,035)	0,002 (0,001)	0,003 (0,001)
4 (sector Santa Clara)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,004 (0,000)	0,025 (0,032)
5 (sector Punucapa)	0,002 (0,000)	0,018 (0,000)	0,044 (0,024)	0,021 (0,002)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>				
<b>(área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,029 (0,002)	0,046 (0,001)
7 (río Cayumapu)	0,083 (0,004)	0,108 (0,010)	0,125 (0,001)	0,029 (0,037)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>				
<b>(área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,003 (0,001)	0,009 (0,005)	0,020 (0,001)	0,003 (0,000)

**Tabla 4.1.2.24.** Concentraciones de Furanos en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Furanos (ng/g)		
	2014		2015
	abril	julio	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>			
1 (sector Ciruelos)	0,0004 (0,0001)	0,0003 (0,0002)	0,0015 (0,0005)
2 (sector Rucaco)	0,0077 (0,0004)	0,0019 (0,0004)	0,0009 (0,0001)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	0,0170 (0,0003)	0,0103 (0,0002)	0,0150 (0,0004)
4 (sector Santa Clara)	0,0006 (0,0002)	0,0007 (0,0000)	0,0004 (0,0000)
5 (sector Punucapa)	0,0004 (0,0000)	0,0004 (0,0000)	0,0003 (0,0000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	0,0004 (0,0001)	0,0001 (0,0001)	0,0006 (0,0004)
7 (río Cayumapu)	0,0025 (0,0004)	0,0011 (0,0000)	0,0018 (0,0020)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	0,0002 (0,0002)	0,0005 (0,0000)	0,0007 (0,0001)

estaciones	Furanos (ng/g)			
	2016	2017	2018	2019
	abril	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,0003 (0,0001)	0,0002 (0,0000)	0,0004 (0,0004)	0,0005 (0,0005)
2 (sector Rucaco)	0,0006 (0,0001)	0,0002 (0,0000)	0,0012 (0,0017)	0,0064 (0,0023)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,0246 (0,0033)	0,0246 (0,0022)	0,0009 (0,0009)	0,0004 (0,0003)
4 (sector Santa Clara)	0,0001 (0,0001)	0,0000 (0,0000)	0,0006 (0,0001)	0,0026 (0,0030)
5 (sector Punucapa)	0,0002 (0,0002)	0,0007 (0,0001)	0,0009 (0,0004)	0,0009 (0,0007)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,0002 (0,0003)	0,0000 (0,0000)	0,0006 (0,0000)	0,0039 (0,0001)
7 (río Cayumapu)	0,0066 (0,0003)	0,0023 (0,0007)	0,0105 (0,0009)	0,0024 (0,0029)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,0006 (0,0006)	0,0005 (0,0002)	0,0010 (0,0000)	0,0008 (0,0002)

**Tabla 4.1.2.25.** Concentraciones de Equivalentes Tóxicos (EQTs) en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	EQTs (ng/g)		
	2014		2015
	abril	julio	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>			
1 (sector Ciruelos)	0,00002 (0,00000)	0,00006 (0,00008)	0,00007 (0,00004)
2 (sector Rucaco)	0,00051 (0,00012)	0,00016 (0,00008)	0,00002 (0,00000)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>			
3 (sector Fuerte San Luis)	0,00087 (0,00009)	0,00051 (0,00002)	0,00047 (0,00005)
4 (sector Santa Clara)	0,00002 (0,00000)	0,00031 (0,00035)	0,00001 (0,00000)
5 (sector Punucapa)	0,00011 (0,00011)	0,00004 (0,00000)	0,00004 (0,00000)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>			
6 (río Pichoy)	0,00003 (0,00002)	0,00000 (0,00000)	0,00003 (0,00002)
7 (río Cayumapu)	0,00049 (0,00005)	0,00017 (0,00008)	0,00002 (0,00001)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>			
8 (río Calle Calle)	0,00001 (0,00001)	0,00002 (0,00000)	0,00002 (0,00000)

estaciones	EQTs (ng/g)			
	2016	2017	2018	2019
	abril	abril	abril	abril
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	0,00001 (0,00000)	0,00002 (0,00000)	0,00010 (0,00014)	0,00003 (0,00003)
2 (sector Rucaco)	0,00001 (0,00000)	0,00000 (0,00000)	0,00006 (0,00008)	0,00044 (0,00023)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,00096 (0,00005)	0,00081 (0,00003)	0,00005 (0,00005)	0,00000 (0,00000)
4 (sector Santa Clara)	0,00000 (0,00000)	0,00000 (0,00000)	0,00001 (0,00000)	0,00001 (0,00001)
5 (sector Punucapa)	0,00000 (0,00000)	0,00016 (0,00003)	0,00025 (0,00008)	0,00016 (0,00003)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	0,00001 (0,00002)	0,00000 (0,00000)	0,00028 (0,00002)	0,00003 (0,00000)
7 (río Cayumapu)	0,00050 (0,00008)	0,00031 (0,00000)	0,00055 (0,00012)	0,00002 (0,00002)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,00008 (0,00010)	0,00004 (0,00002)	0,00006 (0,00002)	0,00007 (0,00006)

## **4.2. COMPONENTES BIOLÓGICOS**

### **4.2.1. MACRÓFITAS ACUÁTICAS**

#### **4.2.1.1. Análisis espacio - temporal de la cobertura de macrófitas acuáticas y calidad de agua mediante sensores remotos**

##### **4.2.1.1.1. Antecedentes**

Distintos estudios realizados desde el año 2004 han dado cuenta de la importancia de las macrófitas acuáticas para el ecosistema del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC). Estas plantas cumplen distintas funciones ecosistémicas, destacando su aporte como alimento para las aves acuáticas herbívoras del humedal como los cisnes de cuello negro y las taguas. Sumado a su aporte al flujo de energía y materia orgánica de la cadena trófica del HRC, las macrófitas acuáticas son un elemento clave del funcionamiento ecosistémico, aportando también a la estructura del paisaje del mismo y funcionamiento y estabilidad del sedimento en el humedal.

Durante el desarrollo del Programa de Diagnóstico Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, se recopiló una serie de indicadores de distribución y cobertura de las principales plantas acuáticas de interés, al igual que indicadores de calidad de agua (principalmente reflectancia). Dicho estudio se realizó durante el verano 2015 (enero 2015) y se basó en el uso de información de terreno, en conjunto con imágenes de sensores remotos, empleando el archivo de imágenes satelitales Landsat disponibles para el HRC. Eso permitió generar una estimación espacial y temporal de cobertura para las especies más importantes de las macrófitas acuáticas, al igual que series de tiempo espaciales de indicadores de calidad de agua. De esta forma, los resultados de ese Programa de Diagnóstico entregaron una estimación espacialmente explícita de la cobertura de macrófitas y transparencia del agua para el verano del año 2015, además de una estimación retrospectiva de estos indicadores para el periodo previo y posterior al año 2004.

Posteriormente, durante los cuatro primeros años del Programa de Monitoreo Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, se actualizó esa información con datos obtenidos durante el período primaveral de los años 2015, 2016 y en el periodo estival de los años 2017-2018 y 2018-2019. Esos estudios permitieron documentar la importancia de las macrófitas acuáticas presentes en el HRC, al igual que la dinámica sucesional observada tras una década de recuperación del humedal.

En este contexto, el presente estudio analiza los resultados del quinto año del Programa de Monitoreo, correspondiente a la temporada estival del año 2019-2020. Este trabajo tiene como objetivo continuar el estudio sistemático de la cobertura y distribución de las plantas acuáticas dominantes del humedal mediante el uso de modelos de distribución basados en información obtenida mediante sensores remotos. Para ello se emplea la metodología aplicada en el Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (verano 2015) y durante los cuatro primeros años del Programa de Monitoreo del mismo humedal (primaveras de los años 2015 y 2016 y verano del año 2017-2018 y 2018-2019). Así se modela y representa cartográficamente la distribución a lo largo del HRC de aquellas macrófitas acuáticas más relevantes.

Se analizó la variación espacial en la reflectancia, parámetro utilizado como indicador de la transparencia del agua en los distintos sectores del HRC y derivado de la información de sensores remotos. La información así obtenida se complementó con un estimador *in situ* de la transparencia del agua (ver Material y Métodos) contrastada con la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en la misma. De esta forma, se estima el grado de variabilidad temporal observado en la cobertura de macrófitas y la calidad de agua del HRC. Ello busca aportar a la conservación y manejo del humedal, mediante el estudio de la variación temporal de descriptores espacialmente explícitos de dos componentes ecosistémicos clave del HRC: la distribución y cobertura de macrófitas acuáticas y la calidad o transparencia del agua a lo largo de distintos sectores del HRC.

#### 4.2.1.1.2. Objetivos

- Evaluar, mediante el uso de indicadores estimados mediante sensores remotos y mediciones *in situ*, la variabilidad espacial y temporal en la cobertura de macrófitas acuáticas y calidad de agua del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, durante el período estival del año 2019-2020.
- Comparar los resultados obtenidos durante este período de estudio con los resultantes del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (verano 2015) y los primeros cuatro años del Programa de Monitoreo Ambiental del mismo humedal (períodos primaverales de los años 2015 y 2016 y estival del año 2017 y 2018-2019).

En términos operacionales, se entiende por indicador de calidad de agua a:

- i) el análisis de la reflectancia de las imágenes satelitales asociadas a los colores primarios de la luz visible (azul, verde y rojo), así como de la reflectancia de las imágenes satelitales asociada al infrarrojo cercano.
- ii) la estimación *in situ* de la transparencia del agua en puntos específicos del humedal.

Por cobertura de macrófitas, se entiende el análisis de los siguientes indicadores estimados mediante sensores remotos:

- Determinación de los píxeles con presencia de plantas macrófitas acuáticas en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.
- Delimitación de los polígonos que describen la presencia de plantas macrófitas acuáticas sobre el HRC en distintos sectores de interés.



#### **4.2.1.1.3. Material y métodos**

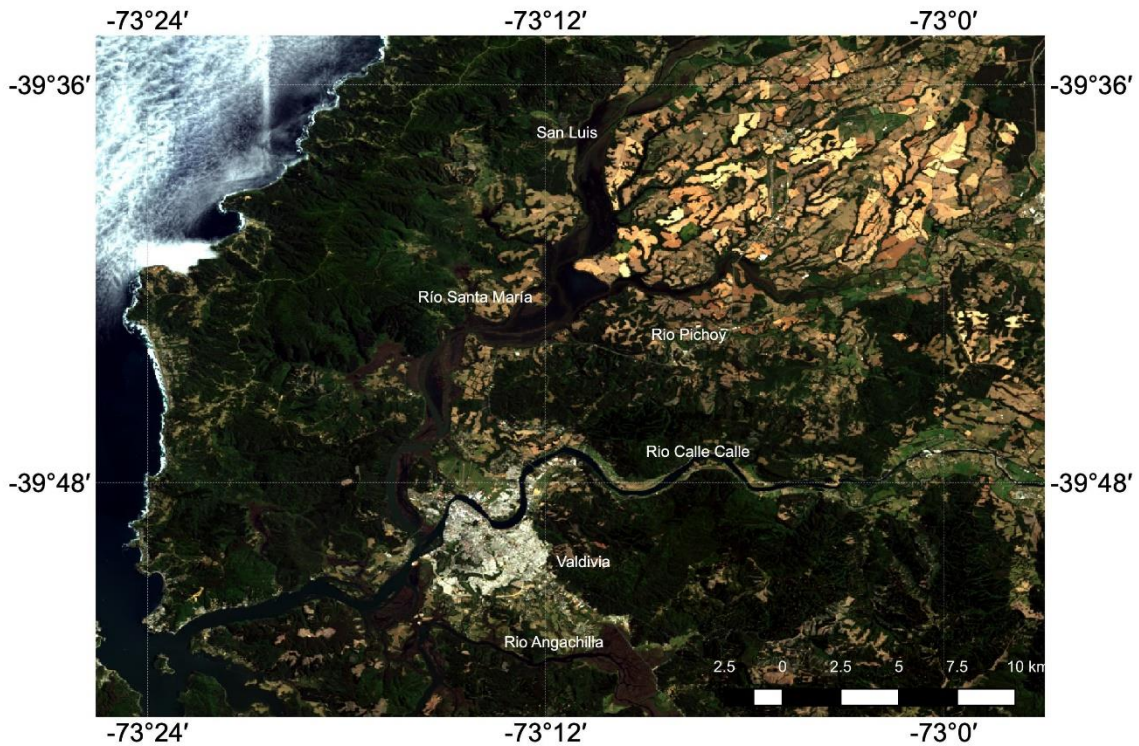
##### **Obtención de imágenes satelitales**

De acuerdo con la metodología empleada durante el desarrollo del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC y sus ríos tributarios (verano 2015) y durante el transcurso de los primeros cuatro años del Programa de Monitoreo Ambiental del mismo humedal (períodos primaverales de los años 2015 y 2016 y estival de los años 2017 y 2018), se analizaron imágenes satelitales en base a la información contenida en los archivos históricos de imágenes captadas por la misión satelital Landsat 8. Para ello, se realizó una búsqueda en los registros de archivo, contemplando el periodo comprendido entre los meses de noviembre del año 2019 y febrero del año 2020. La información analizada fue obtenida desde el archivo histórico de imágenes satelitales del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS; <http://earthexplorer.usgs.gov/>).

Al igual que en estudios previos del humedal, el área de estudio tiene como punto central las coordenadas 40°19'20"S, 72°51'00"W, correspondiente a la región comprendida en la combinación 233/88 del Sistema Mundial de Referencia 2 (WRS-2). Para poder contar con imágenes adecuadas, se examinó el archivo de imágenes buscando seleccionar aquellas fechas para las cuales se contase con una baja cobertura de nubes sobre el humedal. Usualmente, esto corresponde a imágenes satelitales con una cobertura de nubes inferior al 20% del área de barrido satelital en la celda 233/88 WRS2.

La búsqueda realizada permitió contar con una imagen única pero adecuada para los fines del presente análisis y correspondiente al día 11 de febrero del año 2020; las otras imágenes existentes en el archivo entre noviembre 2019 y febrero 2020, presentaron excesiva cobertura de nubes sobre el área del HRC o corresponden a fechas muy distantes de las fechas en que se realizaron las mediciones de transparencia *in situ* para validación en terreno. En la Figura 4.2.1.1.1 se muestra una representación de verdadero color (imagen

tricromática en base a las bandas de color rojo, verde azul) de la escena captada por el sensor OLI / Landsat 8, para el área de estudio (11 de febrero 2020).



**Figura 4.2.1.1.1.** Área de estudio. Se ilustra una imagen de color verdadero, basada en la combinación de las bandas rojo, verde y azul (bandas 4, 3, 2 del sensor Landsat 8). La imagen corresponde al día 11 de febrero del año 2020. Imagen proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18S.

### Procesamiento y corrección de imágenes satelitales

De forma similar a lo realizado en estudios anteriores, la imagen satelital obtenida del archivo histórico del sensor OLI fue procesada y calibrada radiométricamente, y corregida de acuerdo a lo descrito para aguas turbias (caso-2), mediante las ecuaciones y parámetros descritos en la literatura (Chander & Markham 2003; Hwan-Ahn *et al.*, 2004; Lagos *et al.*, 2008). Estos procedimientos permitieron la transformación de los valores de los

números digitales (DN) presentes en las distintas bandas de datos de cada imagen a valores de porcentajes de reflectancia atmosférica superior ( $R_{TOA}$ ), permitiendo la comparación con imágenes obtenidas en diferentes fechas, o bien con imágenes captadas por diferentes sensores, como por ejemplo los sensores TM, TM+ o ETM, correspondientes a las misiones Landsat anteriores a la misión Landsat 8. Dadas las características del HRC, y conforme a los estudios previos, se aplicó una corrección atmosférica para aguas turbias caso-2, mediante el método de *path extraction* (Hwan-Ahn *et al.*, 2004; Lagos *et al.*, 2008). Esta transformación permite dar cuenta de los efectos de la absorción y dispersión sobre la reflectancia del agua. Estos se deben a la radiación difusiva causada por la dispersión de fotones por las moléculas de aire y aerosoles. Esta se suma a aquella causada por el reflejo en la superficie del agua por efecto de los sólidos suspendidos totales (SST), clorofila y la materia orgánica disuelta opaca (CDOM).

La corrección mediante “*path extraction*” se centra en la substracción de la irradiancia mínima o path radiance ( $r_{Path}$ ) de la banda para toda la imagen. Este método asume que la señal  $R_{TOA}$  se reduce a  $r_{Path}$  en el caso de las aguas azules claras, debido a que estas presentan valores mínimos de reflectancia (Antoine & Morel, 1999). Además, se asume que el valor de  $r_{Path}$  es homogéneo a través de la escena Landsat (ver Hwan-Ahn *et al.*, 2004) para las ecuaciones correspondientes y parámetros. Una vez realizadas estas correcciones, se extrajo para cada imagen el valor de reflectancia a partir de las bandas correspondientes al espectro de luz visible e infrarrojo cercano. Para el caso del sensor OLI (misión Landsat 8), estas bandas corresponden a las bandas 2 a 5.

Para estimar la calidad del agua vía análisis de los productos de los sensores remotos, se analizaron los perfiles espectrales de reflectancia de las cuatro bandas (2 a 5). De igual forma, se calculó la razón entre las bandas azul y verde (bandas 2 y 3) como indicador sustituto del nivel de clorofila en el agua (Parslow & Harris, 1990; Peñuelas *et al.*, 1993). El sensor a bordo del satélite Landsat 8 entrega imágenes con una resolución espacial de entre 15 y 30 m, dependiendo de la banda de radiación a analizar. La Tabla 4.2.1.1.1 indica las

longitudes de onda correspondientes a las distintas bandas del sensor OLI, al igual que la resolución espacial correspondiente a cada banda.

**Tabla 4.2.1.1.1.** Bandas del sensor OLI, misión Landsat 8. La Tabla muestra, para las distintas bandas del sensor OLI los atributos o colores que capta cada banda, al igual que la longitud de onda y la resolución espacial o tamaño de pixel.

banda	atributo o color	longitud de onda ( $\mu\text{m}$ )	resolución (m)
1	Aerosol costero	0,43 – 0,45	30
2	Azul	0,45 – 0,51	30
3	Verde	0,53 – 0,59	30
4	Rojo	0,64 – 0,67	30
5	Infrarrojo cercano	0,85 – 0,88	30
6	Infrarrojo de onda corta 1	1,57 – 1,65	30
7	Infrarrojo de onda corta 2	2,11 – 2,29	30
8	Imagen Pancromática	0,50 – 0,68	15
9	Cirrus	1,36 – 1,38	30
10	Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10,60 – 11,19	100 x (30)
11	Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11,50 – 12,51	100 x (30)

Cabe señalar que al igual que en informes anteriores, no se consideraron las bandas 9, 10 y 11. La primera está definida para identificar presencia de nubes tipo cirrus, mientras que las dos últimas difieren en la resolución de origen, siendo re-muestreadas a partir de una escala de 100 m a la resolución final de 30 m. De igual forma, para el caso de la imagen pancromática y dado que esta banda integra información de un rango más amplio de longitud de onda y que es interpolada a una resolución mayor, no ha sido considerada para los esfuerzos de modelamiento de distribución. Ello debido a que su superposición con las bandas restantes y diferencia en resolución, pueden llevar a artefactos o errores en el ajuste del modelo de distribución de plantas acuáticas.

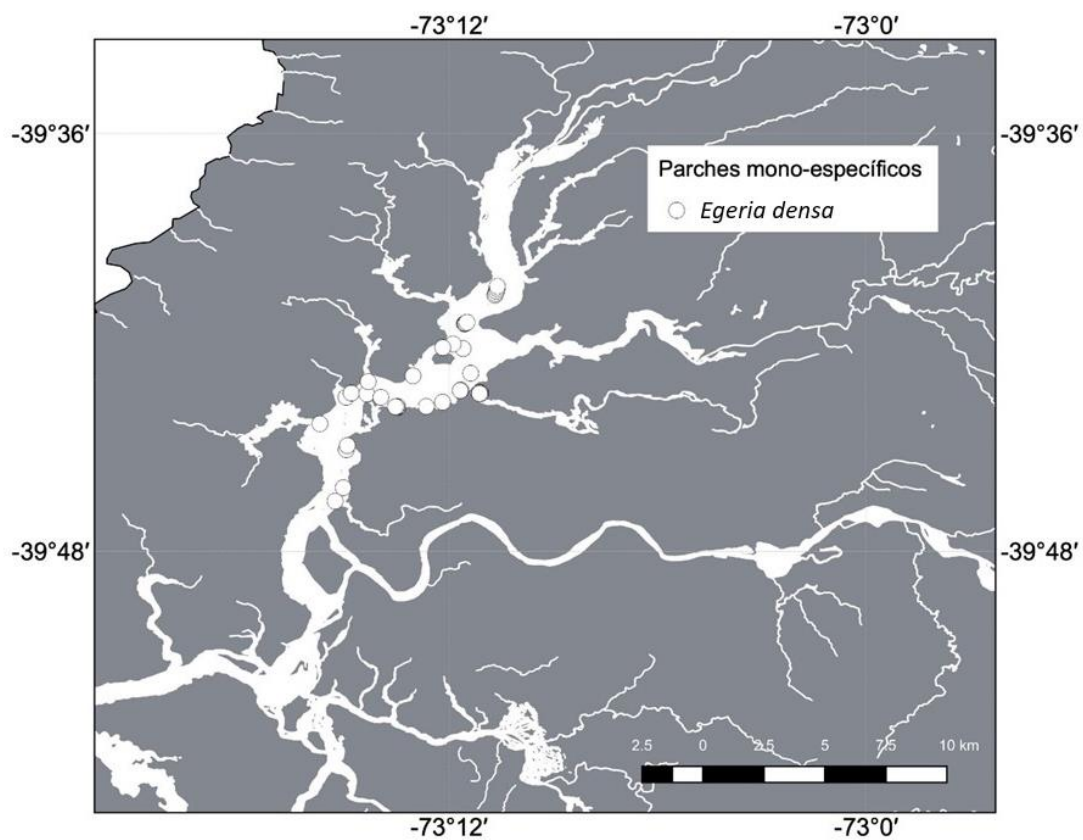
#### **Obtención de registros de parches mono específicos de macrófitas acuáticas.**

Para poder contar con registros de presencia para las macrófitas acuáticas presentes en el HRC, se llevaron a cabo prospecciones en diferentes sectores del área de estudio,

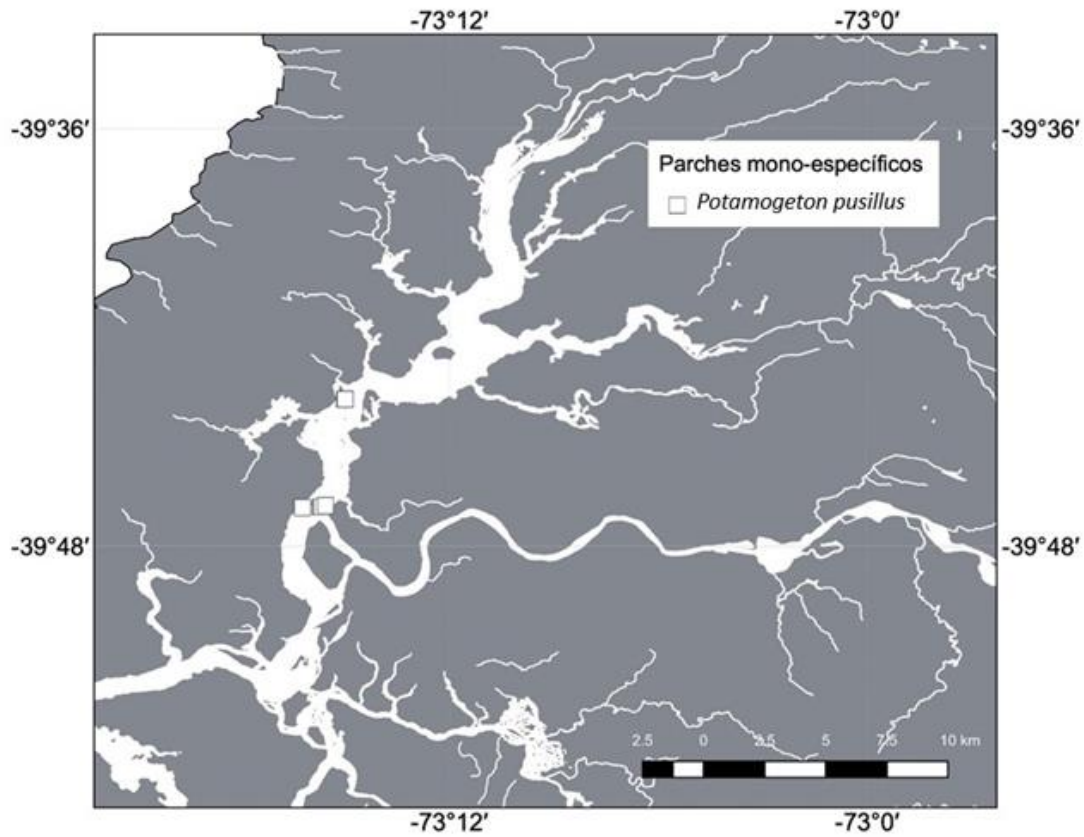
seleccionándose aquellos en los que se observó presencia de áreas monoespecíficas o con dominancia de determinadas especies de plantas.

Se registraron datos georeferenciados de presencia de parches mono específicos de las siguientes especies: *Egeria densa* (Luchecillo), *Potamogeton pusillus* (Huiro de agua dulce), *Potamogeton lucens* (Huiro verde) y *Ludwigia peploides* (Clavito de agua). Cabe destacar que en esta campaña de terreno no se observaron parches mono-específicos de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua). En el caso de *Nymphaea alba* (Loto) y *Schoenoplectus californicus* (Totora), la georreferenciación de presencia de parches mono específicos se realizó mediante inspección visual de imágenes de alta resolución obtenidas mediante sobrevuelos de aeronaves no tripuladas (dron o unmanned aerial vehicles, UAV). Estas imágenes fueron obtenidas a partir de un sobrevuelo planificado mediante el software Pix4d, para posteriormente obtener ortomosaicos georeferenciados. En total se realizaron sobrevuelos en 19 áreas del humedal, correspondientes a las zonas de inspección visitadas mediante UAV en campañas anteriores. Cada imagen de ortomosaico se cargó en el entorno de Sistema de Información Geográfica Quantum Gis (QGIS), en conjunto con la imagen Landsat 8 del 11 de febrero de 2020. Esto permitió identificar aquellos parches monoespecíficos de radio igual o mayor al tamaño de pixel de la imagen Landsat (30 metros).

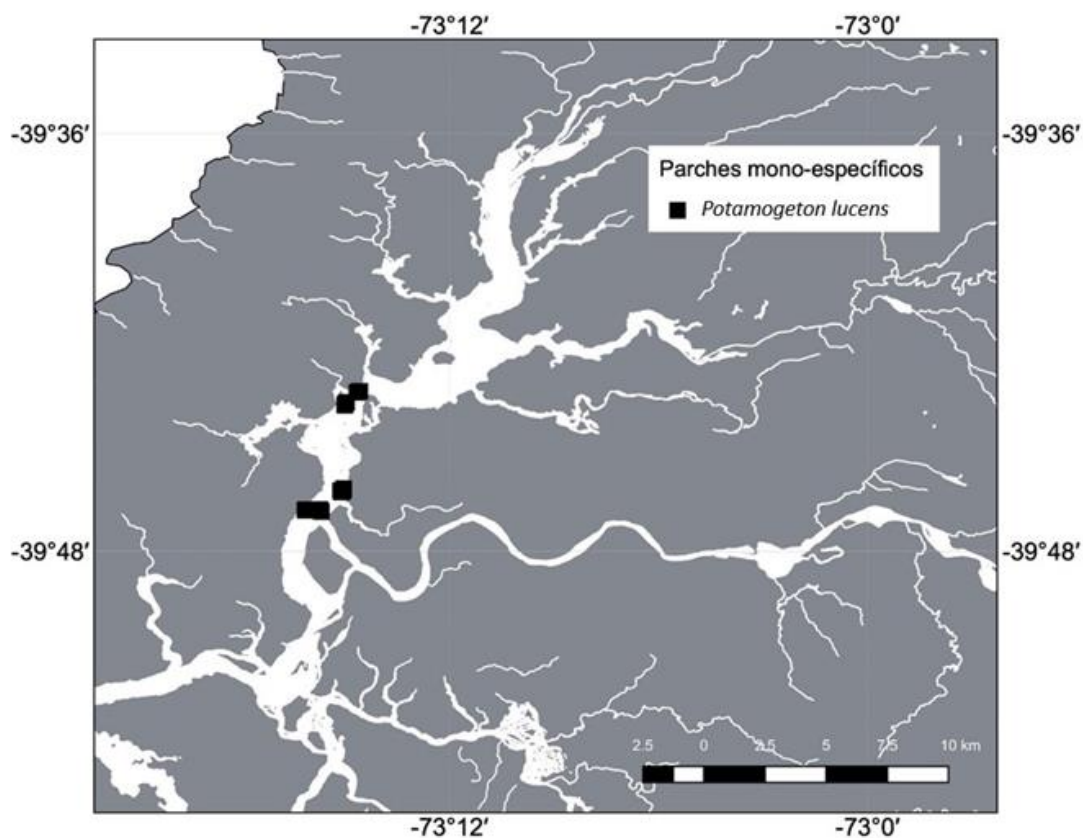
La información recolectada (véase Figs. 4.2.1.1.2 a 4.2.1.1.7) fue consolidada en planillas de cálculo Excel (Microsoft Office ©), mientras que las georeferenciaciones se consolidaron en un archivo Shape de Arcgis. La información recolectada y verificada fue consolidada en una base de datos geoespacial en el programa QGIS. Todas las coordenadas fueron verificadas y almacenadas en archivos con una proyección WSG84/UTM, utilizando el Huso 18 Sur.



**Figura 4.2.1.1.2.** Puntos de muestro para la distribución de *Egeria densa* (Luchecillo) mediante georreferenciación de parches mono-específicos. Se ilustran aquellos puntos en los que se determinó la presencia de Luchecillo (círculos blancos). La imagen de fondo corresponde a la distribución de los principales cursos de agua en los sitios de estudio. Imagen proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur.

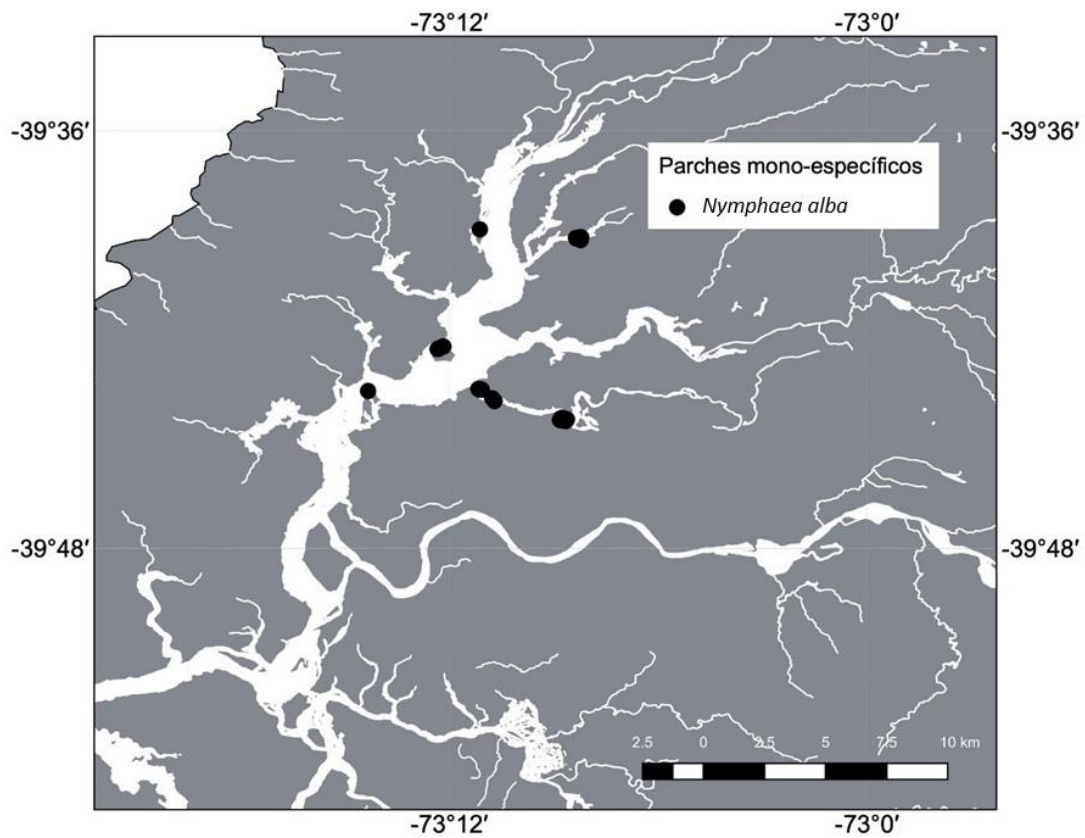


**Figura 4.2.1.1.3.** Puntos de muestro para la distribución de *Potamogeton pusillus* (Huiro de agua dulce) mediante georreferenciación de parches mono-específicos. Se ilustran aquellos puntos en los que se determinó la presencia de Huiro de agua dulce (cuadrados blancos). La imagen de fondo corresponde a la distribución de los principales cursos de agua en los sitios de estudio. Imagen proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur.

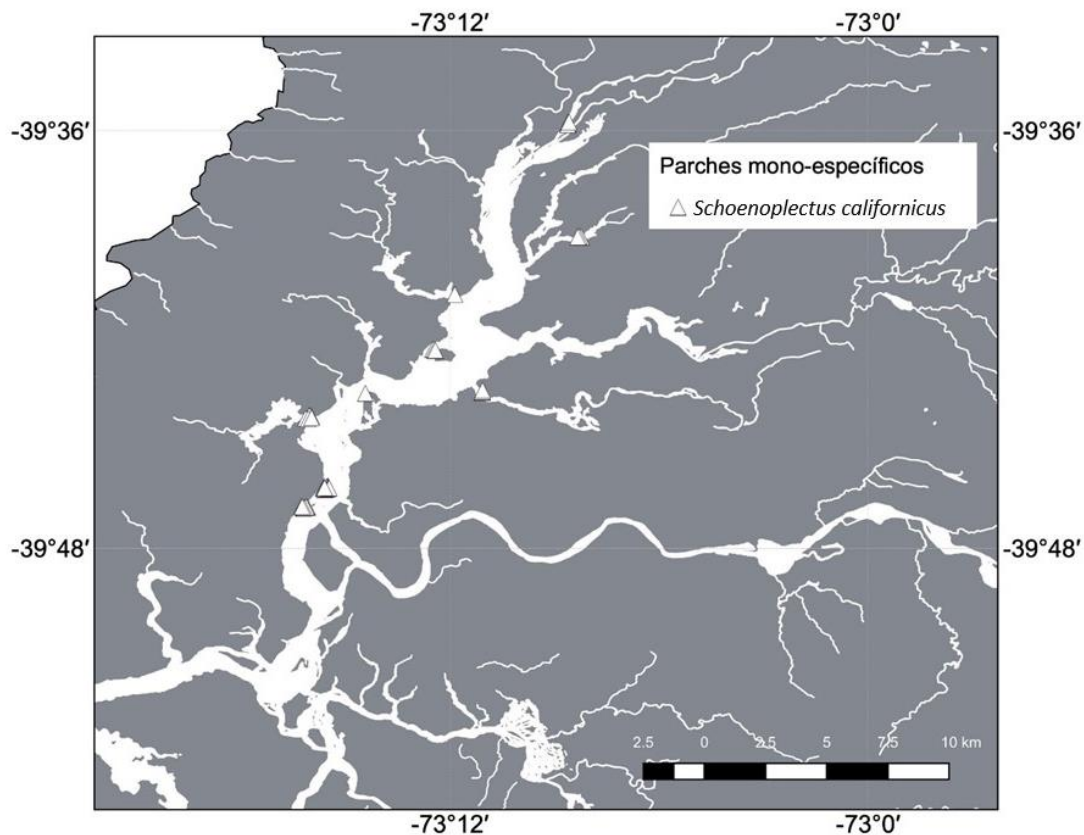


**Figura 4.2.1.1.4.** Puntos de muestro para la distribución de *Potamogeton lucens* (Huiro verde) mediante georreferenciación de parches mono-específicos. Se ilustran aquellos puntos en los que se determinó la presencia de Huiro verde (cuadrados negros). La imagen de fondo corresponde a la distribución de los principales cursos de agua en los sitios de estudio. Imagen proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur.

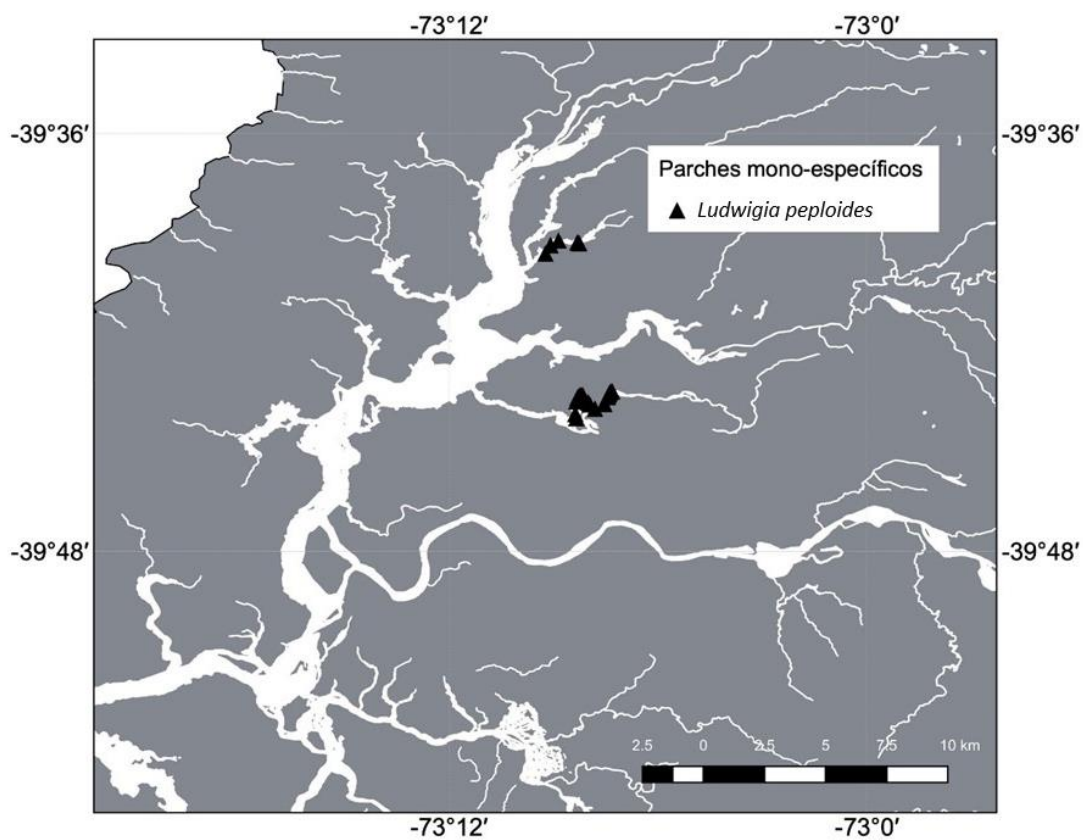




**Figura 4.2.1.1.5.** Puntos de muestro para la distribución de *Nymphaea alba* (Loto) mediante georreferenciación de parches mono-específicos. Se ilustran aquellos puntos en los que se determinó la presencia de Loto (círculos negros). La imagen de fondo corresponde a la distribución de los principales cursos de agua en los sitios de estudio. Imagen proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur.



**Figura 4.2.1.1.6.** Puntos de muestro para la distribución de *Schoenoplectus californicus* (Totora) mediante georreferenciación de parches mono-específicos. Se ilustran aquellos puntos en los que se determinó la presencia de Totora (triángulos blancos). La imagen de fondo corresponde a la distribución de los principales cursos de agua en los sitios de estudio. Imagen proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur.

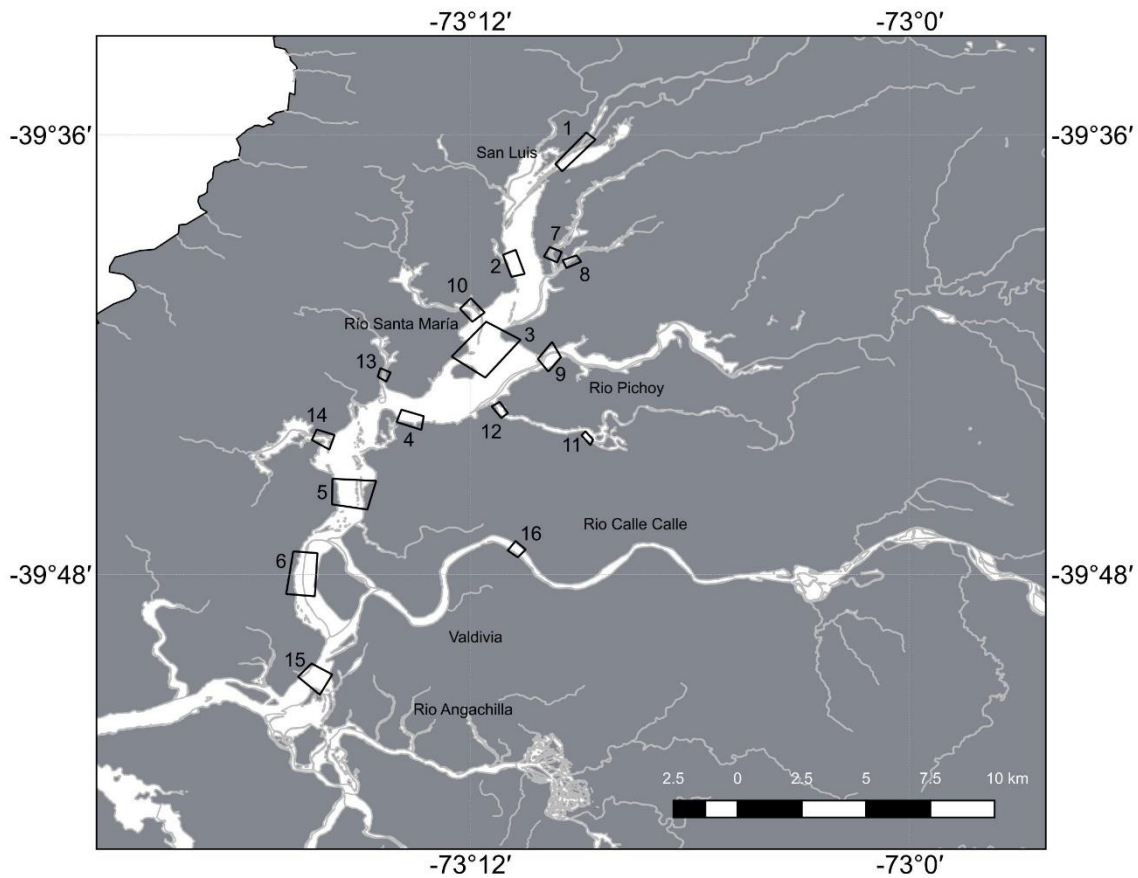


**Figura 4.2.1.1.7.** Puntos de muestro para la distribución de *Ludwigia peploides* (Clavito de agua) mediante georreferenciación de parches mono-específicos. Se ilustran aquellos puntos en los que se determinó la presencia de Clavito de agua (triángulos negros). La imagen de fondo corresponde a la distribución de los principales cursos de agua en los sitios de estudio. Imagen proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur.

### **Obtención de registros de indicadores de calidad de agua *in situ***

A fin de contar con estimaciones empíricas para calidad de agua, durante el período de mareas bajas comprendido entre el 15 y 17 de enero del año 2020 se realizaron mediciones *in situ* de transparencia del agua y se recolectaron muestras de agua para análisis de concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en 16 sectores del área de estudio (Fig. 4.2.1.1.8). La transparencia (n= 5 mediciones por sector) se estimó con un disco Secchi (Lagos *et al.*, 2008), artefacto que permite medir de modo indirecto la penetración de la luz en el agua; *i.e.*, mientras mayor sea la profundidad a la que se observa el Disco Secchi, mayor es la transparencia del agua o penetración de la luz en la misma y *viceversa*. Las muestras de agua (n=5 en cada uno de los 16 sectores) se recolectaron a una profundidad aproximada de 20 cm con frascos plásticos Nalgene de 1 litro. La estimación de SST, se basó en el método de Strickland & Parsons (1972).

La información obtenida fue tabulada en planillas de cálculo Excel (Microsoft Office ©), para luego ser vertida en una base de datos geoespacial en el programa QGIS. De igual forma, la información fue consolidada en una base de datos para su posterior análisis en el entorno de cómputo estadístico R (R Core Team 2013). Todas las coordenadas fueron verificadas y almacenadas en archivos con una proyección WSG84/UTM, utilizando el Huso 18 Sur.



**Figura 4.2.1.1.8.** Sectores de estudio para la estimación de parámetros de calidad de agua. La imagen de fondo corresponde a la distribución de los principales cursos de agua en los sitios de estudio. Imagen proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur. Los sectores de estudio corresponden a: 1. río Cruces, sector San Luis, 2. río Cruces, sector Santa María, 3. río Cruces, sector Isla Rialejo, 4. río Chorocamayo, 5. río Cruces, sector Punucapa, 6. río Cruces, sector Isla Teja, 7. río Nanihue, 8. río Cudico, 9. desembocadura río Pichoy, 10. río Santa María, 11. río Cayumapu interior, 12. desembocadura río Cayumapu, 13. río Tambillo, 14. río San Ramón, 15. río Valdivia, sector Torobayo, 16. río Calle Calle.

### **Modelamiento de distribución de especies de macrófitas acuáticas**

A fin de generar estimaciones espacialmente explícitas de la distribución de las macrófitas acuáticas, se ajustaron modelos de distribución para cada especie (Franklin,

2009). Se utilizaron los registros de presencia georeferenciados, en conjunto con imágenes geográficas generadas a partir del satélite Landsat 8. El ajuste de estos modelos se realizó de acuerdo a la metodología aplicada durante el Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC, lo que permite realizar comparaciones temporales de la distribución espacial de las plantas de interés. Conforme a la metodología aplicada durante ese programa y durante el primer año del Programa de Monitoreo del humedal, se seleccionó como algoritmo de modelamiento el ajuste mediante máxima entropía (MaxEnt). De acuerdo a la literatura especializada, esta técnica de aprendizaje de máquina (“machine learning”) se caracteriza por ser una de las que presenta mejor desempeño frente a tamaños de muestra con bajos valores de presencia de las especies estudiadas (Elith *et al.*, 2006; Elith & Leathwick, 2009; Elith *et al.*, 2011).

La comparación de múltiples métodos de modelamiento ha permitido determinar que los modelos de aprendizaje de máquina, permiten la elaboración de modelos más robustos cuando solo se cuenta con datos de presencia para una especie dada (Elith *et al.*, 2006; Elith & Leathwick, 2009; Elith *et al.*, 2011, Phillips *et al.*, 2017). En particular, la aproximación basada en máxima entropía (MaxEnt) ha sido destacada por su éxito en el ajuste de modelos en base a registros de presencia de especies cuando el tamaño de muestra es bajo (Phillips *et al.*, 2006; Phillips & Dudik, 2008; Elith *et al.*, 2011, Phillips *et al.*, 2017). MaxEnt estima la distribución (rango geográfico) de una especie al encontrar la distribución que tiene máxima entropía (es decir, está más cerca de ser geográficamente uniforme), utilizando como restricción los momentos estadísticos de las variables ambientales en aquellas ubicaciones de ocurrencia registradas (Phillips *et al.*, 2006; Phillips & Dudik, 2008; Elith *et al.*, 2011, Phillips *et al.*, 2017). Estudios recientes han demostrado que el modelo de máxima entropía ajustado por MaxEnt puede reducirse a un proceso de Poisson heterogéneo, permitiendo una inferencia más robusta. En particular, las actualizaciones recientes han sugerido mejoras al proceso de estimación de la probabilidad de presencia de una especie en el paisaje, mediante la implementación de una transformación cloglog (Phillips *et al.*, 2017). De esta forma, MaxEnt entrega no solamente

una estimación de los puntos donde la especie se encuentra presente, sino también una medida de la probabilidad de presencia de la especie, representada en una escala numérica acotada entre 0 y 1, que corresponde a una transformación cloglog de la probabilidad de ocurrencia de la especie evaluada en el paisaje (Phillips *et al.*, 2017). Distintos estudios han determinado que este algoritmo presenta un mejor desempeño en relación a métodos similares de aprendizaje de máquina (ver, por ejemplo, Elith *et al.*, 2006; Ortega-Huerta & Peterson, 2008), siendo particularmente eficaz incluso en situaciones en que el tamaño muestral es pequeño (Hernández *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007; Papes & Gaubert, 2007; Wisz *et al.*, 2008, Phillips *et al.*, 2017).

La implementación del ajuste de modelos de distribución se realizó utilizando el software MaxEnt versión 3.4.1 (Phillips *et al.*, 2017). Para ajustar el modelo, se emplearon los datos georeferenciados de presencia para las especies de interés. Se utilizaron las bandas 1 a 7 de la imagen Landsat 8 ilustrada en la Figura 4.2.1.1.1, al igual que el índice de vegetación normalizada (NVDI) y el índice de vegetación mejorado (EVI) y la razón entre las bandas azul y verde (bandas 2 y 3) como indicador sustituto del nivel de clorofila en el agua (Parslow & Harris, 1990; Peñuelas *et al.*, 1993). De igual manera, se construyó una máscara correspondiente a sectores cubiertos por agua utilizando el índice normalizado de agua (NDWI; Xu 2006). Esto permitió restringir el dominio de modelación a los cursos de agua principales en el área de estudio. La bondad de ajuste de los modelos, definida como la capacidad del modelo de MaxEnt para discriminar entre los sitios de presencia frente a sitios de pseudo-ausencias, se evaluó usando mediante el estadístico AUC, correspondiente al área bajo la curva ROC (Area under the curve, AUC por sus siglas en inglés).

La curva ROC, corresponde al gráfico de la proporción de falsos positivos (1-especificidad) *versus* la proporción de verdaderos positivos (sensibilidad) (Phillips & Dudik, 2008). Para cada especie, se construyó un modelo de máxima entropía mediante un procedimiento de validación cruzada. En este procedimiento el subconjunto de datos de presencia se dividió al azar en cinco subconjuntos o “folds”. Para cada uno de estos

subconjuntos o “folds” de validación cruzada, se ajustó un modelo usándolo como set de prueba y usando a su vez todos los subconjuntos restantes como set de entrenamiento, permitiendo así una mayor robustez en la estimación, particularmente para tamaños muestrales bajos (Elith *et al.*, 2011). Una vez ajustados los modelos para cada uno de los cinco subconjuntos de validación cruzada, estos se promediaron, entregando un modelo promedio. Este modelo entrega una medida de la idoneidad del hábitat, en una escala logística que toma valores entre 0 y 1. A fin de determinar aquellos pixeles en los que cada especie se encontraba presente, se consideraron como pixeles sin presencia de la especie los que presentaron valores por debajo de un umbral correspondiente a la máxima especificidad y sensibilidad en el subconjunto de validación (Phillips *et al.*, 2006; Phillips & Dudik, 2008). De esta forma, se pudo representar la distribución de cada especie de macrófita, junto con una medida de la idoneidad del hábitat en cada pixel. La superficie de idoneidad obtenida para el periodo 2018-2019 se comparó con las superficies de periodos anteriores, resumiendo la idoneidad ambiental mediante una superficie promedio.

#### **4.2.1.1.4. Resultados**

##### **Obtención de imágenes, procesamiento y corrección radiométrica**

Dada la disponibilidad de imágenes en el archivo de la misión Landsat 8, y tomando en consideración las fechas de obtención de registros de presencia de macrófitas acuáticas, así como de las mediciones en terreno de parámetros de calidad de agua, se seleccionó una imagen de la misión LANDSAT 8, con fecha del 11 de febrero de 2020. Esta imagen permitió contar con un registro libre de nubes que correspondiese a la situación actual del área del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios para la temporada primavera-verano del año 2019 a 2020 (Figura 4.2.1.1.1).

Tal como se ha documentado en estudios previos, las aguas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios pueden clasificarse en zonas con distintos niveles de variabilidad



en la calidad del agua (Mulsow & Grandjean, 2006; Lagos *et al.*, 2008). En particular, Lagos *et al.* (2008) distinguieron tres zonas correspondientes a las secciones norte, centro y sur de la zona del humedal con una longitud espacial de 15, 8 y 6 km, respectivamente, lo que permitió identificar variaciones espaciales en la calidad de agua conforme a lo inferido mediante imágenes satelitales. En el presente estudio se repitió este análisis empleando sectores de mayor resolución, los que se ilustran en la Figura 4.2.1.1.8. A fin de evaluar eventuales diferencias interanuales en calidad de agua para cada una de estas zonas, se procedió a evaluar diferencias en los perfiles de reflectancia espectral obtenidos de la imagen Landsat estudiada. Para ello se extrajo el valor de reflectancia atmosférica superior para las bandas 2 a 5. Conforme a lo indicado anteriormente, las bandas 2 a 4 corresponden a los rangos de luz visible, mientras que la banda 5 corresponde a la gama del infrarrojo cercano (NIR) (Tabla 4.2.1.1.1).

#### **Registros de parches mono específicos de macrófitas acuáticas**

La recolección de datos en terreno permitió el registro de observaciones de presencias para las seis especies de interés a lo largo del humedal. En la Tabla 4.2.1.1.2 se detalla el número de observaciones obtenidas para los registros georeferenciados de parches mono-específicos.

**Tabla 4.2.1.1.2.** Número de observaciones de macrófitas acuáticas en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. La Tabla muestra para las seis especies de interés, el número de presencias observadas mediante registros georeferenciados en parches mono-específicos.

<b>especie</b>	<b>registros en parches mono-específicos</b>
<i>Egeria densa</i> (Luchecillo)	37
<i>Potamogeton pusillus</i> (Huiro de agua dulce)	8
<i>Potamogeton lucens</i> (Huiro verde)	20
<i>Nymphaea alba</i> (Loto)	120
<i>Schoenoplectus californicus</i> (Totora)	44
<i>Ludwigia peploides</i> (Clavito de agua)	22

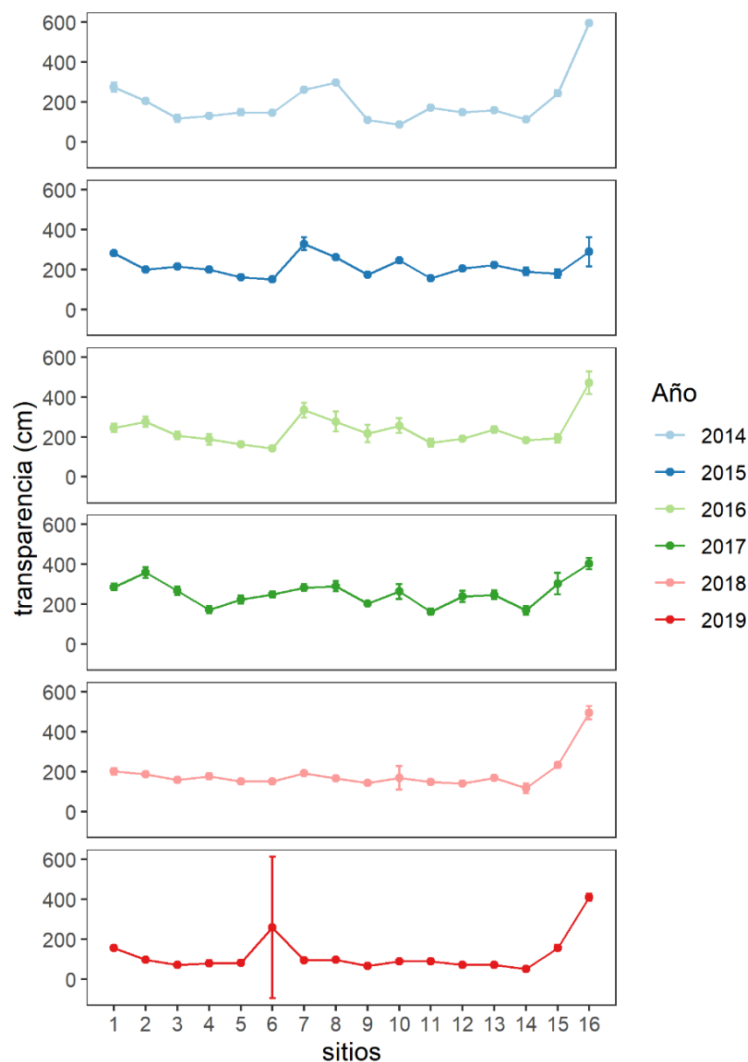
Durante la presente campaña se realizaron sobrevuelos con UAV para corroborar la distribución observada de macrófitas. A fin de optimizar la colecta de datos de distribución y biomasa de las macrófitas dominantes, se redujo la cobertura espacial del muestreo de parches dominantes. Esto se refleja en la cantidad total de puntos obtenidos. Por otra parte, cabe destacar, sin embargo, la baja cobertura y distribución de parches dominantes de *Potamogeton pusillus* (Huiro de agua dulce) se evidencia en la baja incidencia a lo largo del HRC, observándose menos de 10 parches mono-específicos. A su vez, la distribución acotada de *Potamogeton lucens* (Huiro verde) y *Ludwigia peploides* (Clavito de agua) resulta en la presencia de 20 y 22 parches mono-específicos, respectivamente. Al igual que en años anteriores, se observa nuevamente la ausencia de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua), manteniéndose el patrón documentado en los años 2017 a 2019.

#### **Registros de Indicadores de calidad de agua vía mediciones *in situ* de transparencia**

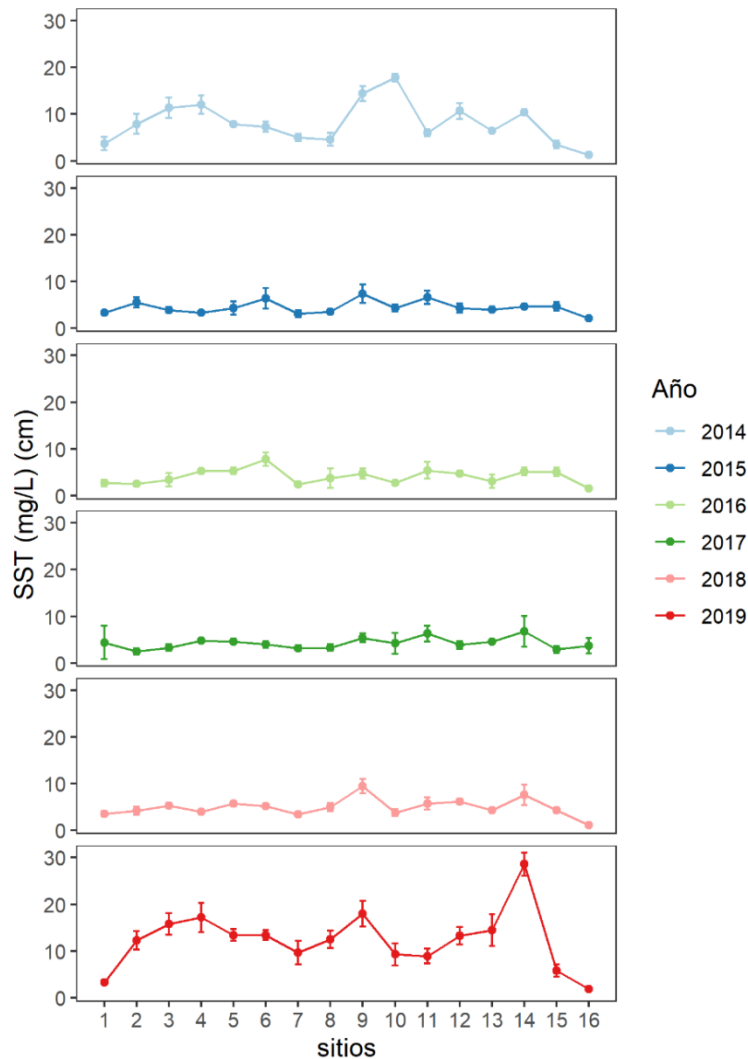
En la Figura 4.2.1.1.9 se ilustra el patrón espacial observado para la transparencia del agua en el área de estudio, se caracterizó por no presentar patrones similares de variación espacial en los años estudiados; *i.e.*, se observaron diferencias significativas tanto entre años (ANDEVA de dos vías, g.l. 5,382;  $F= 10,02$ ;  $p<0,001$ ) como entre sitios (ANDEVA de dos vías, g.l. 15,382;  $F= 92,43$ ;  $p<0,001$ ). De igual forma, el término de interacción entre estos dos factores también presentó diferencias significativas (ANDEVA de dos vías, g.l. 75, 382;  $F= 6,895$ ;  $p<0,001$ ). En el presente muestreo destaca la disminución en la transparencia a lo largo de todos los sitios, al igual que la gran variabilidad evidenciada en el sector de Isla Teja.

Al examinar la variación espacial y temporal en la cantidad de Sólidos Suspendidos Totales (SST), se observan en general valores más bajos entre los años 2015 y 2018 con respecto a los años 2014 y 2020 (Fig. 4.2.1.1.10). Se observaron diferencias significativas tanto entre años (ANDEVA de dos vías, g.l. 5, 384;  $F= 449,02$ ;  $p<0,001$ ) como entre sitios (ANDEVA de dos vías, g.l. 15, 384;  $F= 73,44$ ;  $p<0,001$ ). De igual forma, el término de interacción entre estos dos factores también presentó diferencias significativas (ANDEVA de

dos vías, g.l. 75, 384;  $F = 20, 61$ ;  $p < 0,001$ ). Consistente con la disminución observada en transparencia, los valores de SST observados en el presente estudio muestran un importante aumento, con un máximo reportado en el sector de río San Ramón, seguido en magnitud por los valores observados en la desembocadura del río Pichoy.



**Figura 4.2.1.1.9.** Variación espacial en la transparencia (*i.e.*, profundidad de Disco Secchi) del agua superficial en el área de estudio. Se ilustra el valor promedio para cada sitio y año, junto con una desviación estándar. Los sectores de estudio corresponden a: 1. río Cruces, sector San Luis, 2. río Cruces, sector Santa María, 3. río Cruces, sector Isla Rialejo, 4. río Chorocamayo, 5. río Cruces, sector Punucapa, 6. río Cruces, sector Isla Teja, 7. río Nanihue, 8. río Cudico, 9. desembocadura río Pichoy, 10. río Santa María, 11. río Cayumapu interior, 12. desembocadura río Cayumapu, 13. río Tambillo, 14. río San Ramón, 15. río Valdivia, sector Torobayo, 16. río Calle Calle.



**Figura 4.2.1.1.10.** Variación espacial en la concentración de Sólidos Suspendedos Totales (SST) del agua superficial en el área de estudio. Se ilustra el valor promedio para cada sitio y año, junto con un error estándar. Los sectores de estudio corresponden a: 1. río Cruces, sector San Luis, 2. río Cruces, sector Santa María, 3. río Cruces, sector Isla Rialejo, 4. río Chorocamayo, 5. río Cruces, sector Punucapa, 6. río Cruces, sector Isla Teja, 7. río Nanihue, 8. río Cudico, 9. desembocadura río Pichoy, 10. río Santa María, 11. río Cayumapu interior, 12. desembocadura río Cayumapu, 13. río Tambillo, 14. río San Ramón, 15. río Valdivia, sector Torobayo, 16. río Calle Calle.

### **Modelamiento de distribución de macrófitas acuáticas**

Las observaciones de presencia, en conjunto con las capas de información derivadas de sensores remotos, permitieron generar modelos de distribución para las especies de interés. De manera similar a las campañas anteriores, la bondad de ajuste de los modelos ajustados se evaluó mediante el uso del estadístico correspondiente al área bajo la curva característica operativa del receptor (“Receiver Operating Characteristic curve” o ROC). Este estadístico, el área bajo la curva ROC (“Area under the Curve”, o AUC de acuerdo a sus siglas en inglés), corresponde a la estimación del área bajo la curva de Sensitividad (1-Tasa de Omisión) *versus* (1- Especificidad) o la proporción de área predicha por el modelo. En casi todas las especies, se observaron valores de AUC mayores a 0.9, indicando un muy buen ajuste a la información disponible (Tabla 4.2.1.1.3.).

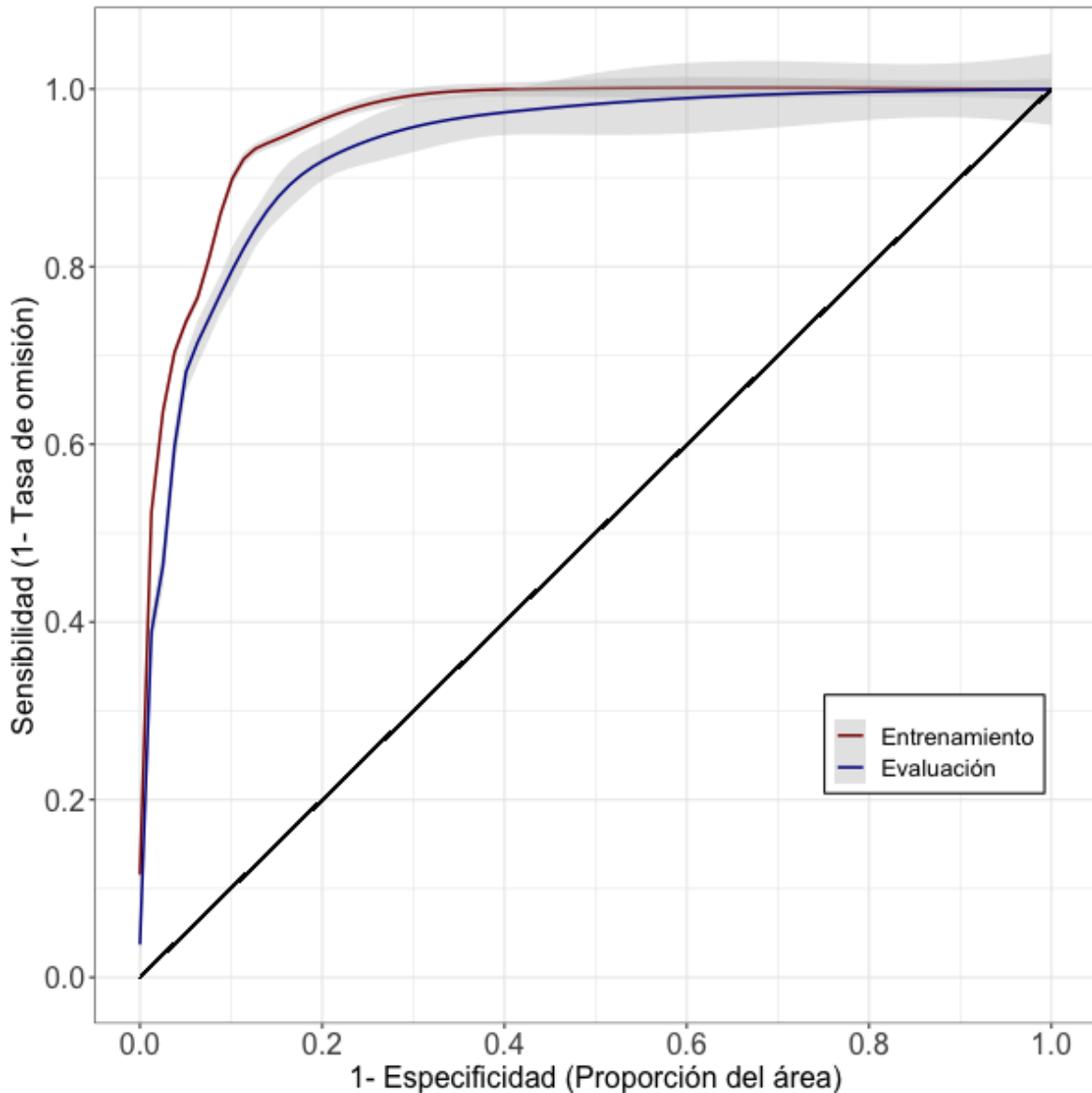
Se observó que todos los modelos ajustados presentaron un alto grado de ajuste, con valores de AUC de entrenamiento superiores a 0.9, con los valores de AUC en los subconjuntos de validación siendo levemente menores, con diferencias del orden de 0.01-0.02. Ello indica que las validaciones independientes corroboran la validez de la clasificación obtenida mediante estos modelos, pese a las diferencias en estrategia muestral respecto de años previos.

Para la mayoría de las especies estudiadas de macrófitas, los valores de AUC se vieron acompañados de curvas ROC muy homogéneas a través de todas las validaciones cruzadas, indicando una alta consistencia en la clasificación hecha por el modelo a través de todas las réplicas realizadas (Tabla 4.2.1.1.3).

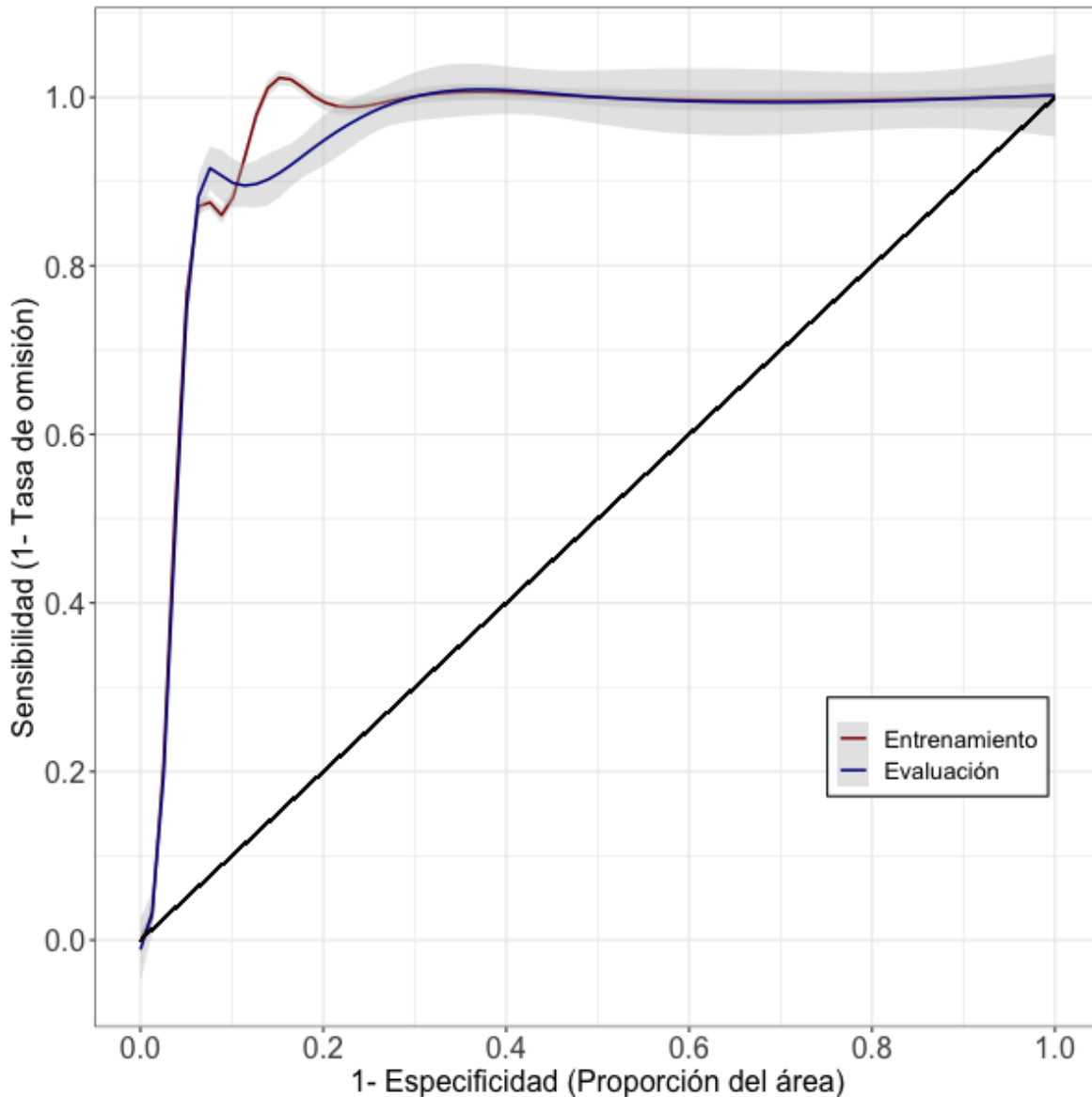
**Tabla 4.2.1.1.3.** Valores de AUC observados para los distintos modelos. Se indican los valores de AUC observados para los modelos de distribución elaborados en base a la imagen satelital obtenida por la misión Landsat 8. Se ilustran los tamaños de muestra y los valores de AUC medio observados, tanto para el subconjunto de calibración como para el subconjunto de validación o prueba. De igual forma se entrega el valor del umbral de corte utilizado. Este corresponde al estadístico TSS, calculado como a suma de la sensibilidad y especificidad en el subconjunto de evaluación. Se reportan los resultados promedio obtenidos mediante las presencias registradas a través de observaciones de parches mono-específicos.

especies	calibración		validación		
	N	AUC	N	AUC	TSS
<b>parches mono específicos</b>					
<i>Egeria densa</i> (Luchecillo)	30	0,962	7	0,923	0,300
<i>Potamogeton pusillus</i> (Huiro de agua dulce)	6	0,955	2	0,946	0,679
<i>Potamogeton lucens</i> (Huiro verde)	16	0,994	4	0,987	0,423
<i>Nymphaea alba</i> (Loto)	100	0,969	20	0,964	0,201
<i>Schoenoplectus californicus</i> (Totora)	35	0,969	9	0,961	0,239
<i>Ludwigia peploides</i> (Clavito de agua)	18	0,992	4	0,989	0,326

Los resultados obtenidos en las curvas ROC promedio se ilustran través de las Figuras 4.2.1.1.11 a 4.2.1.1.16. En ellas se puede apreciar el alto rango de valores de AUC observados, los cuales corresponden a modelos con un muy buen ajuste a los datos empleados para calibrar el modelo. A fin de resumir las curvas ajustadas en cada una de las iteraciones de la validación cruzada, la información se resumió usando un ajuste de modelo aditivo generalizado (gam), permitiendo estimar el intervalo de confianza de 95% para el valor medio de la curva ROC (representada por la banda gris alrededor de las líneas representadas en estas gráficas).

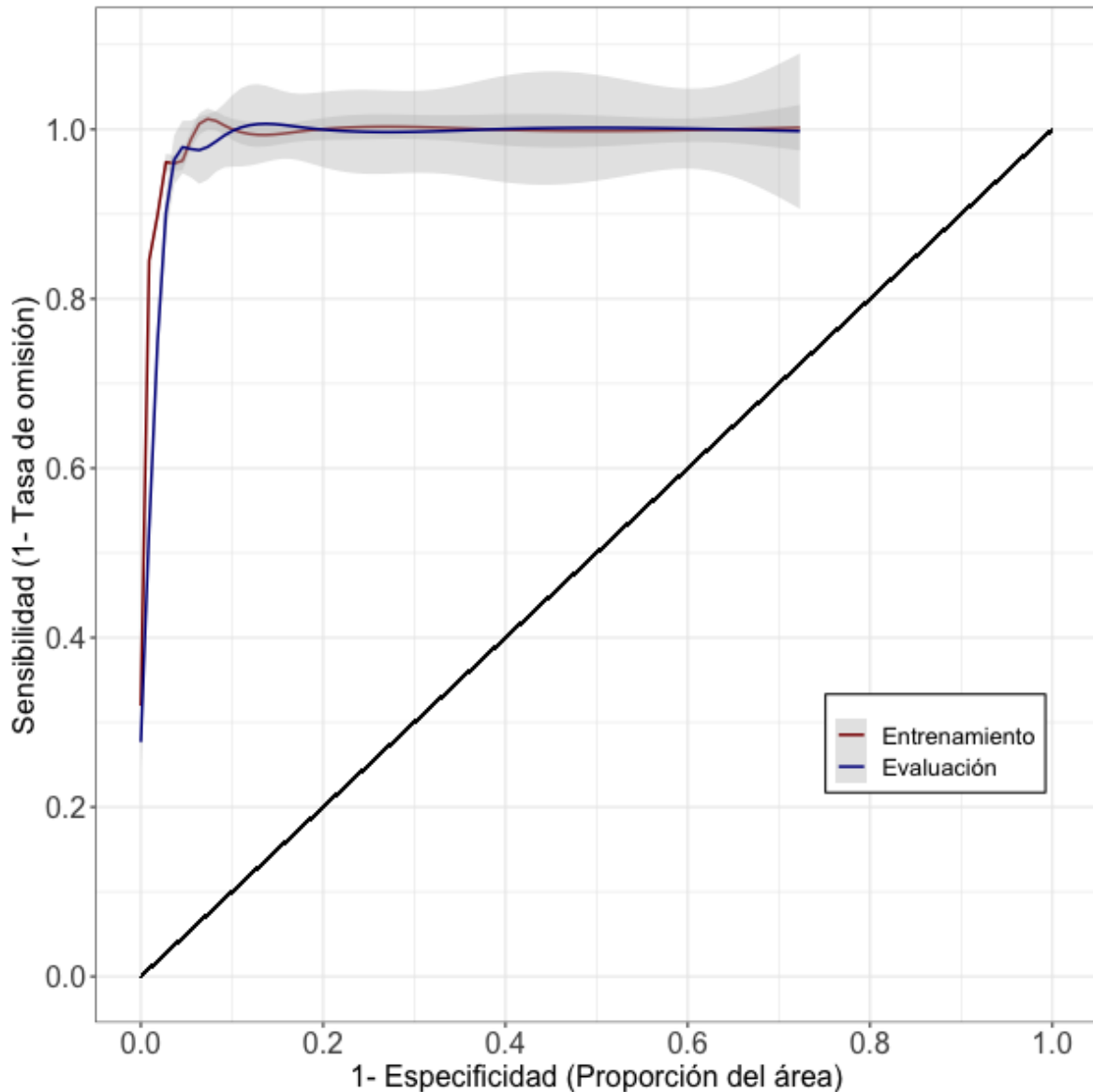


**Figura 4.2.1.1.11.** Curva característica Operador-Receptor (ROC) para el modelamiento de distribución de *Egeria densa* (Luchecillo). La Figura ilustra la curva ROC promedio en una línea roja para el subconjunto de sitios de entrenamiento, promediada a través de las cinco validaciones cruzadas, y la curva ROC promedio en una línea azul para el subconjunto de sitios. En ambos casos se ilustra el intervalo de confianza de 95%, calculado mediante una función loess en el entorno de cómputo estadístico R (R Core Team 2017)

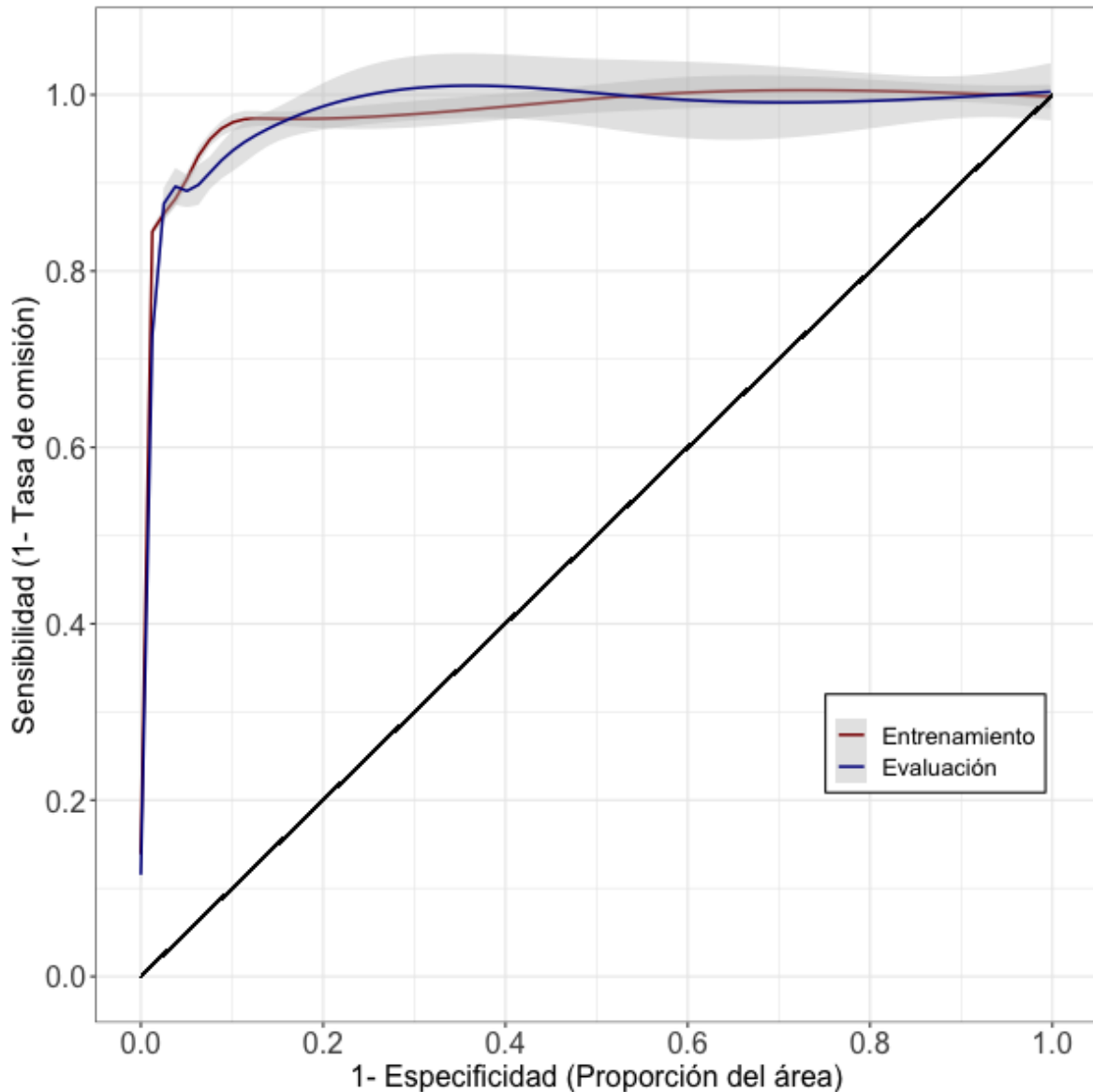


**Figura 4.2.1.1.12** Curva característica Operador-Receptor (ROC) para el modelamiento de distribución de *Potamogeton pusillus* (Huiro de agua dulce). La Figura ilustra la curva ROC promedio en una línea roja para el subconjunto de sitios de entrenamiento, promediada a través de las cinco validaciones cruzadas, y la curva ROC promedio en una línea azul para el subconjunto de sitios. En ambos casos se ilustra el intervalo de confianza de 95%, calculado mediante una función loess en el entorno de cómputo estadístico R (R Core Team 2017)

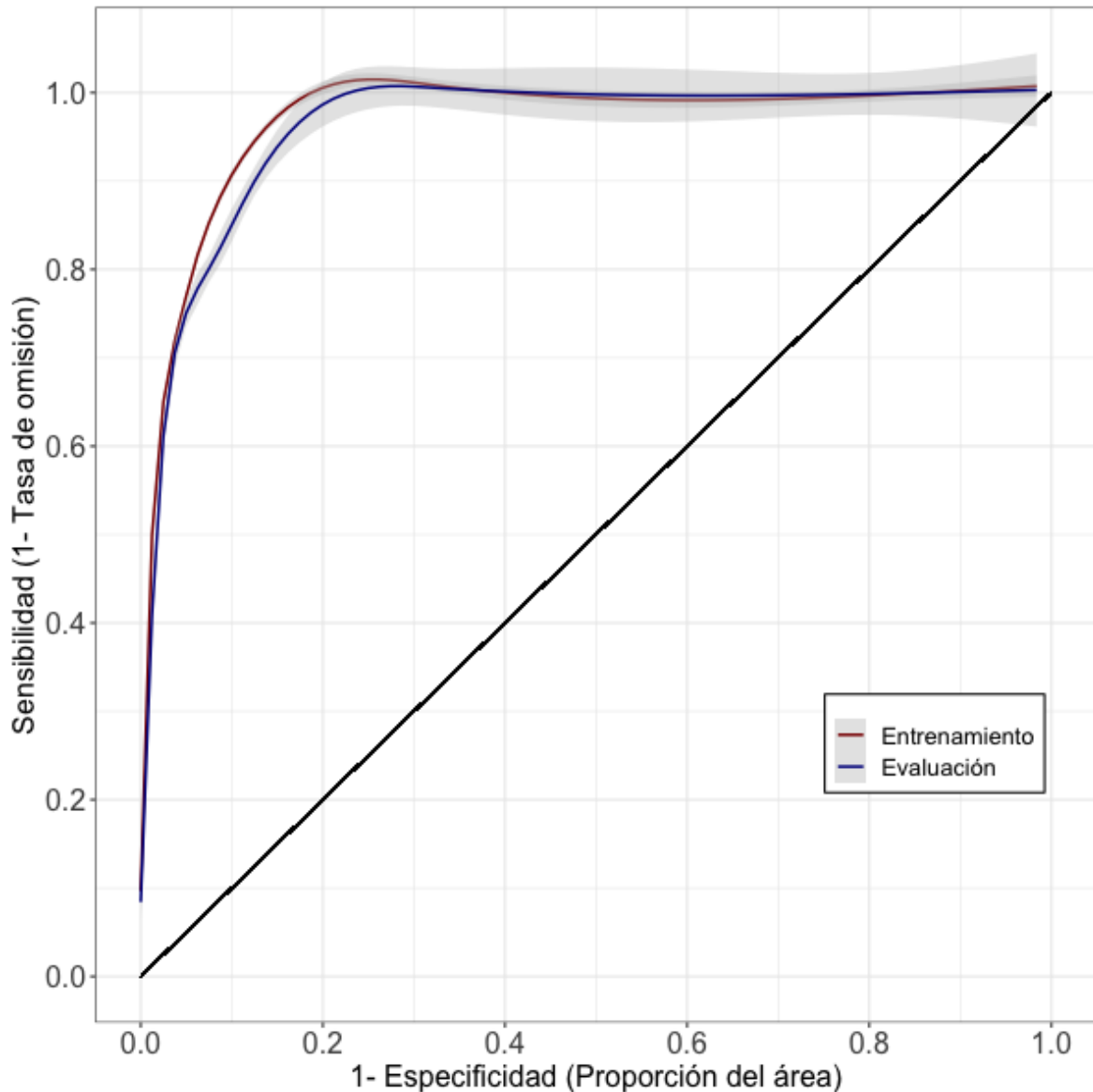




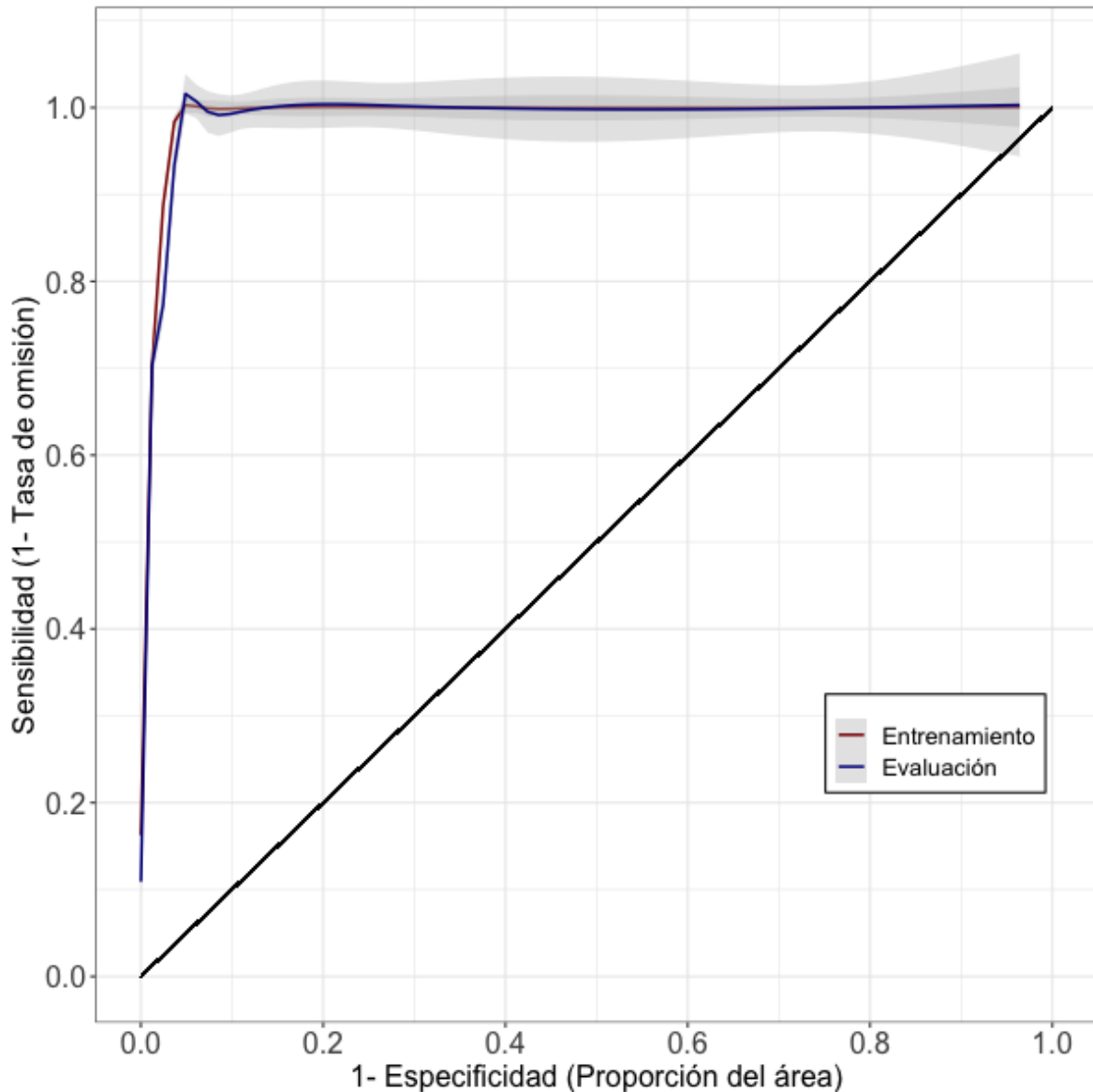
**Figura 4.1.1.1.13.** Curva característica Operador-Receptor (ROC) para el modelamiento de distribución de *Potamogeton lucens* (Huiro verde). La Figura ilustra la curva ROC promedio en una línea roja para el subconjunto de sitios de entrenamiento, promediada a través de las cinco validaciones cruzadas, y la curva ROC promedio en una línea azul para el subconjunto de sitios de. En ambos casos se ilustra el intervalo de confianza de 95%, calculado mediante una función loess en el entorno de cómputo estadístico R (R Core Team 2017)



**Figura 4.2.1.1.14.** Curva característica Operador-Receptor (ROC) para el modelamiento de distribución de *Nymphaea alba* (Loto). La Figura ilustra la curva ROC promedio en una línea roja para el subconjunto de sitios de entrenamiento, promediada a través de las cinco validaciones cruzadas, y la curva ROC promedio en una línea azul para el subconjunto de sitios. En ambos casos se ilustra el intervalo de confianza de 95%, calculado mediante una función loess en el entorno de cómputo estadístico R (R Core Team 2017)



**Figura 4.2.1.1.15.** Curva característica Operador-Receptor (ROC) para el modelamiento de distribución de *Schoenoplectus californicus* (Totora). La Figura ilustra la curva ROC promedio en una línea roja para el subconjunto de sitios de entrenamiento, promediada a través de las cinco validaciones cruzadas, y la curva ROC promedio en una línea azul para el subconjunto de sitios. En ambos casos se ilustra el intervalo de confianza de 95%, calculado mediante una función loess en el entorno de cómputo estadístico R (R Core Team 2017)



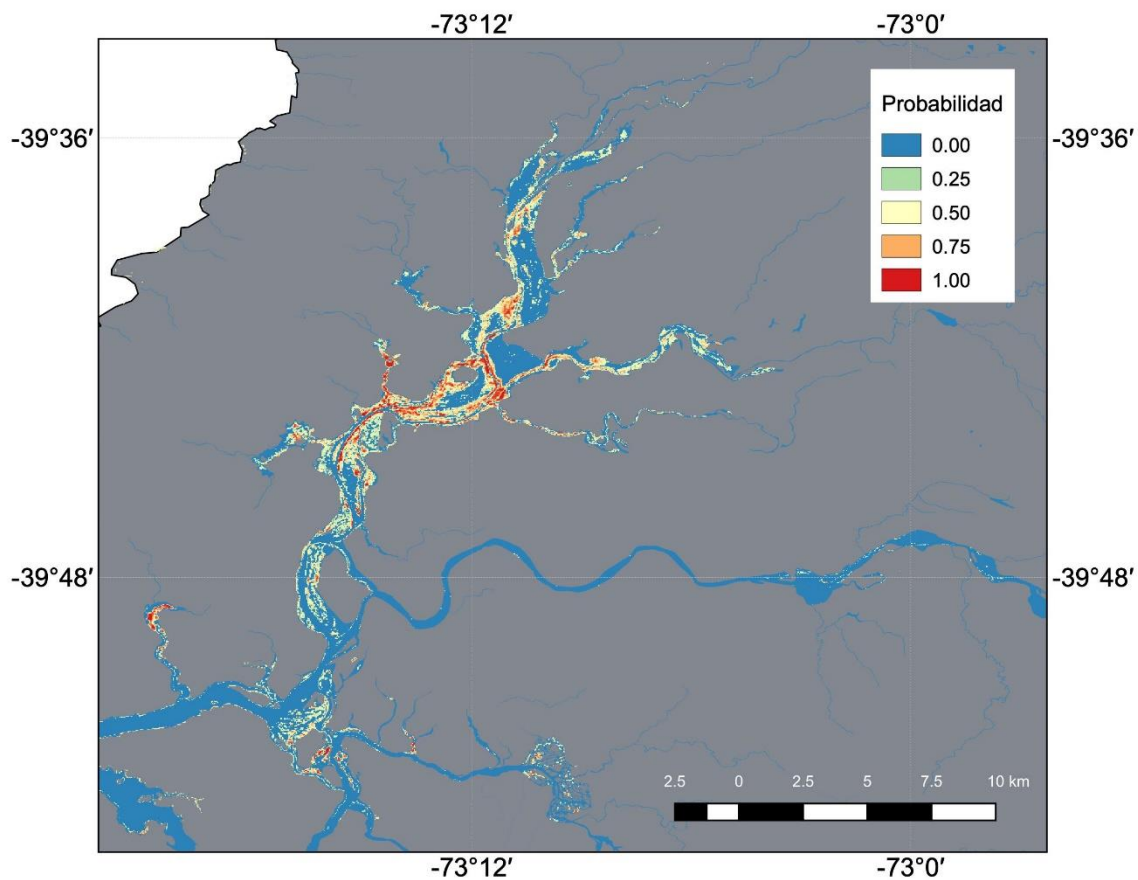
**Figura 4.2.1.1.16.** Curva característica Operador-Receptor (ROC) para el modelamiento de distribución de *Ludwigia peploides* (Clavito de agua). La Figura ilustra la curva ROC promedio en una línea roja para el subconjunto de sitios de entrenamiento, promediada a través de las cinco validaciones cruzadas, y la curva ROC promedio en una línea azul para el subconjunto de sitios. En ambos casos se ilustra el intervalo de confianza de 95%, calculado mediante una función loess en el entorno de cómputo estadístico R (R Core Team 2017)

Las distribuciones espaciales ajustadas se caracterizaron por presentar una cobertura extensa y heterogénea de las áreas idóneas para las diferentes especies a lo largo del humedal. De esta forma especies como *Egeria densa* (Luchecillo), *Potamogeton lucens* (Huiro verde) y *Schoenoplectus californicus* (Totora), se caracterizan por presentar una distribución amplia de hábitat favorable a lo largo de todo el humedal del río Cruces, pero acotada en parches discretos.

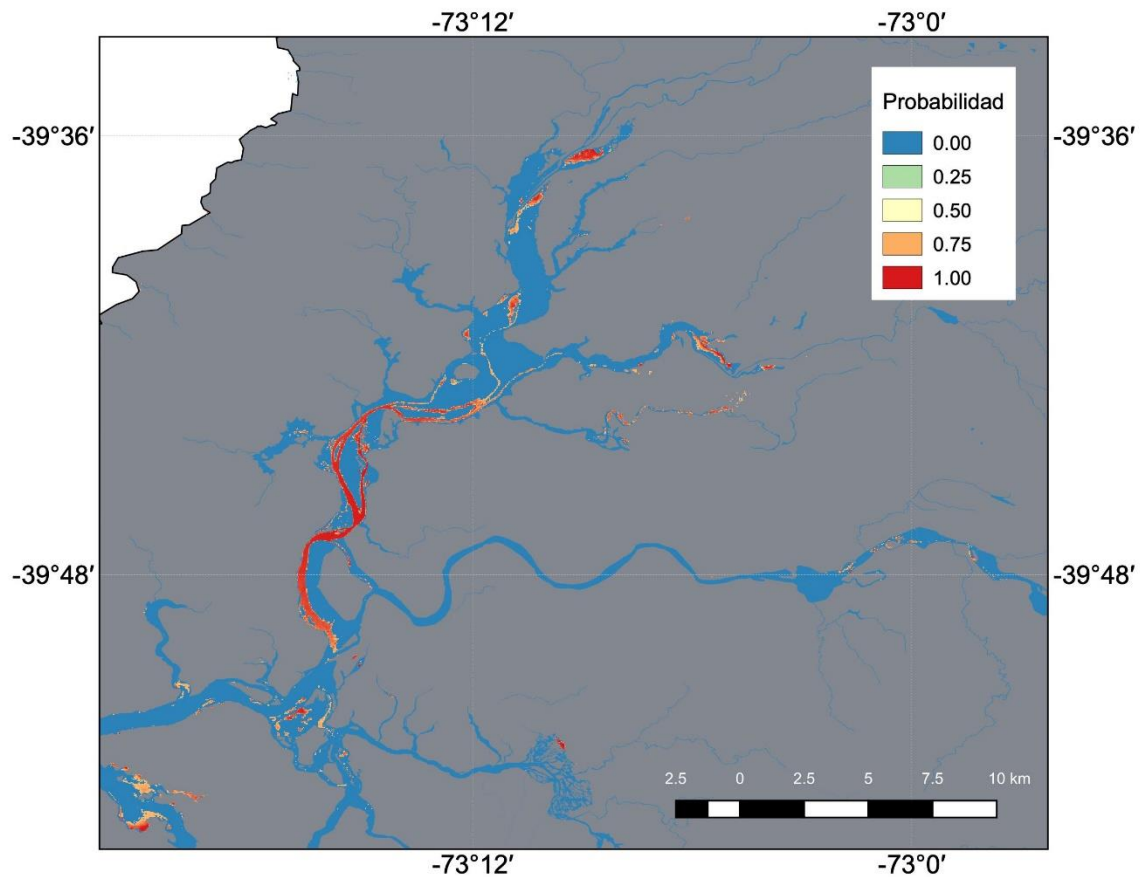
De manera similar a lo observado en el Programa de Diagnóstico y durante el primer año del Programa de Monitoreo, los resultados obtenidos indican que la información contenida en las imágenes Landsat 8 permite una buena aproximación al modelamiento de la distribución de las macrófitas acuáticas estudiadas. Las Figuras 4.2.1.1.17 a 4.2.1.1.22, muestran los mapas de distribución ajustados para todas las especies estudiadas. En general, para todas estas especies se aprecia una distribución heterogénea, con aquellos parches de mayor idoneidad ambiental encontrándose asociados a sectores ribereños o someros. Por otra parte, para *Potamogeton pusillus* (Huiro de agua dulce) (ver Fig. 4.2.1.1.18), se observa un aumento en la cobertura e idoneidad de hábitat con respecto a lo descrito el año anterior. Estas áreas idóneas se encuentran más concentradas en los sectores centro-sur del humedal, cuando se compara respecto a resultados de años anteriores. De esta forma, el Huiro de agua dulce presenta una distribución heterogénea y parchosa, con presencia particularmente en los sectores centro-sur del humedal. Si bien esta diferencia en el área proyectada puede deberse al bajo número de observaciones empleadas en el presente estudio, cabe destacar el muy buen desempeño logrado en el ajuste del modelo. De igual forma, se evidencian distribuciones más extensas para otras especies de macrófitas acuáticas.

En la zona central del humedal, se observa que especies como *Egeria densa* (Luchecillo) (Fig. 4.2.1.1.17), *Potamogeton lucens* (Huiro verde) (Fig. 4.2.1.1.19), *Nymphaea alba* (Loto) (Fig. 4.2.1.1.20) y *Schoenoplectus californicus* (Totora) (Figura 4.2.1.1.21), presentan una concentración de sectores con mayor idoneidad ambiental, mientras que

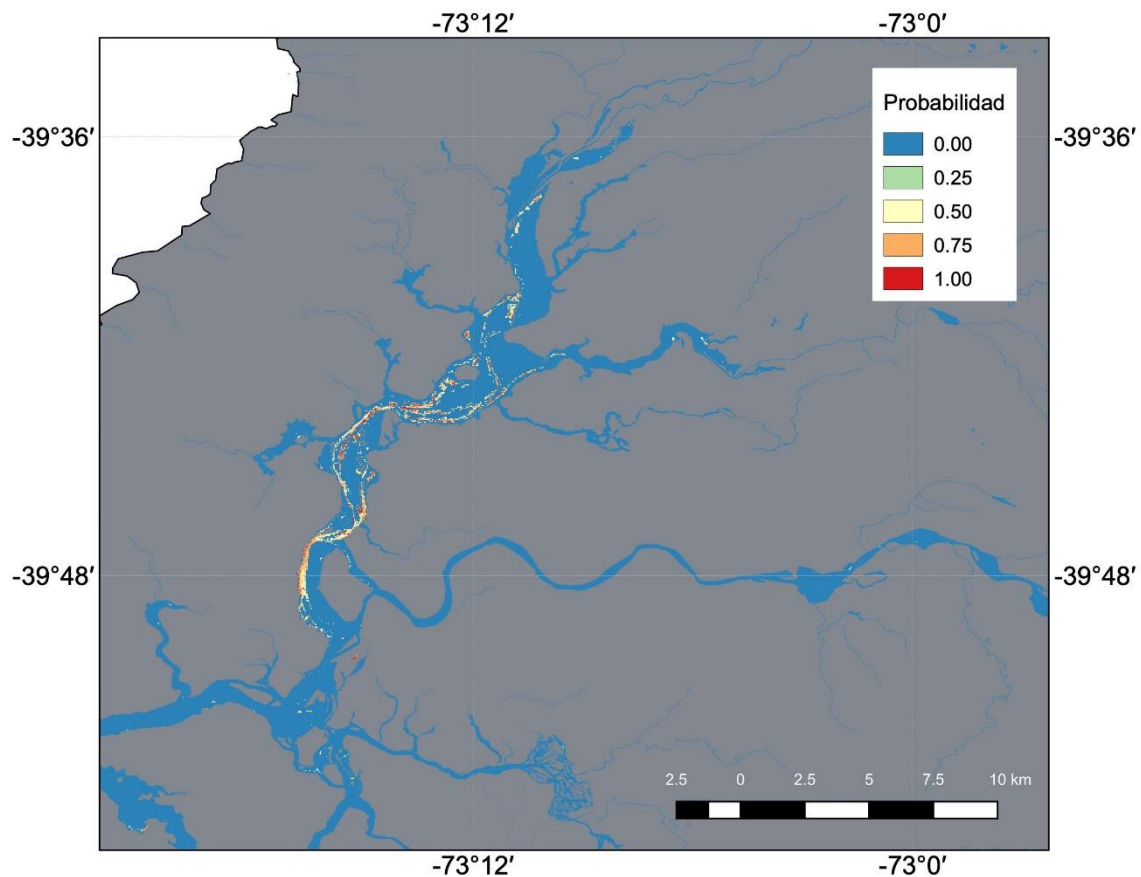
otros sectores se caracterizan por una mayor idoneidad en sectores ribereños. Esto sugiere que el humedal del río Cruces, presenta actualmente condiciones abióticas favorables para las macrófitas acuáticas, sin evidenciarse ningún sector con características anómalas o desfavorables. En el caso de *Nymphaea alba* (Loto), la distribución ajustada se encuentra restringida a sectores ribereños o aparentemente de profundidades someras (ver Fig. 4.2.1.1.20). Ello, junto el valor observado del estadístico AUC sugieren que la inspección visual entregó un número adecuado de puntos de entrenamiento para esta especie



**Figura 4.2.1.1.17.** Distribución de *Egeria densa* (Luchecillo) (período estival 2020). La Figura ilustra la presencia del Luchecillo en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono-específicos e imágenes LANDSAT 8.

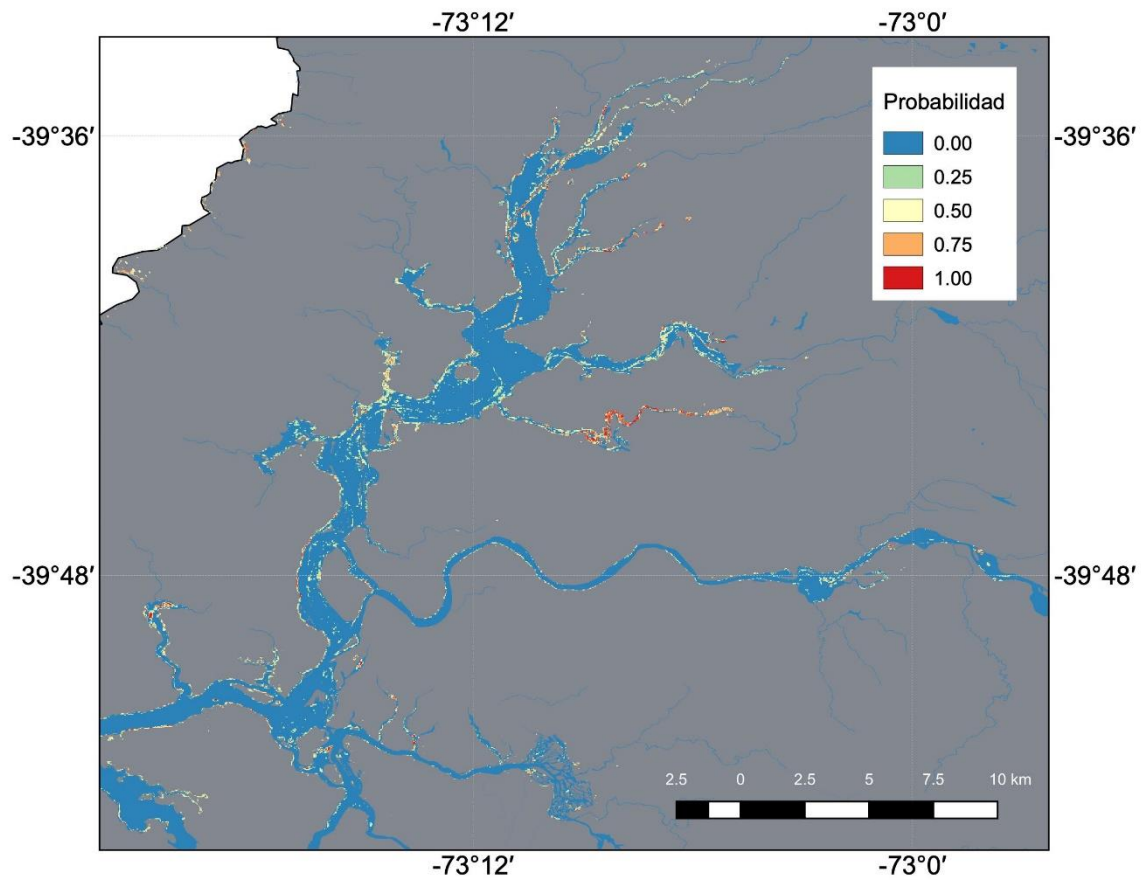


**Figura 4.2.1.1.18.** Distribución de *Potamogeton pusillus* (Huiro de agua dulce) (período estival 2020). La Figura ilustra la presencia del Huiro de agua dulce en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono-específicos e imágenes LANDSAT 8.



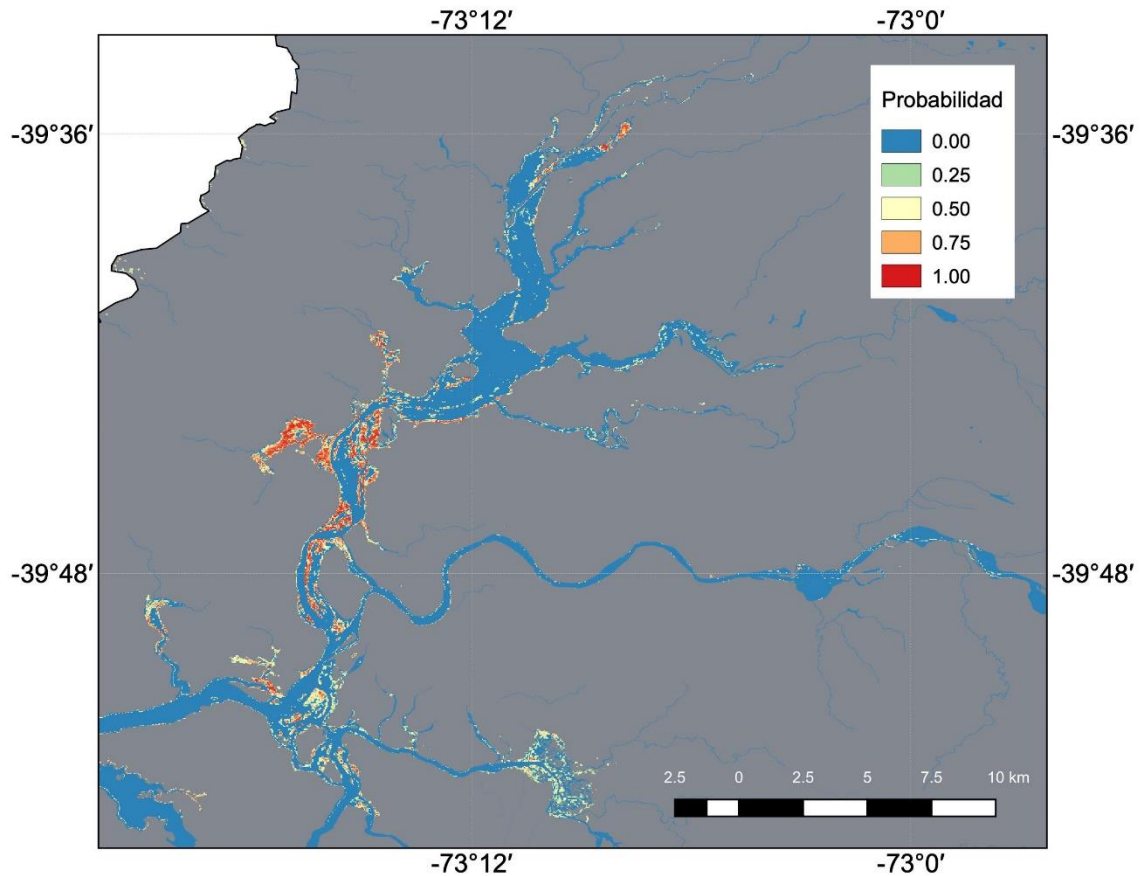
**Figura 4.2.1.1.19.** Distribución de *Potamogeton lucens* (Huiro verde) (período estival 2020). La Figura ilustra la presencia del Huiro verde en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono-específicos e imágenes LANDSAT 8.



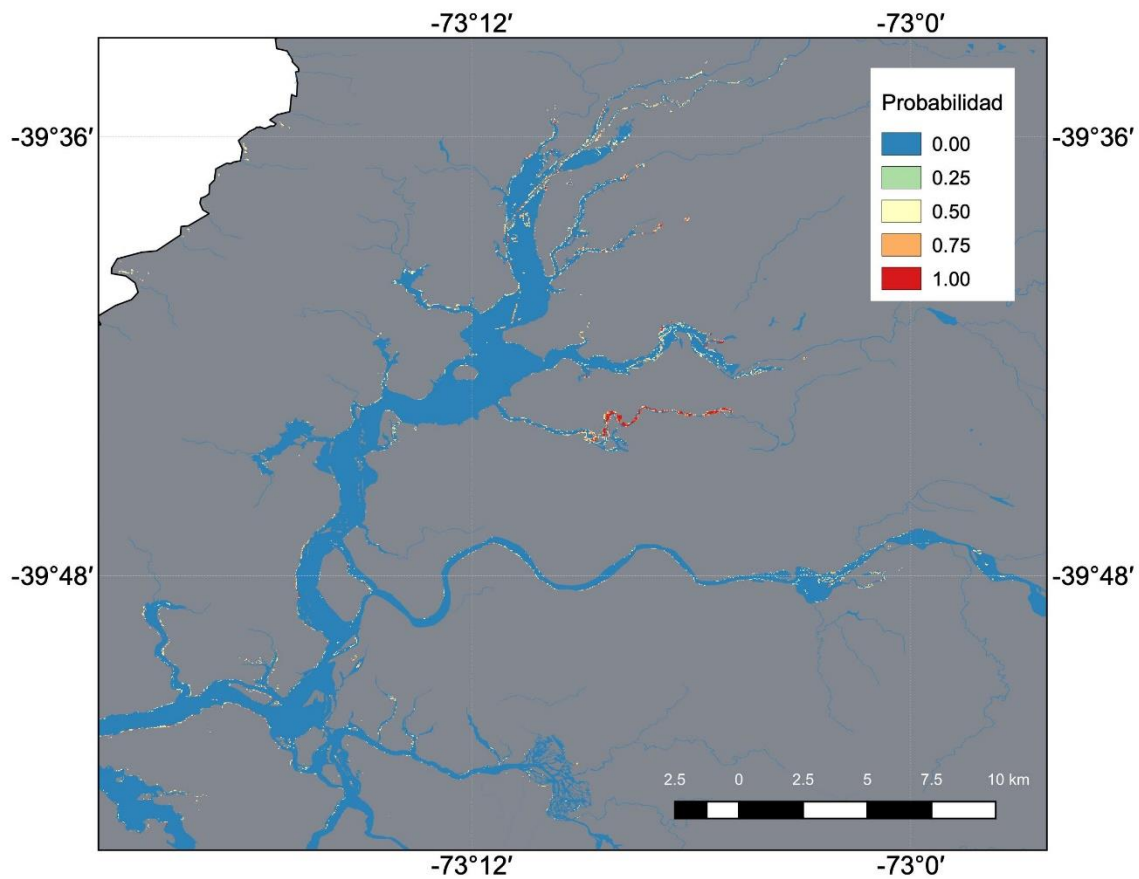


**Figura 4.2.1.1.20.** Distribución de *Nymphaea alba* (Loto) (período estival 2020). La Figura ilustra la presencia del Loto en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono-específicos e imágenes LANDSAT 8.

Un patrón similar a lo observado para *Nymphaea alba* (Loto) se aprecia para *Schoenoplectus californicus* (Totora), donde se observa un buen desempeño del modelo entrenado a partir de parches georeferenciados mediante inspección visual. La distribución descrita para esta especie tiende a asociarse también a riberas o sectores de menor profundidad.

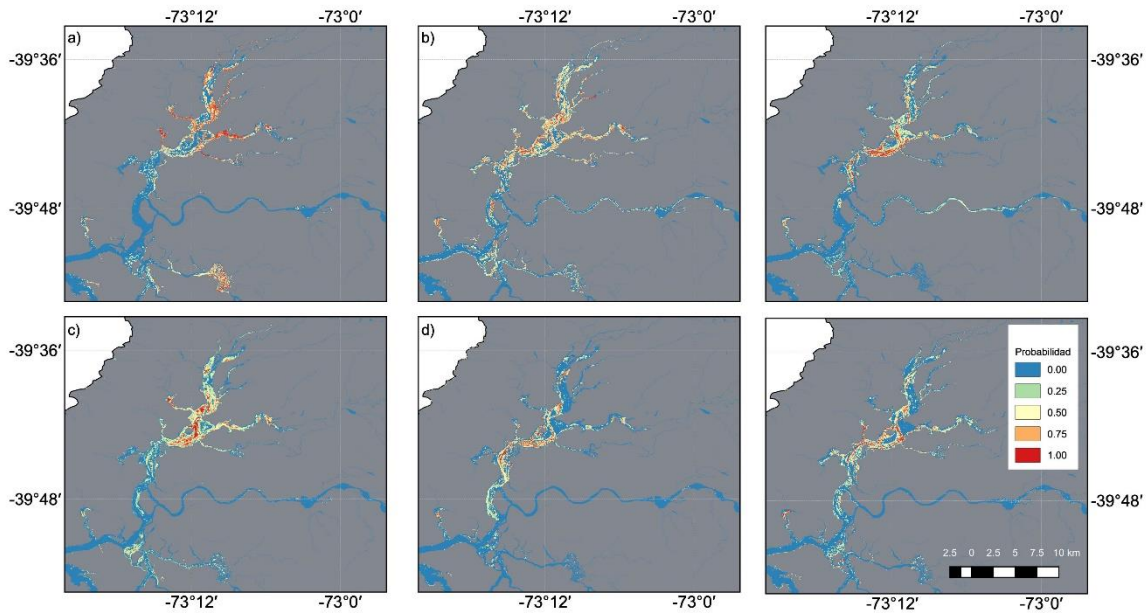


**Figura 4.2.1.1.21.** Distribución de *Schoenoplectus californicus* (Totora) (período estival 2020). La Figura ilustra la presencia de la Totora en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono-específicos e imágenes LANDSAT 8.

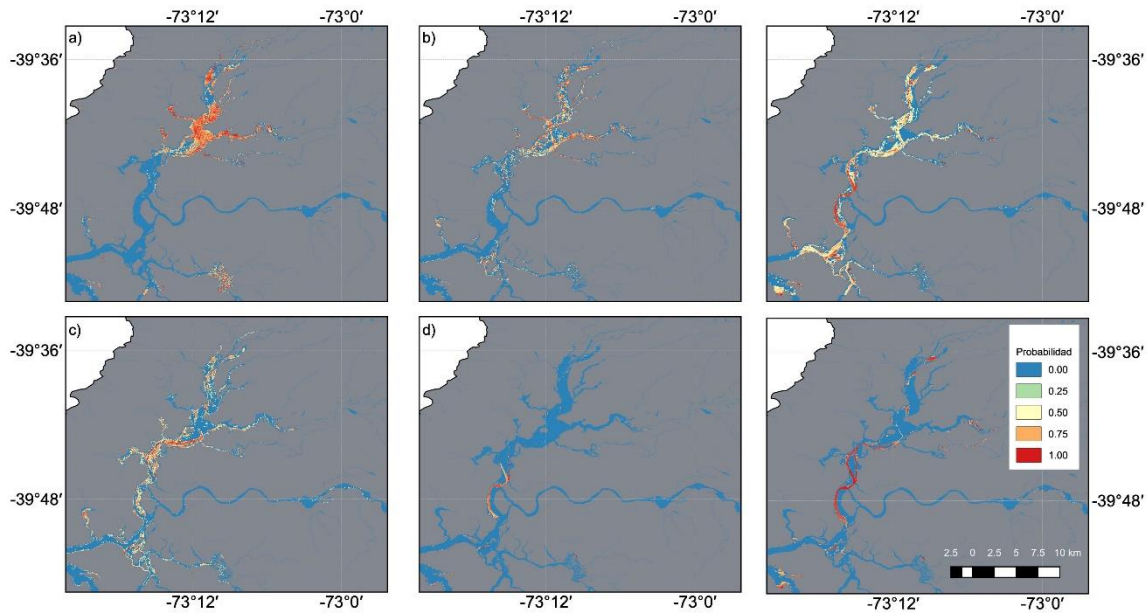


**Figura 4.2.1.1.22.** Distribución de *Ludwigia peploides* (Clavito de agua) (período estival 2020). La Figura ilustra la presencia del Clavito de agua en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono-específicos e imágenes LANDSAT 8.

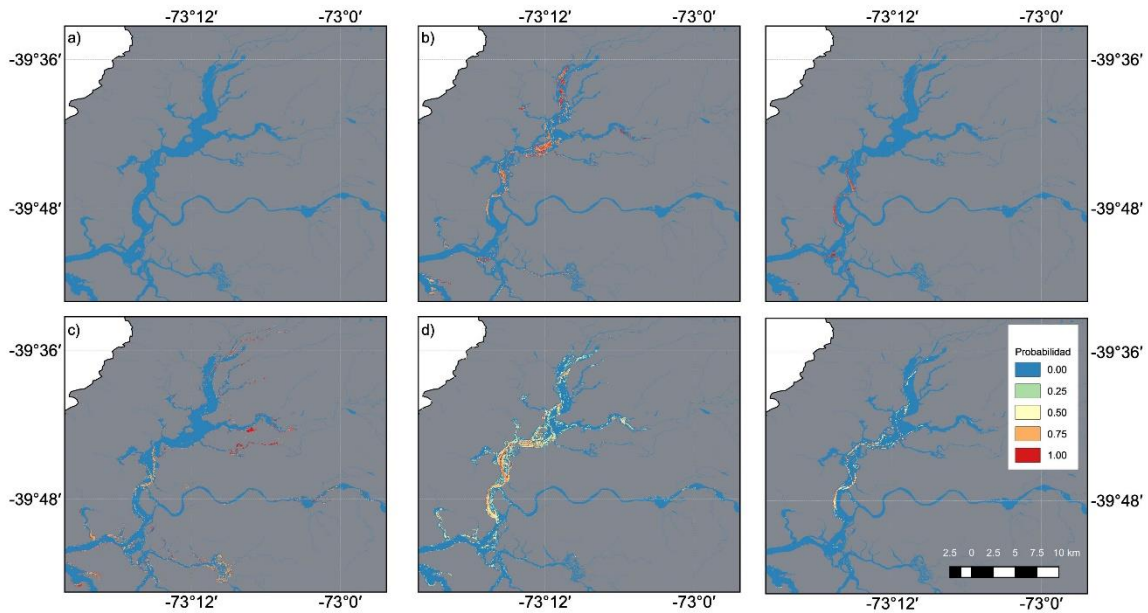
Un resultado notorio en el modelamiento de distribución es la importante disminución en representación de *Potamogeton pusillus* (Hairo de agua dulce) a lo largo del humedal. Ello se debe tanto al bajo número de muestras de parches mono-específicos, como en un valor umbral de TSS más alto, que tienen como resultado una distribución modelada más restringida. De igual forma, para *Nymphaea alba* (Loto), se evidencia una fuerte disminución en la cobertura de hábitat idóneo descrita por el modelo, no observándose lo mismo en el caso de *Schoenoplectus californicus* (Totora). Ello probablemente refleja la baja incidencia de parches de gran tamaño en las imágenes de sobrevuelo mediante UAV inspeccionadas en el presente informe. Estos resultados podrían modificarse en la medida que se realice un monitoreo más intensivo en terreno. Sin embargo, dada la baja incidencia de esta especie como hábitat o dieta de los principales objetos de conservación estudiados en el Humedal del Río Cruces y sus tributarios, ello requeriría un esfuerzo adicional. Finalmente, cabe señalar que al igual que en el muestreo anterior, *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua) estuvo ausente, presentando ausencia de parches dominantes. Ello indica como algunas especies subdominantes pueden presentar importantes variaciones en su distribución. A fin de evaluar la presencia de tendencias temporales en la distribución de las macrófitas acuáticas estudiadas, y posibles repercusiones de la estrategia de muestreo aplicada en el presente informe, se analizan los resultados del re-entrenamiento y proyección de los modelos de distribución para las distintas especies en los periodos correspondientes al Programa de Diagnóstico y a los cuatro primeros años del Programa de Monitoreo (2015 – 2019). Las Figuras 4.2.1.1.23 a 4.2.1.1.29 ilustran la variación espacial y temporal observadas para cada una de las macrófitas acuáticas estudiadas en los Programas de Diagnóstico y Monitoreo.



**Figura 4.2.1.1.23.** Serie de tiempo de distribución de *Egeria densa* (Luchecillo). La Figura ilustra la presencia del Luchecillo en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. La Figura ilustra los datos para a) 2014-2015; b) 2015-2016; c) 2016-2017; d) 2017-2018; e) 2018-2019 y f) 2019-2020. En cada una de las figuras se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono-específicos e imágenes LANDSAT 8 de los programas de Diagnóstico y Monitoreo del humedal del río Cruces.

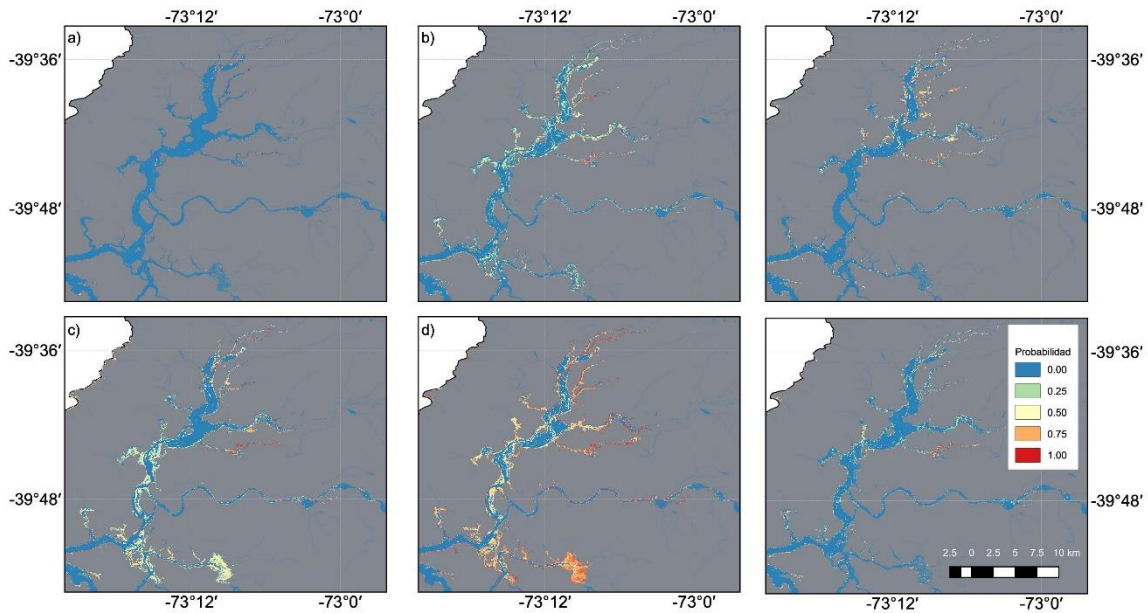


**Figura 4.2.1.1.24.** Serie de tiempo de distribución de *Potamogeton pusillus* (Huiro de agua dulce). La Figura ilustra la presencia del Huiro de agua dulce en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. La Figura ilustra los datos para a) 2014-2015; b) 2015-2016; c) 2016-2017; d) 2017-2018; e) 2018-2019 y f) 2019-2020. En cada una de las figuras se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono-específicos e imágenes LANDSAT 8 de los programas de Diagnóstico y Monitoreo del humedal del río Cruces.



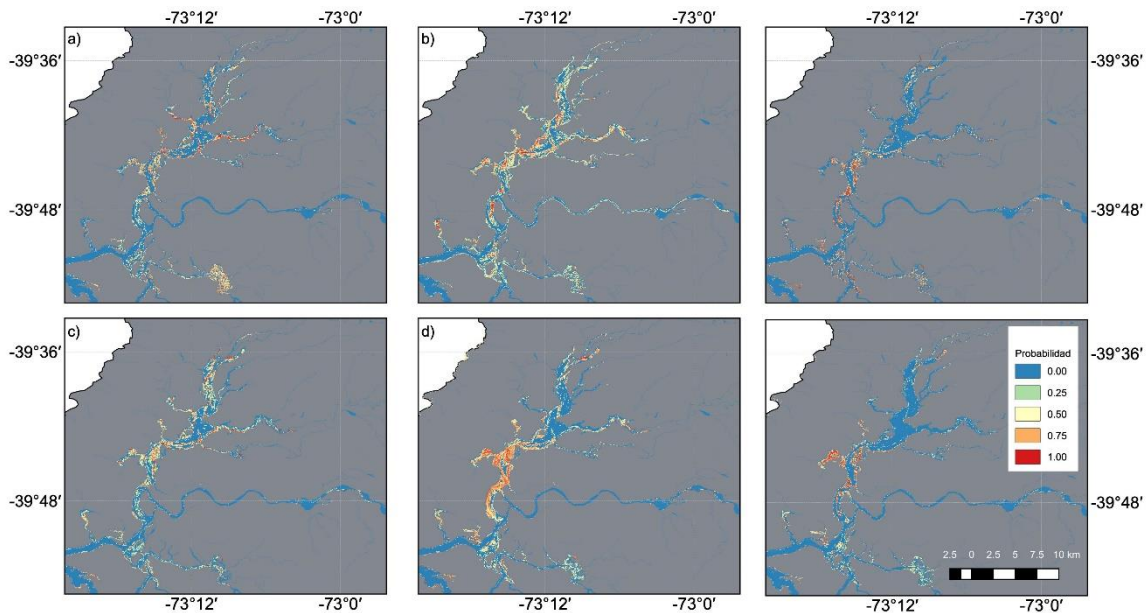
**Figura 4.2.1.1.25.** Serie de tiempo de distribución de *Potamogeton lucens* (Huiro verde). La Figura ilustra la presencia del Huiro verde en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. La Figura ilustra los datos para a) 2014-2015; b) 2015-2016; c) 2016-2017; d) 2017-2018; e) 2018-2019 y f) 2019-2020. En cada una de las figuras se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono-específicos e imágenes LANDSAT 8 de los programas de Diagnóstico y Monitoreo del humedal del río Cruces.



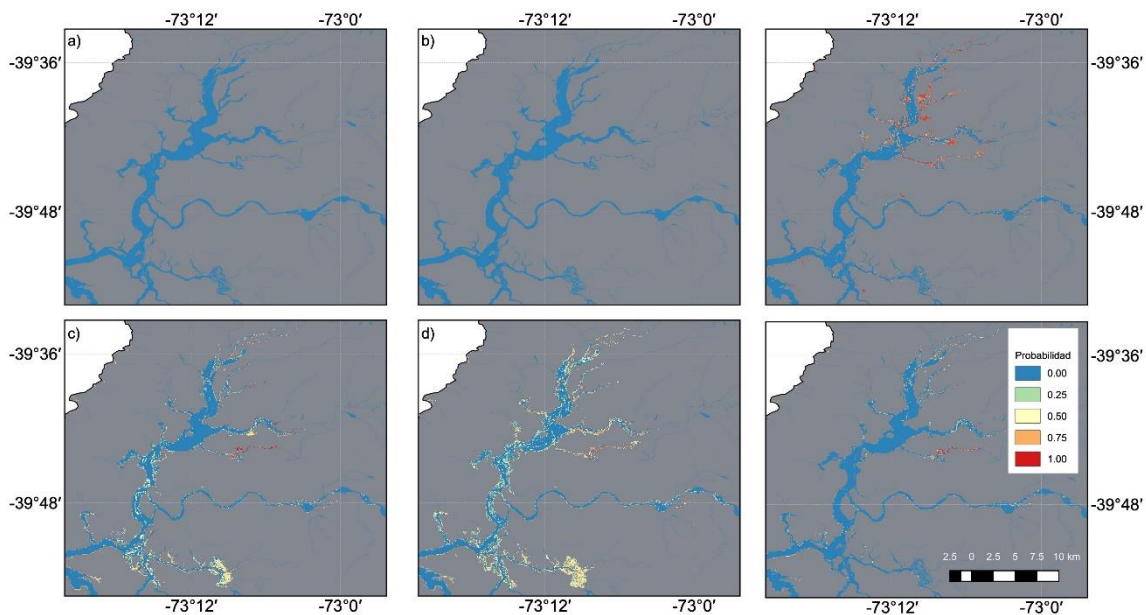


**Figura 4.2.1.1.26.** Serie de tiempo de distribución de *Nymphaea alba* (Loto). La Figura ilustra la presencia del Loto en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. La Figura ilustra los datos para a) 2014-2015; b) 2015-2016; c) 2016-2017; d) 2017-2018; e) 2018-2019 y f) 2019-2020. En cada una de las figuras se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono-específicos e imágenes LANDSAT 8 de los programas de Diagnóstico y Monitoreo del humedal del río Cruces.

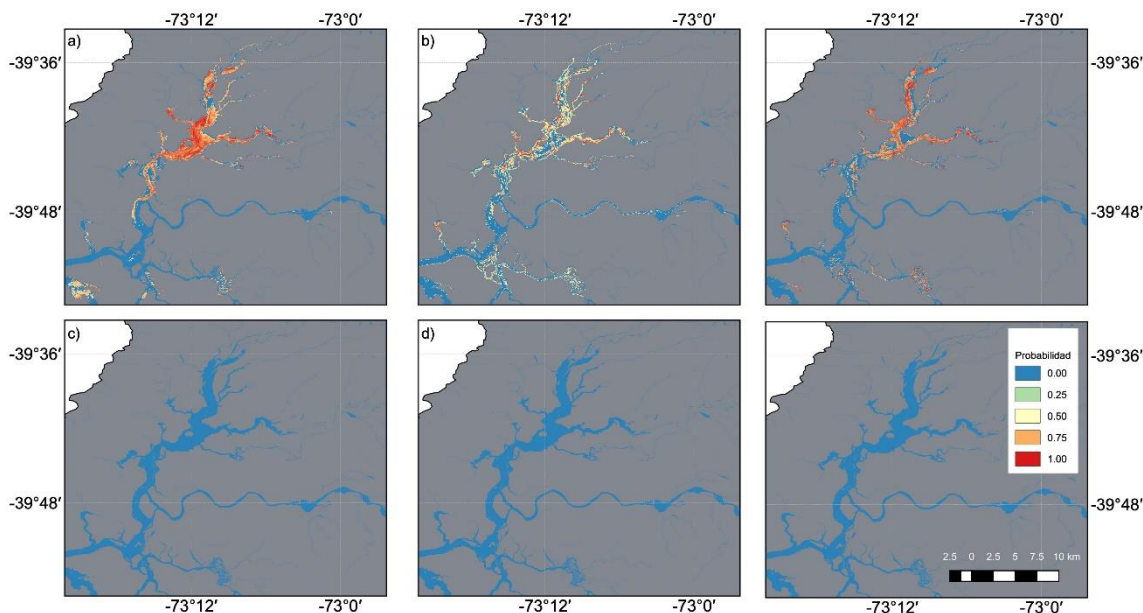




**Figura 4.2.1.1.27.** Serie de tiempo de distribución de *Schoenoplectus californicus* (Totora). La Figura ilustra la presencia de la Totora en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. La Figura ilustra los datos para a) 2014-2015; b) 2015-2016; c) 2016-2017; d) 2017-2018; e) 2018-2019 y f) 2019-2020. En cada una de las figuras se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono-específicos e imágenes LANDSAT 8 de los programas de Diagnóstico y Monitoreo del humedal del río Cruces.



**Figura 4.2.1.1.28.** Serie de tiempo de distribución de *Ludwigia peploides* (Clavito de agua). La Figura ilustra la presencia del Clavito de agua en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. La Figura ilustra los datos para a) 2014-2015; b) 2015-2016; c) 2016-2017; d) 2017-2018; e) 2018-2019 y f) 2019-2020. En cada una de las figuras se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono específicos e imágenes LANDSAT 8 de los programas de Diagnóstico y Monitoreo del humedal del río Cruces.



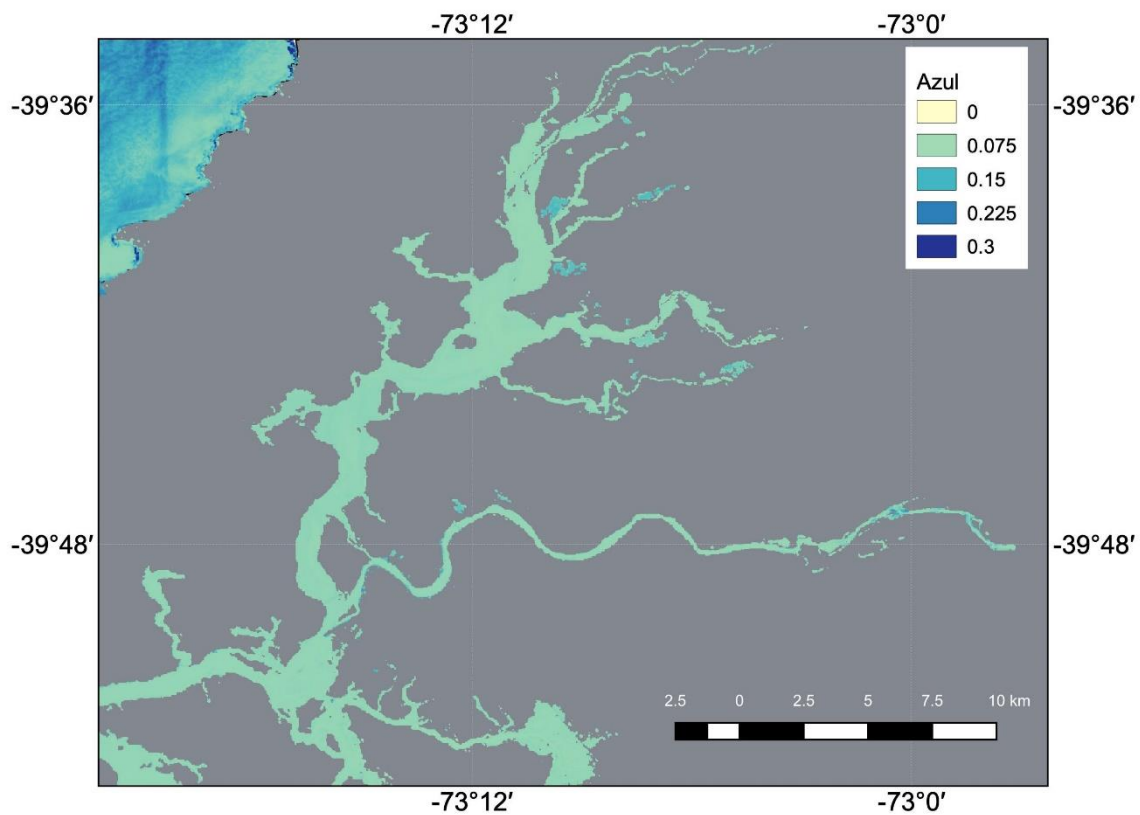
**Figura 4.2.1.1.29.** Serie de tiempo de distribución de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de Agua). La Figura ilustra la presencia de la Flecha de agua en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. La Figura ilustra los datos para a) 2014-2015; b) 2015-2016; c) 2016-2017; d) 2017-2018; e) 2018-2019 y f) 2019-2020. Nótese la ausencia de la especie a partir de la temporada 2018-2019. En cada una de las figuras se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las cinco validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono específicos e imágenes LANDSAT 8 de los programas de Diagnóstico y Monitoreo del humedal del río Cruces.

### Variación espacio-temporal en los indicadores de sensores remotos para la calidad de agua

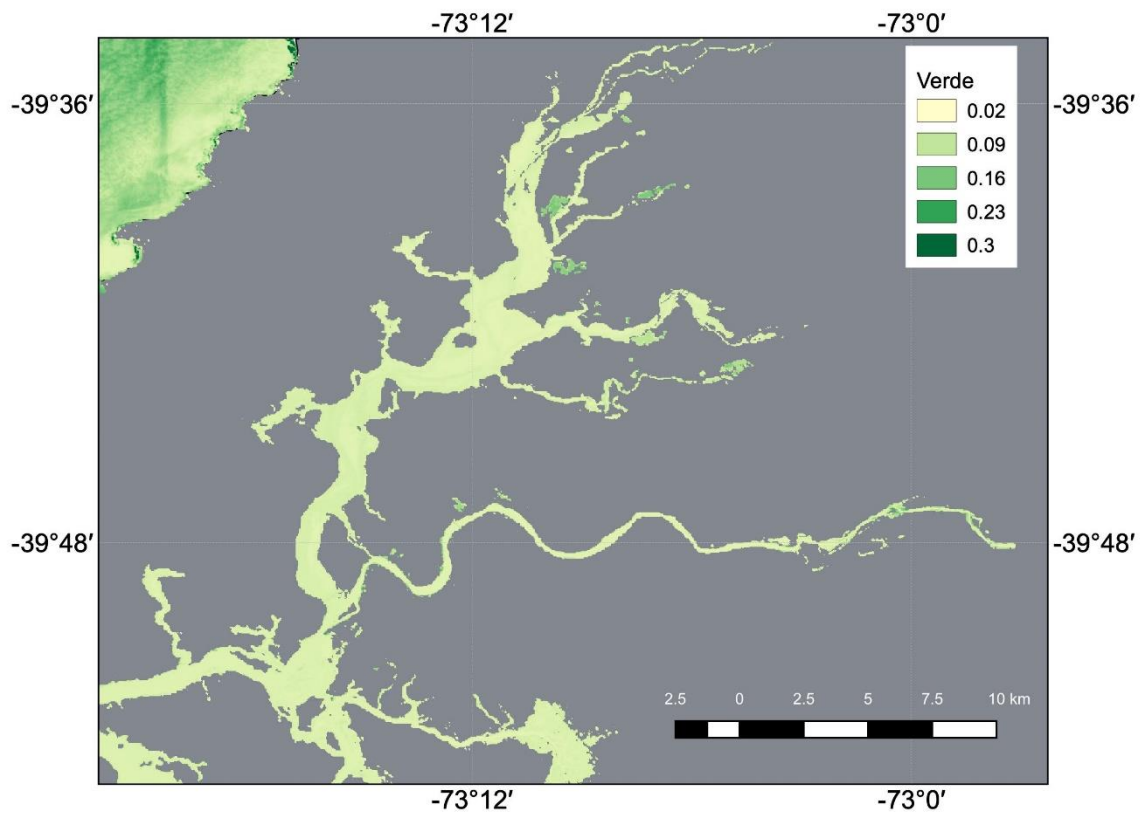
Además de la medición *in situ* de parámetros de calidad de agua, en el presente estudio se examinó la variación espacio temporal para la reflectancia en distintos sectores del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; específicamente en aquellos sectores delimitados por los polígonos de estudio.

Las Figuras 4.2.1.1.30 a 4.2.1.1.33 ilustran la variación en los valores de reflectancia correspondientes a las bandas 2 a 5 del sensor OLI (Satélites LANDSAT 4 y 5). Las bandas 2 a 4 corresponden al espectro de luz visible (luz azul, verde y roja respectivamente), mientras

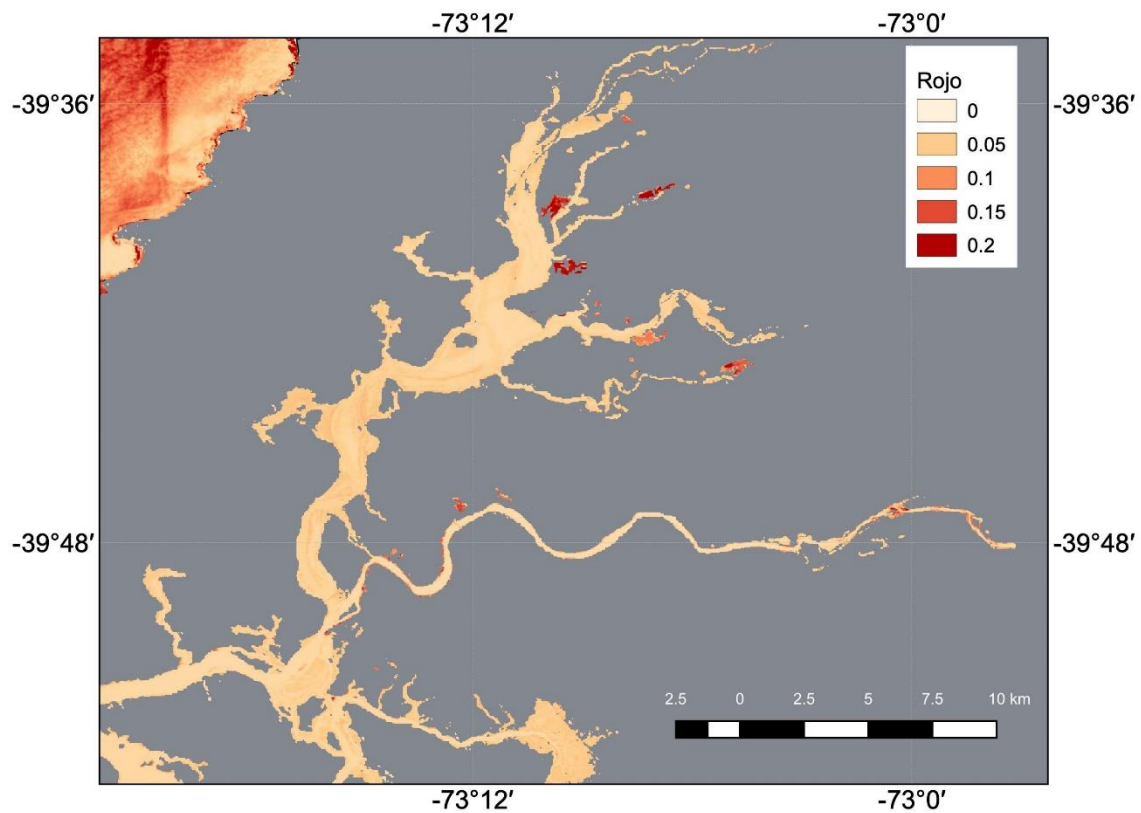
que la banda 5 corresponde a la información correspondiente al espectro infrarrojo cercano (NIR) (ver Tabla 4.2.1.1.1). La banda azul, verde y roja permiten evaluar diferencias en la transparencia del agua, debidas principalmente a variación en la turbidez y/o presencia de solidos suspendidos totales en el curso de agua. Por otra parte, la reflectancia de la banda infrarroja cercana permite determinar cambios en la cobertura de macrófitas acuáticas sumergidas (Lagos *et al.*, 2008).



**Figura 4.2.1.1.30.** Reflectancia de la banda azul en el área de estudio. Se ilustra una imagen de pseudo-color, basada en la banda azul (banda 2) del sensor Landsat 8. La imagen corresponde al día 5 de febrero del año 2018. Imagen proyectada en coordenadas WSG 84.

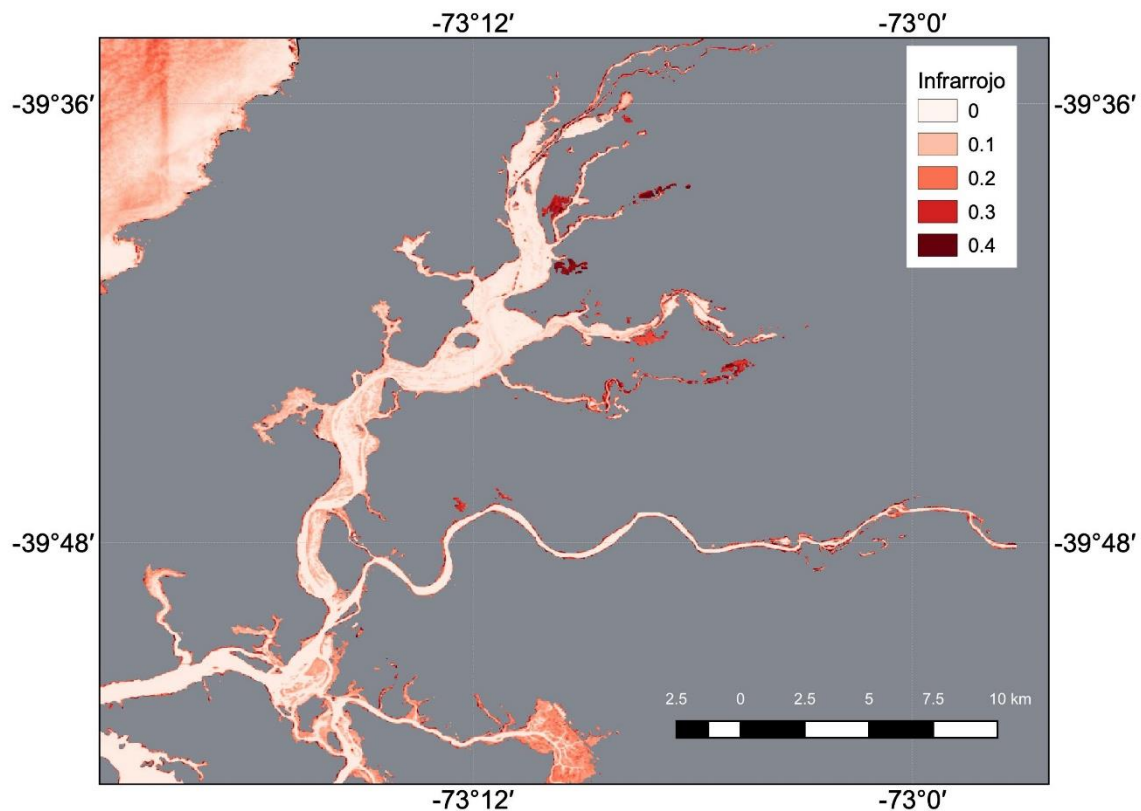


**Figura 4.2.1.1.31.** Reflectancia de la banda verde en el área de estudio. Se ilustra una imagen de pseudo-color, basada en la banda verde (banda 3) del sensor Landsat 8. La imagen corresponde al día 5 de febrero del año 2018. Imagen proyectada en coordenadas WSG 84.



**Figura 4.2.1.1.32.** Reflectancia de la banda roja en el área de estudio. Se ilustra una imagen de pseudo-color, basada en la banda roja (banda 4) del sensor Landsat 8. La imagen corresponde al día 5 de febrero del año 2018. Imagen proyectada en coordenadas WSG 84.

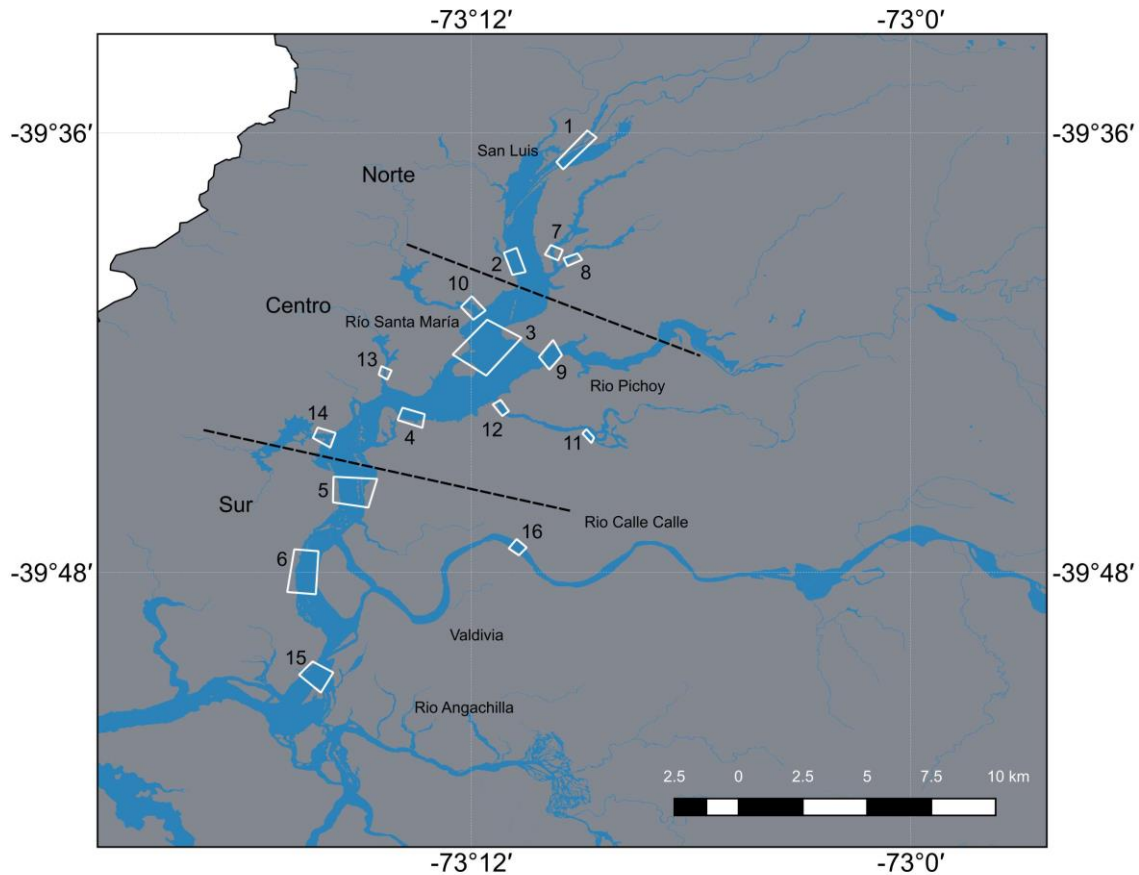




**Figura 4.2.1.1.33.** Reflectancia de la banda Infrarroja en el área de estudio. Se ilustra una imagen de pseudo-color, basada en la banda Infrarroja cercana (banda 5) del sensor Landsat 8. La imagen corresponde al día 5 de febrero del año 2018. Imagen proyectada en coordenadas WSG 84.

Tal como se ha mencionado anteriormente, estudios previos en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios han examinado la variación en la calidad del agua (Mulsow & Grandjean, 2006; Lagos *et al.*, 2008). En particular, Lagos *et al.* (2008) distinguieron tres zonas correspondientes a las secciones norte, centro y sur de la zona del humedal del río Cruces. Si bien en el presente estudio se han empleado sectores de mayor resolución (ver Fig. 4.2.1.1.8), es posible relacionar nuestros resultados con las grandes zonas descritas en el trabajo de Lagos *et al.* (2008). En la Figura 4.2.1.1.34 se muestra la ubicación relativa de

las grandes tres zonas descritas por Lagos *et al.* (2008), así como los polígonos correspondientes a cada uno de los sectores estudiados en el presente informe.

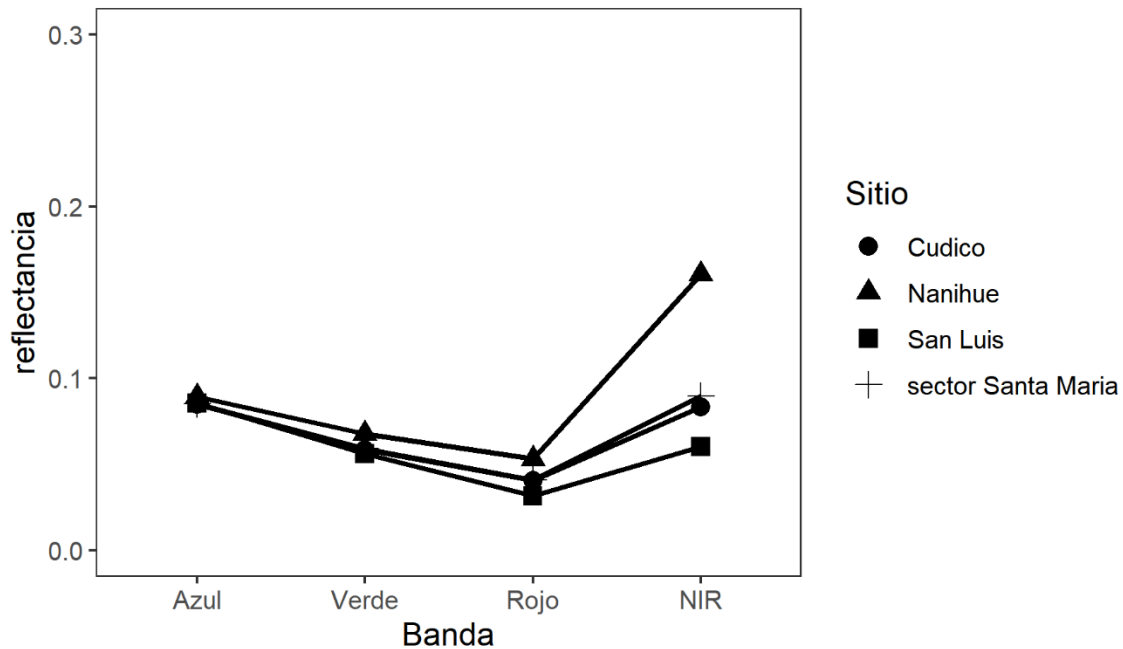


**Figura 4.2.1.1.34.** Definición de zonas dentro del humedal. Se ilustran las tres zonas principales del humedal (norte, centro y sur), junto con los polígonos para cada sector de estudio para el cálculo de cobertura de macrófitas acuáticas y estimación de parámetros de calidad de agua. La imagen de fondo corresponde a la distribución de los principales cursos de agua en la región de estudio. Imagen proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur.

En el caso del sector norte del humedal, correspondiente a los sitios de San Luis, (polígono 1), sector Santa María (polígono 2), y los ríos Nanihue y Cudico (polígonos 7 y 8, respectivamente) (Fig. 4.2.1.1.35), solo se observan diferencias en los valores de reflectancia



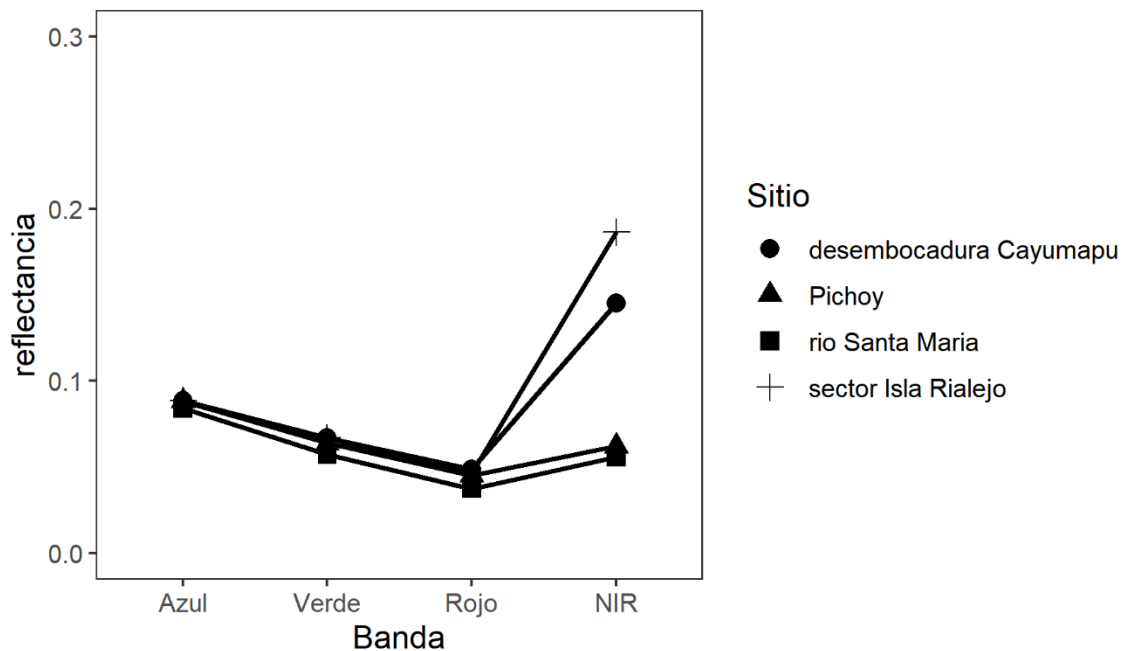
para los datos correspondientes al infrarrojo cercano, que son levemente mayores en el sector de Nanihue. Cabe señalar que estos valores están dos órdenes de magnitud por debajo a lo observado anteriormente por Lagos *et al.* (2008). No obstante, su magnitud es mayor a lo observado en el año 2018, indicando una disminución en la calidad del agua en el humedal del Río Cruces y sus tributarios para estos sectores en el periodo reportado



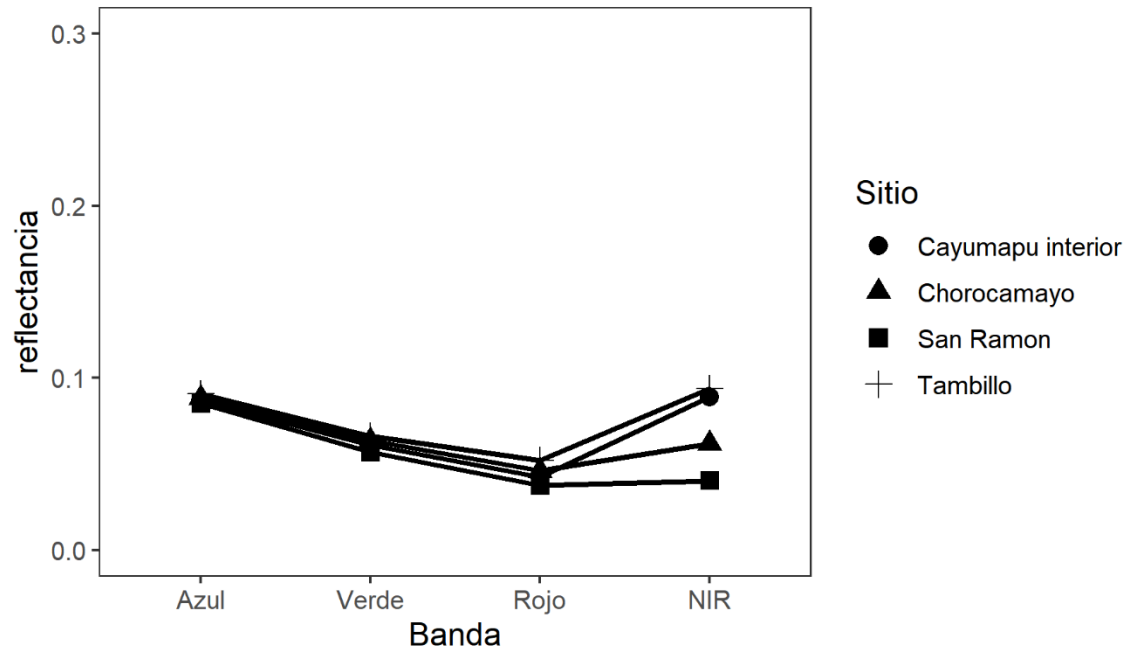
**Figura 4.2.1.1.35.** Variación espacial en la reflectancia el sector norte del humedal. Se ilustra el valor promedio de reflectancia observada para las bandas azul, verde, roja e infrarroja cercana del sensor Landsat 8.

En el sector central del humedal también se observa un perfil de reflectancia con valores mayores a lo observado en el año 2018, particularmente para bandas azul e infrarrojo cercano. Sin embargo, estos valores, aunque mayores a lo observado en el año inmediatamente anterior, siguen siendo un orden de magnitud menor a lo reportado por Lagos *et al.* (2008), indicando una mejor calidad del agua que lo reportado en dicho estudio. De manera similar a lo observado en los años anteriores del Programa de Monitoreo, se observa que los sitios estudiados no difieren mayormente entre sí, excepto en los valores de reflectancia en la banda del Infrarrojo cercano. Así, con pequeñas diferencias en los

sectores interior o medio del río Cayumapu, o de Tambillo y sector Isla Rialejo (polígonos 11, 12, 13 y 3 respectivamente), la calidad del agua es mucho mejor que lo reportado por Lagos et al. (2008), aunque presentando valores correspondientes a una menor transparencia del agua que lo observado en el 2018 (ver Fig. 4.2.1.1.36 y 4.2.1.1.37). De manera similar a lo observado en el año anterior del Programa de Monitoreo, no se evidencian patrones claros de diferenciación espacial en un gradiente local. Por el contrario, en general todas las localidades en el sector central se asemejan en sus perfiles de reflectancia (Fig. 4.2.1.1.36 y 4.2.1.1.37). De manera similar a lo reportado durante los dos primeros años del PMAHRC, este sector se caracteriza por una buena cobertura de macrófitas acuáticas, presentando una leve heterogeneidad espacial, probablemente asociada a diferencias en profundidad y caudal entre los distintos puntos del cauce del humedal.

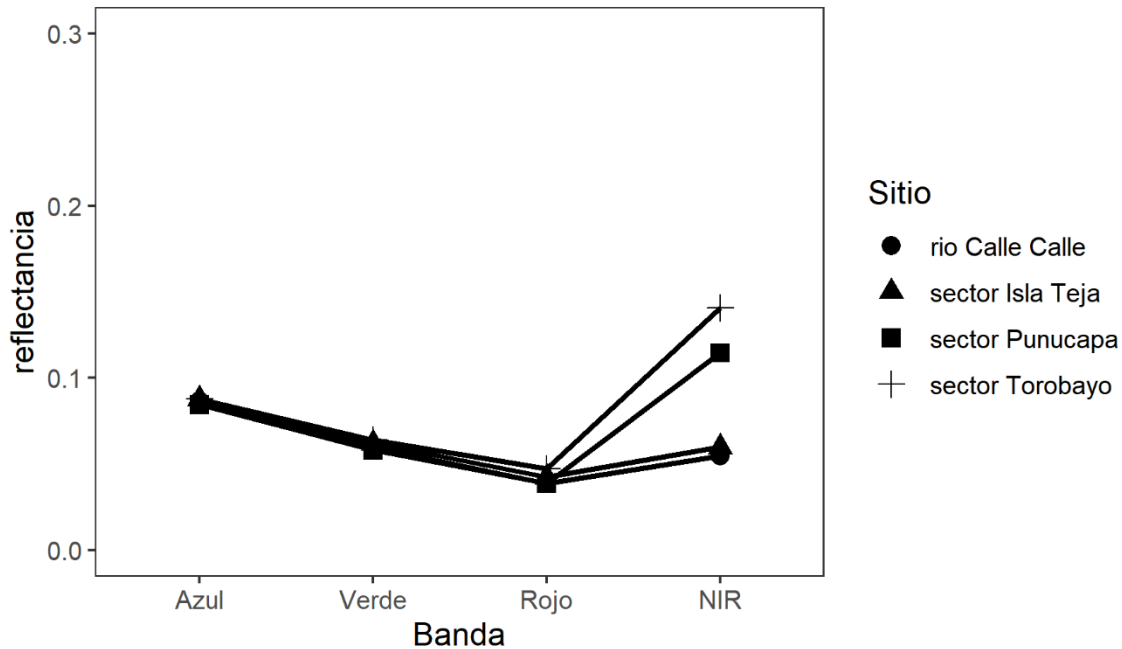


**Figura 4.2.1.1.36.** Variación espacial en la reflectancia el sector central del humedal. Se ilustra el valor promedio de reflectancia observada para las bandas azul, verde, roja e infrarroja cercana del sensor Landsat 8.



**Figura 4.2.1.1.37.** Variación espacial en la reflectancia el sector central del humedal. Se ilustra el valor promedio de reflectancia observada para las bandas azul, verde, roja e infrarroja cercana del sensor Landsat 8.

Finalmente, el sector sur del humedal presenta valores similares de reflectancia, y por ende una menor transparencia del agua que lo observado en el periodo anterior de muestreo (Fig. 4.2.1.38). En él se observaron reflectancias relativamente mínimas en la banda roja cercana, sumados a valores mayores en la banda infrarroja cercana, siendo mayor esta diferencia para los sectores Punucapa y Torobayo (polígonos 5 y 15 respectivamente). Este patrón de reflectancia es consistente con la presencia de macrófitas acuáticas en estos sitios.



**Figura 4.2.1.1.38.** Variación espacial en la reflectancia el sector sur del humedal. Se ilustra el valor promedio de reflectancia observada para las bandas azul, verde, roja e infrarroja cercana del sensor Landsat 8.

#### 4.2.1.1.5. Conclusiones

- Respecto a la transparencia del agua, se observa una reversión de la tendencia observada en años anteriores, de manera tal que el área de estudio en general - pero particularmente en su zona central - se caracteriza por presentar una disminución en la transparencia, con valores más altos de reflectancia que lo descrito en el año 2018. Se evidencian diferencias en sitios como el sector medio del río Cayumapu, que se aleja de los sitios restantes en varios parámetros, además de la reflectancia. Estas variaciones espaciales probablemente den cuenta del efecto de las fuentes de variación local en la calidad del agua, particularmente en sus efectos sobre transparencia. Estas fuentes locales de variación probablemente incluyen aportes diferenciales de sedimentos o nutrientes en distintos puntos del HRC. En el caso del sector del río Cayumapu, esto podría reflejar características de flujo propias del mismo curso de agua. Se observa que las mayores reflectancias se evidencian en la

banda de longitudes de onda correspondientes al infrarrojo cercano. Ello es consistente con una mayor cobertura de macrófitas acuáticas.

- Pese a la disminución en la cantidad de presencias utilizadas para calibrar y entrenar el modelo, se observó un buen desempeño en la calidad de ajuste de los datos. Cabe destacar que durante el periodo estival 2019-2020, la distribución espacial de las macrófitas acuáticas dominantes, particularmente para el caso de *Egeria densa* (Luchecillo), fue muy similar a la documentada en años anteriores.
- En el caso de *Potamogeton pusillus* (Huiro de agua dulce) se observa un leve aumento en la extensión predicha por el modelo de distribución, mientras que *Potamogeton lucens* (Huiro verde) presentó una menor distribución y abundancia con respecto a lo descrito el año anterior.
- En el caso de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua) esta especie ha disminuido su distribución espacial en el área hasta estar prácticamente ausente del humedal por tercer año consecutivo.
- En el caso de *Ludwigia peploides* (Clavito de agua), esta especie que había aumentado de forma paulatina su distribución espacial en el área actualmente se encuentra restringida en su distribución. Las variaciones observadas en la distribución de estas macrófitas acuáticas dominantes refuerzan la conclusión de que la composición de las macrófitas acuáticas no se encuentra en equilibrio en el humedal. Es por ello que existe potencial para que las interacciones bióticas como competencia intra e inter específicas resulten en variaciones estocásticas en la distribución y abundancia de estas especies. El estudio acabado de estas interacciones requiere diseños y estudios de campo que complementen la información recabada mediante sensores remotos.

- *Nymphaea alba* (Loto) y *Schoenoplectus californicus* (Totora), presentan una amplia distribución espacial en el humedal, la que se caracteriza por ser heterogénea y parchosa. En ambos casos, la distribución de hábitat idóneo modelada en el presente estudio es mucho más acotada que lo descrito en el 2018, siendo mayor para *Schoenoplectus californicus* (Totora). No obstante, ambas especies se caracterizan por una distribución parchosa y heterogénea, con ambas especies presentando condiciones más idóneas en sectores asociados a las riberas de los cursos de agua o sectores de profundidades someras.
- Finalmente, se concluye que el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios se caracterizan por una variación dinámica de los atributos de calidad del agua, con una tendencia al aumento interanual en la transparencia de la misma. Pese a las importantes variaciones experimentadas en las últimas décadas, la calidad de agua se presenta como significativamente mejor que durante el Programa de Diagnóstico, observándose evidencia de una importante cubierta de macrófitas acuáticas en el área. Los siguientes estudios deben seguir profundizando en determinar la interrelación de estas especies de macrófitas acuáticas con otros objetos de conservación del humedal, como son distintas especies de la avifauna presente en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

#### 4.2.1.1.6. Referencias

Ahn YH, Shanmugam P, Hyung-Ryu J (2004) Atmospheric correction of the Landsat satellite imagery for turbid waters. *Gayana* 68(2):1-8

Antoine D, Morel A (1999) A multiple scattering algorithm for atmospheric correction of remotely sensed ocean color (MERIS instrument): principle and implementation for atmospheres carrying various aerosols including absorbing ones. *International Journal of Remote Sensing* 20(9):1875-1916

Chander G, Markham B (2003) Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and post calibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 41(11):2674-77

Elith J, Graham CH, Anderson RP, Dudík M, Ferrier S, Guisan A, Hijmans RJ, Huettmann F, Leathwick JR, Lehmann A, Li J, Lohmann LG, Loiselle BA, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, Overton JM, Peterson AT, Phillips SJ, Richardson K, Scachetti-Pereira R, Schapire RE, Soberon J, Williams S, Wisz MS, Zimmermann NE (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29:129-151

Elith J, Leathwick JR (2009) Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual review of ecology, evolution, and systematics* 40:677-697

Elith J, Phillips SJ, Hastie T, Dudík M, Chee E, Yates CJ (2011) A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17(1):43-57

Franklin J (2009) Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press, Cambridge

Hernández PA, Graham CH, Master LL, Albert DL (2006) The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29(5):773-785

Lagos NA, Paolini P, Jaramillo E, Lovengreen C, Duarte C, Contreras H (2008) Environmental processes, water quality degradation, and decline of water bird populations in the Rio Cruces wetland, Chile. *Wetlands* 28(4):938-950

Mulsow S, Grandjean M (2006) Incompatibility of sulphate compounds and soluble bicarbonate salts in the Río Cruces waters: an answer to the disappearance of *Egeria densa* and black-necked swans in a RAMSAR sanctuary. *Ethics in Science and Environmental Politics* 5-11

Ortega-Huerta MA, Peterson AT (2008) Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:205-216

Papes M, Gaubert P (2007) Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distributions* 13(6):890-902

Parslow JS, Harris GP (1990) Remote sensing of marine photosynthesis. In: Hobbs RJ, Mooney HA (eds) *Remote Sensing of Biosphere Functioning*. Springer, New York, p 269-290

Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M, Townsend Peterson A (2007) Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34:102-117

Penuelas J, Gamon JA, Griffin KL, Field CB (1993) Assessing community type, plant biomass, pigment composition, and photosynthetic efficiency of aquatic vegetation from spectral reflectance. *Remote Sensing of Environment* 46(2):110-118

Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling* 190(3-4):231-259

Phillips SJ, Dudík M (2008) Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31(2):161-175

Phillips SJ, Anderson RP, Dudík M, Schapire RE, Blair ME (2017) Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography* 40(7):887-893

R Core Team (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

R Core Team (2017) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

Strickland JDH, Parsons TR (1972) A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bulletin No. 167, second edition, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa

Xu H (2006) Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing* 27(14):3025-3033

Wisz MS, Hijmans RJ, Li J, Peterson AT, Graham CH, Guisan A, NCEAS Predicting Species Distributions Working Group (2008) Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions* 14(5):763-773



## 4.2.2 MACROINFAUNA DE FONDOS SEDIMENTARIOS

### 4.2.2.1. Antecedentes

Los sedimentos no consolidados (gravas, arenas, fangos y combinaciones de estos) que forman parte del fondo o del lecho de áreas costeras y ribereñas, presentan un alto dinamismo físico, debido principalmente al movimiento del agua. Estos sedimentos sustentan una variada fauna de macroinvertebrados bentónicos, (o macroinfauna bentónica) cuyas abundancias poblacionales y riqueza de especies, están estrechamente relacionadas a las características físicas de los mismos (*e.g.*, Anderson *et al.*, 2004; Gray, 1974).

Los macroinvertebrados bentónicos son frecuentemente utilizados como indicadores ambientales de integridad biológica, además de ser empleados para evaluar la calidad del agua e identificar causas de alteraciones ambientales, tanto en ambientes lénticos (lagos) o lóticos (ríos) (*cf.* Rhoads & Boyer, 1982). Las respuestas poblacionales de estos organismos están en función a efectos sinérgicos o antagónicos del pasado reciente (*e.g.*, contaminantes agrícolas, domésticos, industriales, mineros), que influyen adversamente sobre las funciones fisiológicas, bioquímicas y reproductivas de las especies. Adicionalmente, el análisis de los cambios en la estructura de la comunidad (*i.e.*, riqueza de especies y abundancias) y la función de estos macroinvertebrados bentónicos permite conocer tendencias de cambios temporales en el ambiente acuático.

En este Capítulo se analizan los resultados del quinto año del Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal del río Cruces y sus ríos Tributarios (HRC) (correspondiente al periodo abril 2019 - marzo 2020), en cuanto a estructura comunitaria de la macroinfauna de fondos sedimentarios se refiere. Estos resultados se comparan, además, con los obtenidos durante el Programa de Monitoreo Ambiental (abril 2015 - marzo 2018) y durante el Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (abril 2014 - marzo 2015).

#### **4.2.2.2. Objetivos**

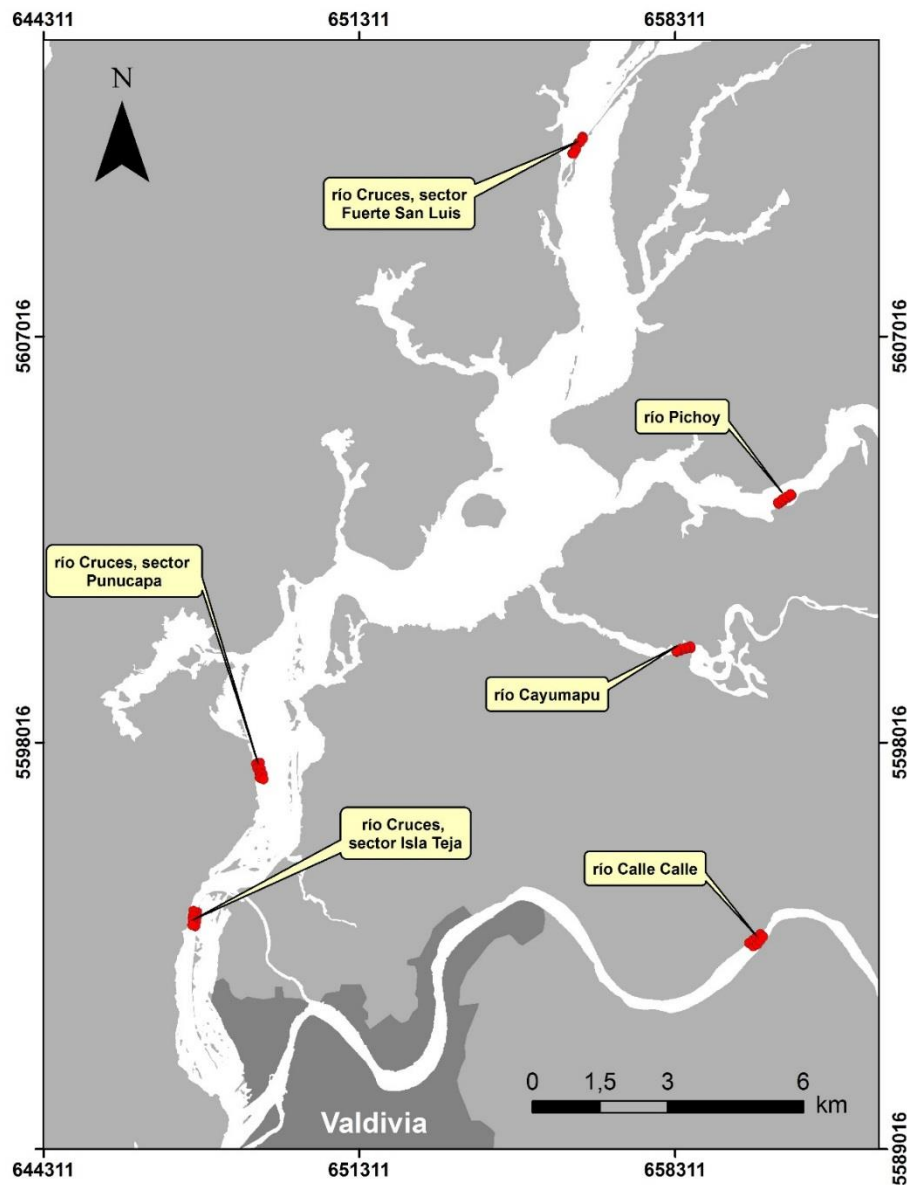
- Estudiar la distribución espacial de la macroinfauna de invertebrados bentónicos que ocurren en los fondos sedimentarios del HRC, durante el otoño y primavera del año 2019.
- Analizar la riqueza de especies, abundancia y biomasa de esa macroinfauna durante el mismo período.
- Estudiar la relación entre esa macroinfauna y la textura, potencial redox y el contenido de materia orgánica del sedimento durante el año 2019.
- Comparar los resultados anteriores con los obtenidos durante el Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2015 - marzo 2018, respectivamente) y durante el Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (abril 2014 - marzo 2015).

#### **4.2.2.3. Material y métodos**

##### **Obtención de las muestras de macroinfauna y sedimentos**

Los muestreos de la macroinfauna bentónica se realizaron los días 22 al 24 de abril de 2019 (campaña de otoño) y el 5 de noviembre de 2019 (campaña de primavera) en los seis sitios de estudio que se muestran en la Figura 4.2.2.1: río Cruces, sector estuarial (sector Fuerte San Luis, Punucapa e Isla Teja); ríos tributarios del río Cruces, sector estuarial (río Pichoy y Cayumapu) y fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (río Calle Calle).

Los muestreos diseñados para análisis de textura, contenido de materia orgánica, pH y potencial redox del sedimento se realizaron en las mismas estaciones seleccionadas para obtención de la macroinfauna bentónica.



**Figura 4.2.2.1.** Ubicación de los sitios de muestreo seleccionados para el estudio de la macroinfauna bentónica de fondos sedimentarios. En cada uno de los sitios se obtuvieron cuatro muestras en la orilla (<1.5 m de profundidad) y cuatro en el cauce de los mismos (>2.5 m de profundidad).

### **Tratamiento preliminar de las muestras y mediciones de pH y redox**

El sedimento recolectado manualmente para los análisis texturales se guardó en frío en bolsas plásticas previamente rotuladas. En cada uno de los sitios de muestreo se recolectaron además sedimentos para mediciones de pH y potencial de óxido reducción (redox), utilizándose una sonda multiparamétrica Orion Star A221 con sonda Hanna Instrument Hi 3230 para mediciones *in situ* enterrada a una profundidad de 3 cm en el sedimento.

### **Textura, granulometría y contenido de materia orgánica del sedimento**

Los análisis texturales se realizaron siguiendo la metodología de tamizado en húmedo (Anderson *et al.*, 1981). Una porción de las muestras se tamizó en húmedo a través de coladores de 2000 y 63  $\mu\text{m}$  de abertura de trama, para separar las fracciones grava (partículas de diámetro mayor a 2 mm), arena y agregados biogénicos (partículas entre 2000 y 63  $\mu\text{m}$ ) y fango (partículas inferiores a 63  $\mu\text{m}$ ). La fracción arena y agregados biogénicos se trató con ultrasonido durante 30 minutos y se tamizó a través de un colador de 63  $\mu\text{m}$ , con el objetivo de separar la fracción arena de los agregados biogénicos. Estos últimos están representados primariamente por agregados fecales y restos de tubos habitacionales de gusanos anélidos. Posteriormente, estas fracciones se secaron (60°C por 24 horas) e incineraron (550°C por 6 horas). A partir de cálculos de diferencia de peso, se determinaron los porcentajes de materia orgánica (materia orgánica carbonosa o combustible) para cada una de las fracciones (Byers *et al.*, 1978).

La suspensión coloidal con el fango obtenido en el segundo tamizado se dejó decantar. El fango decantado se enrasó en probetas de un 1 litro; luego se homogenizó por agitación vertical para obtener una alícuota de 20 ml a 20 cm de la superficie de la suspensión. Esta alícuota se secó (60°C por 24 horas) e incineró (550°C por 6 horas). Posteriormente, se determinó el porcentaje de materia orgánica para cada una de las réplicas mediante cálculos de diferencias de peso (Byers *et al.*, 1978).

La fracción arena se analizó granulométricamente por medio de velocidad de decantación de las partículas (Emery, 1938) y método de momentos (Seward-Thompson & Hails, 1973), estimándose el estadígrafo tamaño medio de la partícula de arena.

### **Macroinfauna bentónica**

Las muestras de sedimento destinadas al análisis de la macroinfauna bentónica se recolectaron en cada sitio mediante buceo autónomo en dos niveles de profundidad: orilla y cauce (cuatro muestras por nivel, ocho muestras por sitio), utilizándose cilindros plásticos de 7,5 cm de diámetro enterrados a una profundidad de aproximadamente 10 cm en el sedimento. Estos cilindros fueron cubiertos con tapas (en ambos extremos) previamente marcados y llevados por el buzo a una lancha de muestreo; las muestras se mantuvieron en formalina con agua del ambiente natural al 10% para posteriormente ser filtradas en mallas de 500  $\mu\text{m}$  de trama. El residuo se conservó para su posterior identificación y recuento de macroinvertebrados bentónicos bajo lupa estereoscópica modelo Olympus S251. La identificación de los taxa se realizó hasta el nivel taxonómico más bajo posible.

### **Análisis estadísticos**

Para evaluar eventuales diferencias en las características texturales, granulométricas, contenido de materia orgánica, pH y redox de los fondos sedimentarios en la orilla y cauce del área estudiada, se llevaron a cabo análisis de regresión lineal entre valores porcentuales y tiempo; cuando la prueba evidenció diferencias significativas en el tiempo ( $p \leq 0,05$ ), éstas fueron expuestas en las figuras correspondientes a la variable analizada con su respectivo valor de  $R^2$  y  $p$ .

Las abundancias de la macroinfauna de cada sitio se utilizaron para estimaciones de riqueza de especies, Índice de Diversidad de Shannon-Wiener y Uniformidad de Pielou

(Pielou, 1984; Brower & Zar, 1977), a su vez, estos parámetros fueron sometidos a los mismos análisis de correlación descritos anteriormente.

Con el objetivo de evaluar eventuales asociaciones faunísticas entre sitios de muestreo se realizaron análisis de escalamiento multidimensional no métrico (MDS, por sus siglas en inglés), el cual minimiza la distancia de similitud entre los objetos estudiados, utilizando la distancia de Bray-Curtis como índice de similitud entre estaciones. Los datos fueron transformados con raíz a la cuarta, previo a su inclusión en el análisis. Los resultados de la distribución espacial de las agrupaciones se generan sobre un plano cartesiano de dos o tres dimensiones; el MDS genera un valor de “stress” que corresponde a una medida de “no-bondad” del ajuste (*i.e.*, mientras mayor sea la distancia entre los objetos mayor es el valor de stress, y por ende, peor es el modelo resultante). Las categorizaciones para interpretar el valor de stress son las siguientes: 0,2 = modelo pobre; 0,1 = modelo aceptable; 0,05 = modelo bueno; y 0 (valor mínimo), corresponde a un excelente modelo de asociación (Kruskal, 1964).

#### **4.2.2.4. Resultados**

##### **Textura, granulometría, contenido de materia orgánica total, pH y potencial de óxido reducción en fondos sedimentarios**

Las Tablas 4.2.2.1 a 4.2.2.5 muestran los valores porcentuales de grava, arena, fango, agregados biogénicos y materia orgánica total contenido en los sedimentos muestreados. A su vez, las Tablas 4.2.2.6 a 4.2.2.8 presentan los valores de tamaño medio de las partículas de arena, pH y redox correspondientes a las campañas realizadas durante otoño del año 2014 a la primavera del año 2019.

## Grava

Esta fracción textural ( $>2000 \mu\text{m}$ ) estuvo escasamente representada en los sedimentos de orilla ( $<9\%$ ). Sin embargo, el año 2018 en el sector Isla Teja ocurrieron las mayores proporciones de grava en los sedimentos analizados  $48,4\%$  y  $42,9\%$ , otoño y primavera respectivamente (Tabla 4.2.2.1). A su vez, en los sedimentos provenientes del cauce los valores porcentuales más altos se registraron el año 2018 en el sector Isla teja  $57,1\%$  y durante el año 2019 en el sector San Luis  $59,8\%$ , siendo este último sitio el más representativo para la fracción grava a partir del otoño del año 2017 (Tabla 4.2.2.1).

La Figura 4.2.2.2 muestra la variabilidad inter-anual de las proporciones de grava contenida en los sedimentos de orilla y cauce analizados; se observó una tendencia inter-anual significativa ( $p < 0,05$ ) en los sedimentos del cauce del sector San Luis; *i.e.*, el contenido de los mismos tendió a aumentar en el tiempo (Fig. 4.2.2.2).

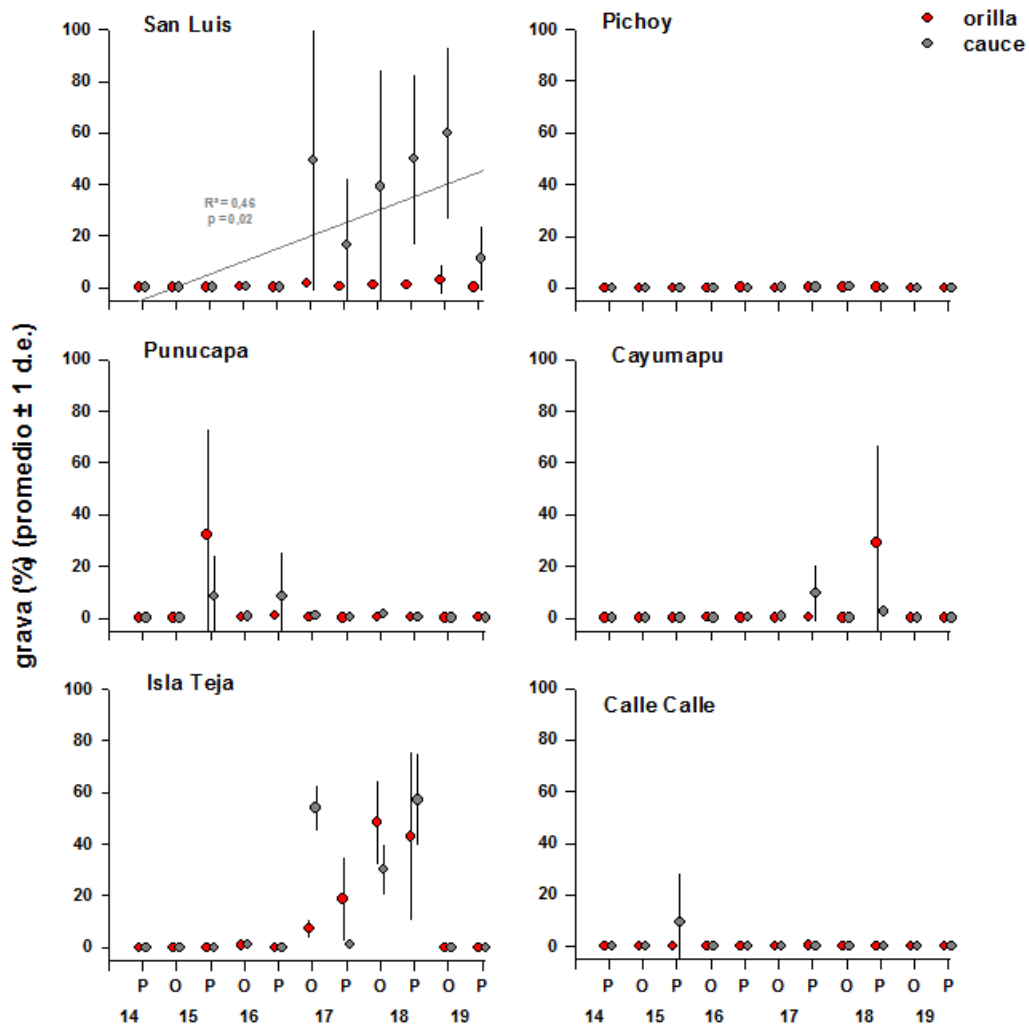
**Tabla 4.2.2.1.** Comparación inter-anual de los valores porcentuales promedio de grava en los sedimentos de orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

Grava (%)	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC	
	Orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
otoño 2015	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
primavera 2015	0,0 (0,0)	32,1 (41,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
otoño 2016	0,4 (0,2)	0,2 (0,1)	0,7 (0,4)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,4 (0,3)	0,1 (0,1)
primavera 2016	0,0 (0,0)	1,1 (2,1)	0,0 (0,0)	0,3 (0,5)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
otoño 2017	1,4 (1,6)	0,3 (0,4)	7,1 (3,7)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
primavera 2017	0,4 (0,5)	0,0 (0,0)	18,7 (16,5)	0,1 (0,1)	0,4 (0,8)	0,4 (0,7)	0,4 (0,7)
otoño 2018	1,0 (0,9)	0,3 (0,4)	48,4 (16,2)	0,1 (0,2)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
primavera 2018	0,9 (1,4)	0,1 (0,1)	42,9 (32,7)	0,3 (0,4)	29,1 (37,9)	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)
otoño 2019	3,0 (5,8)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
primavera 2019	0,1 (0,3)	0,2 (0,2)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)

cauce	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
	primavera 2014	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
otoño 2015	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
primavera 2015	0,0 (0,0)	8,5 (15,9)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	9,5 (18,9)
otoño 2016	0,3 (0,4)	0,6 (0,5)	1,0 (0,7)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,1 (0,2)
primavera 2016	0,0 (0,0)	8,5 (16,9)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,4 (0,3)	0,0 (0,0)
otoño 2017	49,3 (51,1)	0,9 (1,7)	53,9 (8,8)	0,1 (0,1)	0,6 (1,1)	0,0 (0,0)
primavera 2017	16,6 (26,2)	0,1 (0,2)	1,2 (0,8)	0,1 (0,1)	9,6 (10,9)	0,0 (0,0)
otoño 2018	39,0 (45,8)	1,7 (1,0)	30,2 (10,1)	0,5 (0,4)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
primavera 2018	49,8 (33,2)	0,1 (0,2)	57,1 (18,0)	0,0 (0,0)	2,5 (1,6)	0,0 (0,0)
otoño 2019	59,8 (33,7)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
primavera 2019	11,3 (12,5)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)





**Figura 4.2.2.2.** Comparación inter-anual de los valores porcentuales promedio de grava contenida en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios  $\pm 1$  desviación estándar. Solo se muestran resultados de análisis de correlación entre valores porcentuales y tiempo, cuando los valores de p y R2 fueron significativos; representados con sus valores y una línea color rojo y/o gris en orilla y cauce respectivamente.

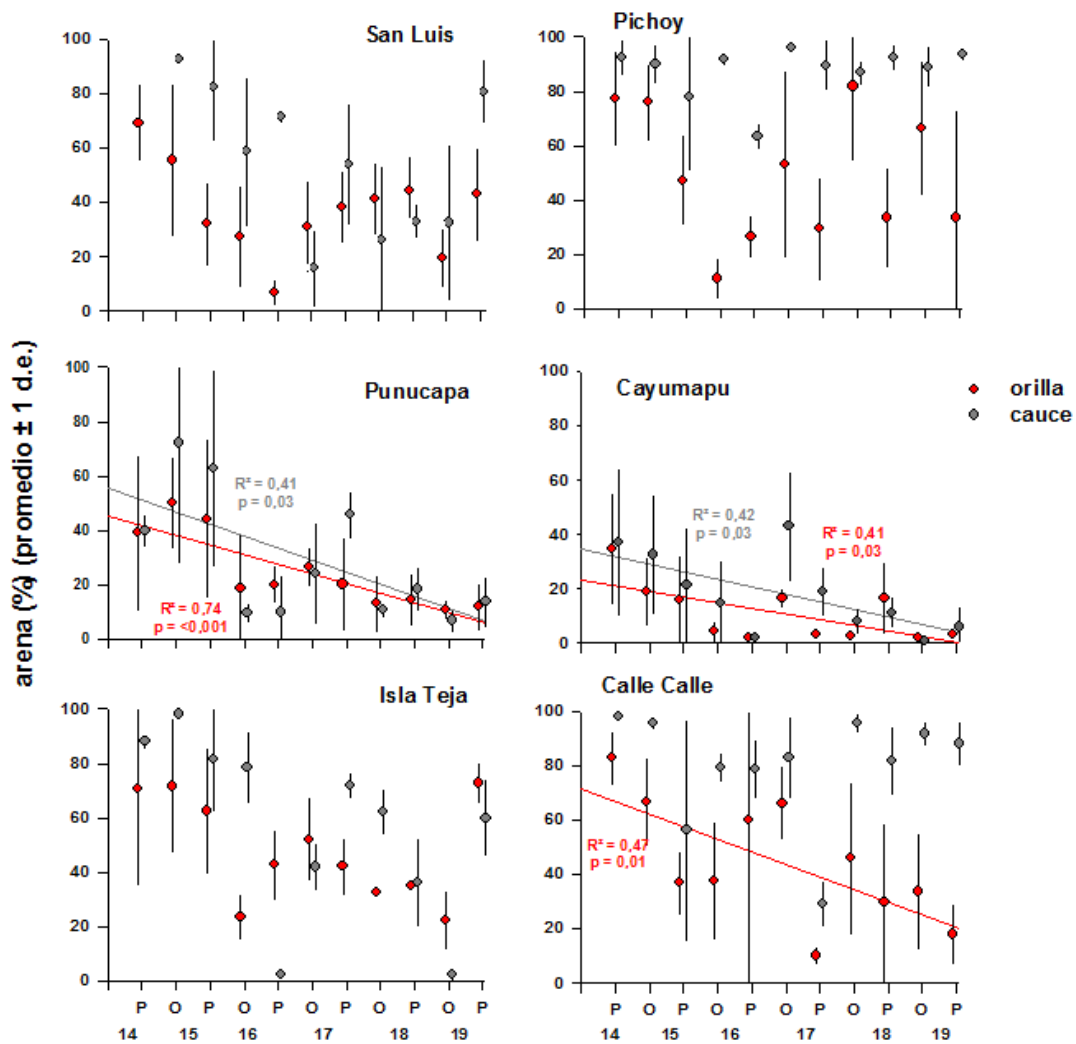
## Arena

La fracción textural arena (partículas comprendidas entre 63 y 2000  $\mu\text{m}$ ), ha sido la más representativa en los sedimentos analizados durante el periodo de estudio (Tabla 4.2.2.2). Las mayores proporciones registradas corresponden a las encontradas en el cauce; en San Luis e Isla teja durante el año 2015, río Calle Calle durante los años 2015 y 2019, y en el río Pichoy durante los años 2015, 2016 y 2017 (>90%). El sector Cayumapu en cambio ha sido el que presenta las menores proporciones de arena durante el periodo de estudio registrándose el menor valor en otoño del año 2019 (1%) (Tabla 4.2.2.2). A su vez, en la orilla de los sitios estudiados los valores porcentuales más altos fueron registrados en el río Calle Calle el año 2014, Pichoy los años 2014 y 2016, y en sector Isla Teja durante los años 2014, 2015 y 2019 (>70%) (Tabla 4.2.2.2).

La Figura 4.2.2.3 muestra la variabilidad inter-anual en los valores porcentuales de arena en los sedimentos de orilla y cauce; se observaron tendencias inter-anales significativas a la disminución ( $p < 0,05$ ) en los sedimentos de orilla y cauce de los sectores Punucapa y Cayumapu y en los sedimentos de orilla del sector Calle Calle.

**Tabla 4.2.2.2.** Valores porcentuales promedio de arena en los sedimentos de orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

arena (%)	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca
primavera 2014	69,1 (14,2)	39,0 (20,8)	70,5 (35,4)	77,5 (17,6)	34,7 (20,7)	82,7 (9,9)
otoño 2015	55,4 (28,3)	50,0 (17,1)	71,6 (24,8)	75,9 (14,2)	19,0 (12,7)	66,5 (16,3)
primavera 2015	31,9 (15,2)	44,1 (29,3)	62,5 (23,2)	47,2 (16,6)	16,0 (8,8)	36,9 (11,8)
otoño 2016	27,3 (19,0)	18,7 (19,9)	23,4 (8,5)	11,1 (7,3)	4,2 (3,8)	37,5 (21,9)
primavera 2016	6,7 (4,8)	19,9 (7,0)	42,6 (13,2)	26,6 (7,9)	2,1 (1,5)	60,1 (3,8)
otoño 2017	30,9 (17,1)	26,4 (7,2)	52,1 (15,6)	53,2 (34,4)	16,5 (3,8)	66,2 (13,8)
primavera 2017	38,1 (13,3)	20,2 (17,4)	42,0 (10,5)	29,4 (19,0)	3,1 (1,1)	10,1 (3,1)
otoño 2018	41,4 (13,3)	13,0 (10,6)	32,4 (6,1)	81,9 (26,7)	2,5 (1,4)	45,9 (28,2)
primavera 2018	44,4 (12,6)	14,6 (9,7)	34,9 (21,2)	33,5 (18,6)	16,7 (12,7)	29,6 (28,8)
otoño 2019	19,5 (11,1)	10,8 (3,7)	22,3 (11,1)	66,5 (25,0)	2,1 (1,1)	33,6 (21,6)
primavera 2019	42,9 (17,2)	11,8 (8,7)	72,8 (7,4)	33,5 (39,9)	3,3 (2,1)	17,9 (11,4)
cauce	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014	88,2 (18,7)	39,9 (5,6)	88 (2,0)	92,6 (6,7)	37,1 (27,3)	98,2 (1,6)
otoño 2015	92,6 (1,6)	72,2 (44,3)	98,1 (1,1)	90,1 (6,5)	32,5 (22,3)	95,5 (2,5)
primavera 2015	82,2 (19,6)	62,8 (36,5)	81,3 (19,0)	78 (27,2)	21,3 (20,6)	56,1 (40,1)
otoño 2016	58,6 (27,5)	9,6 (3,7)	78,5 (13,5)	91,6 (2,2)	14,6 (15,8)	79,3 (5,3)
primavera 2016	71,5 (2,4)	9,8 (13,7)	2,4 (0,7)	63,3 (5,0)	2,0 (1,0)	78,6 (10,9)
otoño 2017	15,7 (14,1)	24,1 (18,8)	41,9 (8,8)	96,3 (2,0)	42,9 (20,2)	83 (15,2)
primavera 2017	54,0 (22,2)	45,7 (8,9)	71,9 (4,7)	89,6 (9,5)	19,0 (9,0)	29,1 (8,4)
otoño 2018	26,2 (27,3)	10,6 (2,7)	62,2 (8,5)	86,9 (4,6)	7,9 (4,7)	95,7 (3,8)
primavera 2018	32,9 (6,3)	18,4 (8,0)	36,3 (16,5)	92,3 (5,0)	11,2 (5,7)	81,7 (12,6)
otoño 2019	32,4 (28,6)	6,8 (4,2)	2,1 (1,9)	89,0 (7,4)	1,0 (0,5)	91,7 (4,8)
primavera 2019	80,7 (11,9)	13,6 (8,7)	59,8 (13,6)	93,7 (2,4)	5,9 (7,6)	88,0 (8,4)



**Figura 4.2.2.3.** Comparación inter-anual de los valores porcentuales promedio de arena contenida en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios  $\pm 1$  desviación estándar. Solo se muestran resultados de análisis de correlación entre valores porcentuales y tiempo, cuando los valores de p y R2 fueron significativos; representados con sus valores y una línea, color rojo o gris en orilla y cauce respectivamente según corresponda.

## Fango

La fracción fango (partículas con diámetros inferiores a 63  $\mu\text{m}$ ), contenida en los sedimentos analizados muestra predominancia en las muestras provenientes de orilla, presentando mayores proporciones que en sedimentos obtenidos de los cauces. El mayor valor porcentual se registró en sector Cayumapu el año 2019 (>90%) (Tabla 4.2.2.3). Por otra parte, la menor proporción ocurrió en sector Isla Teja durante el año 2018 (<10%) (Tabla 4.2.2.3).

El fango contenido en las muestras de los cauces presentó la mayor proporción en Cayumapu durante la primavera del año 2019 (>90%). Mientras que, las menores proporciones se presentaron en; Isla Teja los años 2015 y 2017, en río Pichoy los años 2014 y 2017, y en el río Calle Calle durante los años 2014 y 2018 (<2%) (Tabla 4.2.2.3).

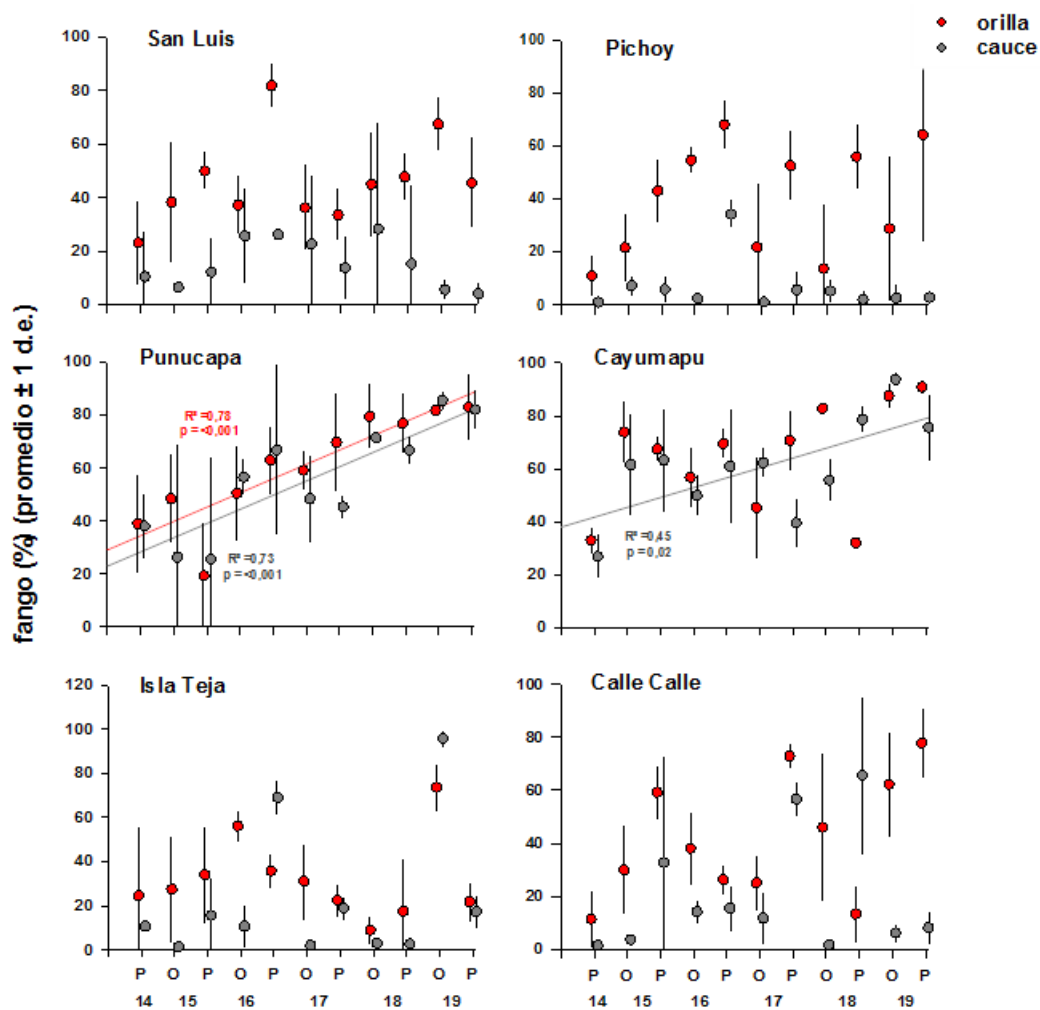
La Figura 4.2.2.4 muestra la variabilidad inter-anual en los valores porcentuales de fango en los sedimentos de orilla y cauce; se observó una tendencia inter-anual significativa al aumento ( $p < 0,05$ ) en los sedimentos de orilla y cauce en el sector Punucapa y en los sedimentos del cauce del sector Cayumapu.

**Tabla 4.2.2.3.** Valores porcentuales promedio de fango en los sedimentos de orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

<b>fango (%)</b>	<b>eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>			<b>ríos tributarios del HRC (sector estuarial)</b>		<b>fuera del HRC</b>
<b>orilla</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014	23,2 (15,9)	39,0 (18,9)	24,5 (31,4)	11,1 (7,9)	33,0 (5,0)	11,3 (11,0)
otoño 2015	38,4 (22,6)	48,4 (16,9)	27,4 (24,4)	21,7 (13,1)	74,0 (11,9)	29,8 (16,9)
primavera 2015	50,1 (7,1)	19,3 (19,4)	34,0 (22,3)	43,2 (12,1)	67,5 (4,8)	59,2 (10,5)
otoño 2016	37,4 (11,2)	50,5 (18,3)	56,1 (7,1)	54,8 (5,1)	56,9 (11,5)	38,0 (14,0)
primavera 2016	82,1 (8,2)	63,0 (13,1)	35,7 (8,2)	68,2 (9,5)	69,6 (5,8)	26,1 (6,0)
otoño 2017	36,3 (16,2)	59,2 (7,3)	30,9 (17,4)	21,9 (24,3)	45,4 (19,2)	24,9 (10,4)
primavera 2017	33,6 (9,9)	69,8 (18,9)	22,3 (7,3)	52,7 (13,2)	70,8 (11,5)	72,9 (4,8)
otoño 2018	45,1 (19,7)	79,6 (12,5)	8,8 (5,5)	13,8 (24,3)	83,0 (2,2)	45,9 (28,2)
primavera 2018	47,8 (8,9)	77,0 (11,5)	17,4 (23,9)	56,1 (12,3)	32,1 (15,7)	13,2 (10,8)
otoño 2019	67,7 (10,4)	81,9 (2,4)	73,6 (10,9)	28,9 (27,5)	87,6 (4,6)	62,2 (20,1)
primavera 2019	45,7 (16,9)	83,1 (12,8)	21,7 (9,1)	64,5 (40,8)	91,0 (2,5)	77,9 (13,5)

<b>cauces</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014	10,5 (17,0)	38,0 (12,6)	10,6 (1,5)	1,1 (1,0)	26,9 (8,5)	1,3 (1,6)
otoño 2015	6,5 (1,0)	26,4 (43,0)	1,2 (0,8)	7,3 (3,9)	61,6 (19,3)	3,5 (2,0)
primavera 2015	12,2 (13,0)	25,6 (38,5)	15,5 (17,0)	5,9 (5,2)	63,3 (19,6)	32,6 (40,3)
otoño 2016	25,7 (17,9)	56,6 (7,0)	10,6 (9,8)	2,5 (1,2)	50,0 (7,8)	14,0 (4,5)
primavera 2016	26,2 (2,3)	66,9 (32,2)	69,0 (7,2)	34,4 (5,3)	61,0 (21,5)	15,3 (8,8)
otoño 2017	22,7 (25,7)	48,4 (16,7)	1,9 (0,4)	1,1 (0,3)	62,4 (5,8)	11,6 (10,2)
primavera 2017	13,8 (11,8)	45,4 (4,4)	18,7 (5,3)	5,8 (7,2)	39,6 (9,6)	56,6 (6,4)
otoño 2018	28,4 (40,1)	71,5 (1,6)	2,9 (0,7)	5,3 (4,7)	55,8 (8,2)	1,5 (0,7)
primavera 2018	15,3 (29,5)	66,8 (5,3)	2,5 (1,4)	2,1 (3,6)	78,7 (5,1)	65,6 (29,9)
otoño 2019	5,6 (3,8)	85,6 (3,6)	95,7 (3,9)	3,6 (4,9)	93,9 (2,9)	6,0 (3,6)
primavera 2019	4,1 (0,9)	82,8 (7,3)	17,1 (7,7)	2,9 (2,8)	75,7 (12,8)	8,0 (6,3)



**Figura 4.2.2.4.** Comparación inter-anual de los valores porcentuales promedio de fango contenido en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios  $\pm 1$  desviación estándar. Solo se muestran resultados de análisis de correlación entre valores porcentuales y tiempo, cuando los valores de p y R2 fueron significativos; representados con sus valores y una línea, color rojo o gris en orilla y cauce respectivamente según corresponda.

### **Agregados biogénicos**

Los agregados biogénicos contenidos en los sedimentos de orilla y cauce del área estudiada fluctuaron entre 0,7 y 37%. En orilla, los valores porcentuales más altos se presentaron en Cayumapu el año 2014, en los sectores, San Luis, Punucapa, río Pichoy y río Cayumapu el año 2016, y en San Luis el año 2017 (>30%) (Tabla 4.2.2.4). Por el contrario, los menores valores porcentuales se presentaron en río Calle Calle durante el año 2014, en Punucapa e Isla Teja durante el año 2015 y en río Pichoy durante el año 2019 (<2%) (Tabla 4.2.2.4).

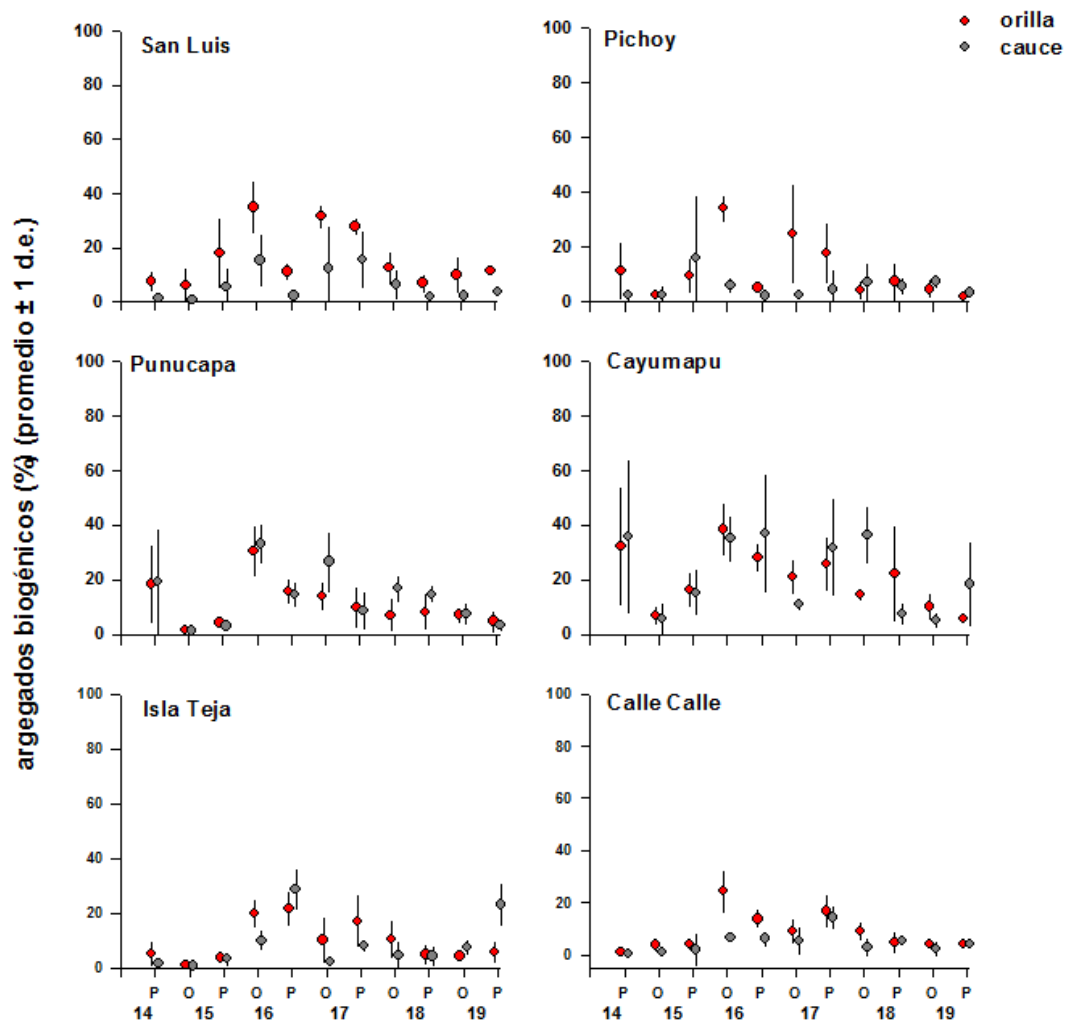
A su vez, los agregados biogénicos contenidos en los sedimentos provenientes del cauce presentaron las mayores proporciones en; Cayumapu durante los años 2014, 2016, 2017 y 2018, y en Punucapa durante el año 2016 (>30%) (Tabla 4.2.2.4). En contraste, las menores proporciones ocurrieron en; río Calle Calle, San Luis e Isla teja durante los años 2014 y 2015, en Punucapa el año 2015, y en San Luis durante el año 2018 (<2%) (Tabla 4.2.2.4).

No se observó tendencias significativas ( $p>0,05$ ) al aumento o disminución de agregados biogénicos contenidos en los sedimentos del cauce y orilla en el tiempo y sectores estudiados (Fig. 4.2.2.5).



**Tabla 4.2.2.4.** Valores porcentuales promedio de agregados biogénicos en los sedimentos de orilla cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapu, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

agregados biogénicos %	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014		7,7 (3,7)	18,5 (14,6)	5,0 (4,8)	11,4 (10,7)	32,3 (21,8)	1,1 (0,9)
otoño 2015		6,3 (6,3)	1,7 (1,1)	0,9 (1,1)	2,5 (1,5)	7,1 (3,5)	3,6 (2,5)
primavera 2015		18,1 (13,0)	4,4 (2,1)	3,5 (1,7)	9,6 (6,6)	16,5 (6,3)	3,9 (2,1)
otoño 2016		34,9 (9,6)	30,6 (9,3)	19,9 (5,5)	34,1 (5,0)	38,5 (9,7)	24,3 (8,4)
primavera 2016		11,2 (3,4)	16,0 (4,6)	21,7 (6,4)	5,0 (1,3)	28,3 (4,7)	13,7 (3,1)
otoño 2017		31,5 (3,7)	14,1 (5,2)	10,0 (8,5)	24,8 (18,0)	21,1 (6,6)	8,9 (5,1)
primavera 2017		27,9 (3,4)	10,0 (7,7)	17,0 (9,8)	17,8 (11,3)	25,7 (9,9)	16,6 (6,6)
otoño 2018		12,5 (6,1)	7,1 (6,1)	10,4 (7,0)	4,2 (3,5)	14,5 (2,2)	9,1 (3,8)
primavera 2018		6,9 (3,6)	8,3 (6,8)	4,8 (4,1)	7,4 (6,5)	22,2 (17,2)	4,7 (3,7)
otoño 2019		9,9 (6,7)	7,2 (2,9)	4,1 (0,9)	4,6 (3,6)	10,3 (4,8)	4,2 (1,6)
primavera 2019		11,3 (1,5)	4,9 (4,1)	5,5 (4,1)	2,0 (1,0)	5,7 (0,5)	4,2 (2,2)
	<b>cauce</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014		1,3 (1,7)	19,3 (19,7)	1,4 (1,1)	2,4 (2,3)	36,0 (28,4)	0,5 (0,4)
otoño 2015		0,9 (0,9)	1,4 (1,3)	0,7 (0,5)	2,6 (3,6)	5,9 (5,8)	1,1 (0,9)
primavera 2015		5,6 (7,2)	3,1 (2,1)	3,2 (2,7)	16,1 (22,9)	15,4 (8,5)	1,8 (6,6)
otoño 2016		15,3 (9,9)	33,2 (7,5)	9,9 (3,8)	6,0 (2,7)	35,1 (8,5)	6,6 (1,3)
primavera 2016		2,3 (0,4)	14,8 (4,7)	28,6 (7,7)	2,2 (1,3)	37,0 (21,9)	6,1 (3,0)
otoño 2017		12,3 (16,1)	26,6 (11,3)	2,2 (1,2)	2,5 (1,9)	11,0 (2,1)	5,4 (5,5)
primavera 2017		15,6 (10,5)	8,8 (7,0)	8,1 (2,2)	4,5 (7,4)	31,8 (18,0)	14,3 (4,4)
otoño 2018		6,4 (5,7)	16,9 (5,0)	4,6 (5,2)	7,2 (6,3)	36,3 (10,1)	2,8 (3,2)
primavera 2018		2,0 (1,9)	14,7 (3,2)	4,1 (4,0)	5,6 (3,3)	7,6 (3,9)	5,1 (1,8)
otoño 2019		2,2 (1,4)	7,6 (3,9)	7,4 (2,7)	7,4 (2,7)	5,1 (2,8)	2,3 (3,0)
primavera 2019		3,9 (1,6)	3,6 (2,2)	23,1 (8,1)	3,4 (1,8)	18,4 (15,5)	4,0 (2,1)



**Figura 4.2.2.5.** Comparación interanual de los valores porcentuales promedio de agregados biogénicos contenidos en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios  $\pm 1$  desviación estándar.

### **Materia orgánica total**

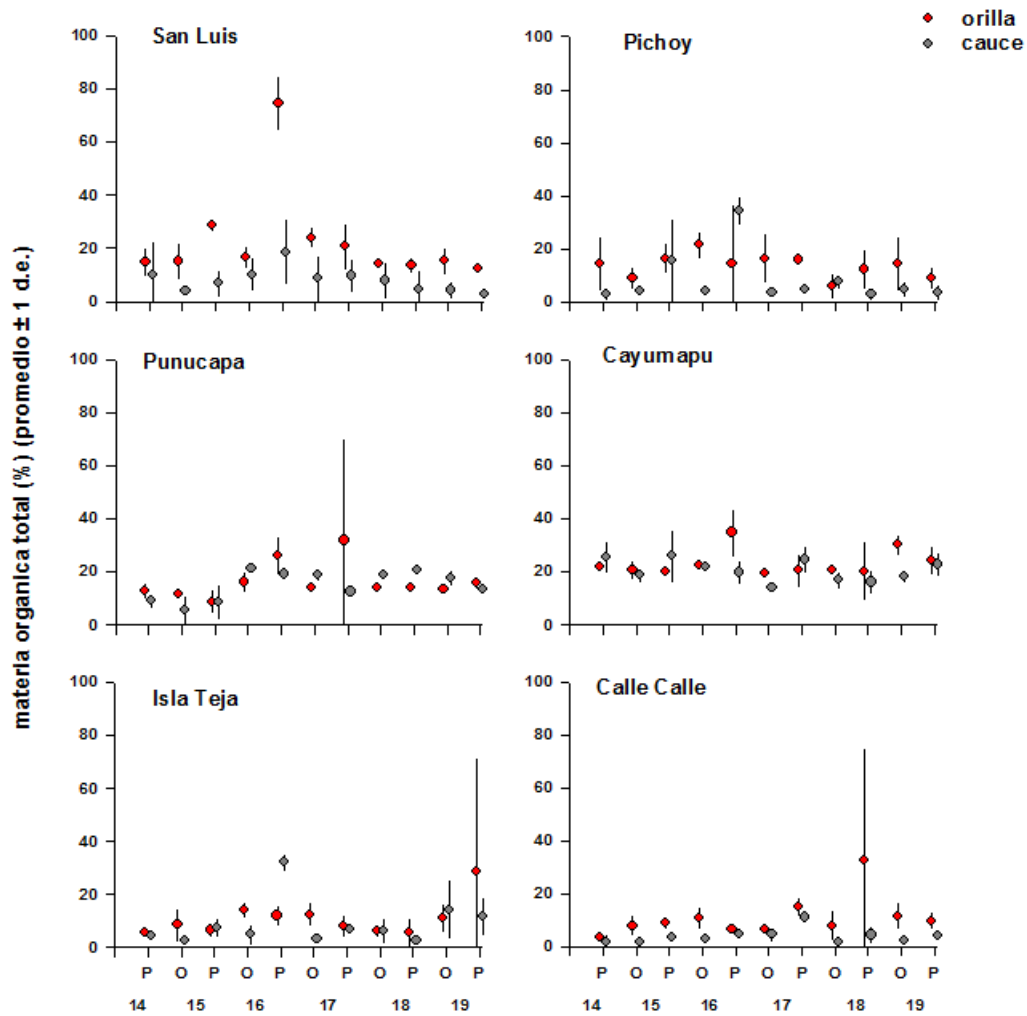
En los fondos sedimentarios de orilla y cauce analizados los valores porcentuales fluctuaron entre 1,9% y 74,4%, presentándose los mayores valores de materia orgánica total en la orilla del área estudiada, con excepción de los sedimentos provenientes del sector Punucapa y río Cayumapu donde los valores porcentuales presentan una mayor uniformidad entre la orilla y el cauce. Las mayores proporciones de materia orgánica total ocurrieron en la orilla del sector San Luis el año 2016 (74,4%), seguido de valores del orden del 30% en Punucapa durante el año 2017, Calle Calle durante el año 2018 y Cayumapu durante el año 2016 y 2019 (Tabla 4.2.2.5).

Los valores más altos de materia orgánica total encontrados en el cauce ocurrieron en los sectores Isla Teja y río Pichoy el año 2016 (>30%). A su vez, los valores porcentuales más bajos de materia orgánica total ocurrieron en; sector Isla Teja los años 2015 y 2017, en río Pichoy el año 2014, y en Calle Calle los años 2014, 2015 y 2018 (<2%) (Tabla 4.2.2.5).

No se observó tendencias inter-anales significativas ( $p>0,05$ ) al aumento o disminución de materia orgánica total contenida en los sedimentos de orilla y cauce en los sedimentos provenientes de orilla y cauce de los sectores estudiados (Fig. 4.2.2.6.).

**Tabla 4.2.2.5.** Valores porcentuales promedio de materia orgánica total en los sedimentos de orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) con desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapu, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

materia orgánica (%)	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014		14,8 (5,2)	12,7 (2,9)	5,8 (1,6)	14,3 (10,1)	21,8 (1,4)	3,5 (1,6)
otoño 2015		15,1 (6,7)	11,6 (1,8)	8,5 (5,8)	9,2 (4,2)	20,7 (3,5)	7,9 (4,0)
primavera 2015		28,5 (2,5)	8,7 (4,5)	6,6 (2,5)	16,4 (5,6)	19,9 (1,2)	8,8 (2,0)
otoño 2016		16,8 (4,3)	16,1 (3,8)	14,1 (2,8)	21,6 (5,2)	22,5 (0,9)	10,7 (4,2)
primavera 2016		74,4 (9,7)	26,2 (7,2)	12,0 (3,9)	14,5 (22,5)	34,8 (9,1)	6,4 (1,4)
otoño 2017		24,0 (3,8)	14,0 (1,1)	12,5 (4,5)	16,4 (9,3)	19,3 (0,4)	6,5 (1,1)
primavera 2017		20,6 (8,7)	31,8 (37,6)	8,1 (4,0)	15,9 (2,2)	20,5 (6,4)	15,0 (3,8)
otoño 2018		14,3 (1,9)	14,0 (1,5)	6,3 (2,5)	5,8 (4,7)	20,6 (2,0)	8,0 (5,8)
primavera 2018		13,8 (2,4)	13,9 (1,2)	5,6 (5,7)	12,3 (7,6)	20,1 (11,2)	32,7 (42,3)
otoño 2019		15,2 (5,1)	13,5 (1,1)	11,1 (5,6)	21,8 (31,0)	30,1 (3,9)	11,6 (5,0)
primavera 2019		12,4 (0,9)	15,9 (2,5)	28,5 (43,3)	7,0 (3,3)	24,2 (5,4)	9,8 (3,4)
	<b>cauce</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014		9,9 (12,7)	8,9 (2,7)	4,3 (1,6)	2,7 (2,1)	25,5 (6,1)	2,0 (2,9)
otoño 2015		3,8 (0,7)	5,5 (5,3)	2,4 (0,6)	4,2 (0,6)	18,6 (2,6)	2,0 (0,5)
primavera 2015		6,7 (5,4)	8,3 (6,7)	7,5 (3,6)	15,4 (16,1)	25,9 (10,1)	3,4 (1,8)
otoño 2016		10,2 (6,3)	21,3 (1,3)	4,9 (4,1)	4,1 (0,4)	21,9 (1,1)	3,1 (0,9)
primavera 2016		18,5 (12,4)	19,1 (2,0)	32,1 (3,2)	34,4 (5,3)	19,7 (4,5)	4,9 (2,1)
otoño 2017		8,7 (8,7)	18,9 (2,5)	3,0 (0,5)	3,4 (1,0)	14,1 (1,9)	4,6 (2,6)
primavera 2017		9,7 (6,5)	12,5 (0,6)	6,7 (0,8)	4,9 (2,1)	24,5 (5,3)	11,1 (2,0)
otoño 2018		7,8 (7,1)	18,9 (0,9)	6,1 (4,9)	7,7 (2,7)	16,8 (3,2)	1,9 (0,5)
primavera 2018		4,7 (7,1)	20,4 (0,9)	2,7 (0,8)	3,0 (1,8)	16,1 (4,0)	4,5 (2,6)
otoño 2019		4,3 (3,5)	17,7 (3,1)	14,3 (11,2)	4,6 (2,9)	18,0 (2,2)	2,5 (1,0)
primavera 2019		2,7 (0,8)	13,3 (1,6)	11,8 (7,2)	3,6 (3,0)	22,7 (4,7)	4,3 (1,0)



**Figura 4.2.2.6.** Comparación inter-anual de los valores porcentuales promedio de materia orgánica total contenida en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios  $\pm 1$  desviación estándar.

### **Tamaño medio de la partícula de arena**

Durante el periodo de estudio las partículas de arenas contenidas en los fondos sedimentarios analizados, provenientes del cauce, fueron de mayor tamaño que las encontradas en la orilla de todos los sectores estudiados, con excepción de Punucapa y Cayumapu que presentaron mayor homogeneidad de tamaños de partículas de arena entre las recolectadas en orilla y cauce (Tabla 4.2.2.6) (Fig. 4.2.2.7).

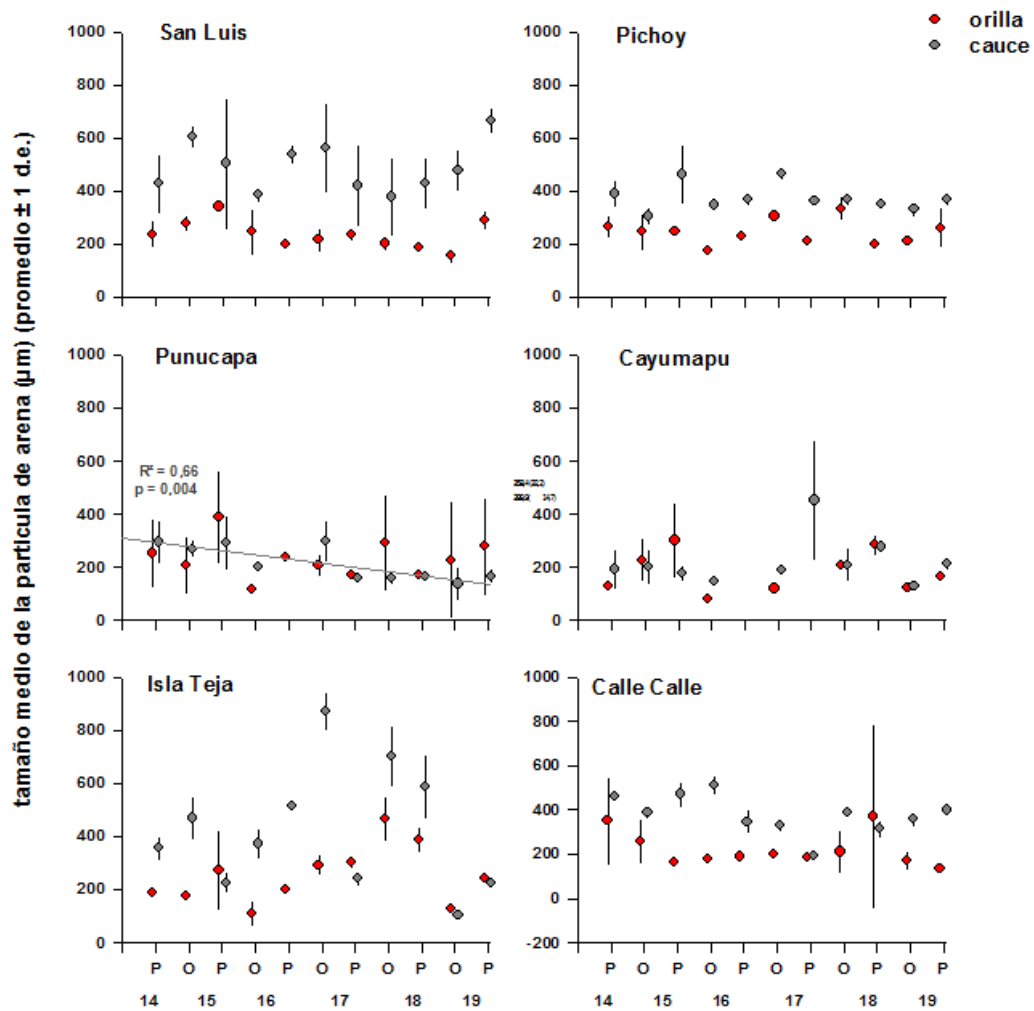
En la orilla predominaron las arenas de tamaño fino (comprendidas entre 125-250  $\mu\text{m}$ ; cf., Folk, 1980), y las de tamaño medio (250-500  $\mu\text{m}$ ; cf., Folk, 1980), con excepción de Isla Teja y Cayumapu que durante el otoño de los años 2016 y 2019 presentaron partículas de tamaño muy fino ( $< 125 \mu\text{m}$ ; cf., Folk, 1980) en los sedimentos de orilla y cauce (Tabla 4.2.2.6). A su vez, en los sedimentos provenientes de los cauces, las partículas de arena fueron mayoritariamente de tamaño medio en todos los sitios (250-500  $\mu\text{m}$ ; cf., Folk, 1980), y de tamaño grueso ( $> a 500 \mu\text{m}$ , cf., Folk, 1980) en San Luis durante los años 2015, 2016 y 2019, y en Isla Teja durante los años 2016, 2017 y 2018.

Por otra parte, partículas finas (150-250  $\mu\text{m}$ ; cf., Folk, 1980) ocurrieron en los sedimentos provenientes del cauce de los sectores; Punucapa durante los años 2016, 2017, 2018 y 2019, en Calle Calle durante el año 2017, y en Cayumapu durante los años 2014, 2015, 2016, 2017 y 2019 (Tabla 4.2.2.6).

El análisis de regresión lineal para el tamaño medio de la partícula de arena mostró tendencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ), a la disminución en los sedimentos provenientes del cauce en el sector Punucapa (Fig. 4.2.2.7).

**Tabla 4.2.2.6.** Valores porcentuales promedio de tamaños de las partículas de la fracción arena en los sedimentos de orilla y caucedel área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. \* = una sola réplica. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

tamaño de la arena ( $\mu\text{m}$ )	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014		237,9 (49,5)	253,3 (131,1)	189,3 (18,4)	266,1 (40,9)	129,1 (14,4)	349,4 (197,2)
otoño 2015		279,9 (31,5)	207,5 (107,5)	177,3 (19,4)	247,7 (69,7)	226,0 (81,9)	256,7 (99,7)
primavera 2015		340,8*	389,3 (176,1)	272,6 (151,0)	248,9 (10,1)	300,5 (144,4)	163,4 (2,6)
otoño 2016		245,5 (86,8)	118*	111,9 (47,7)	177*	81*	177,1 (13,8)
primavera 2016		201*	237*	198*	227,4 (14,4)	-	189,1 (7,4)
otoño 2017		216,5 (45,0)	207,6 (42,4)	293,3 (39,4)	305,5 (13,2)	119,5 (10,2)	197,9 (8,7)
primavera 2017		235,2 (21,3)	169,2 (18,4)	301,6 (20,7)	210,3 (2,1)	-	184,2 (9,9)
otoño 2018		202,2 (25,9)	292,9 (180,6)	467,3 (84,9)	334,9 (44,5)	209,3 (9,7)	211,4 (97,3)
primavera 2018		187,8 (11,6)	168,9 (11,5)	387,8 (48,3)	198,5 (17,1)	284,7 (39,2)	370,5 (419,8)
otoño 2019		155,2 (26,4)	227,6 (221,3)	129,0 (12,8)	211,9 (21,2)	122,2 (19,9)	171,2 (40,8)
primavera 2019		219,4 (36,7)	277,5 (187,2)	240,5 (16,0)	261,7 (74,8)	163,3 (14,7)	133,5 (15,6)
	<b>cauce</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014		426,8 (112,5)	295,1 (84,4)	356,1 (44,8)	390,6 (50,7)	191,9 (76,8)	458,6 (16,5)
otoño 2015		606,0 (42,7)	269,0 (33,9)	469,2 (80,9)	304,8 (34,6)	201,7 (66,6)	386,6 (26,9)
primavera 2015		504,3 (247,5)	291,3 (102,2)	226,5 (37,6)	462,5 (113,6)	176,9 (31,5)	471,4 (58,1)
otoño 2016		386,0 (26,8)	199*	372,4 (57,9)	347,8 (11,3)	149*	512,5 (42,7)
primavera 2016		537, 1 (34,4)	-	514*	366,5 (24,0)	-	347,8 (53,9)
otoño 2017		563,4 (168,6)	297,7 (79,7)	873,4 (73,3)	464,7 (23,0)	188,2 (5,8)	329,4 (30,3)
primavera 2017		420,1 (156,3)	161,4 (11,0)	240,2 (26,0)	362,0 (12,7)	452,0 (226,8)	193,7 (15,5)
otoño 2018		378,2 (145,6)	159,9 (24,6)	702,8 (114,0)	370,4 (22,8)	209,6 (62,6)	387,8 (22,1)
primavera 2018		429,5 (95,2)	163,4 (9,9)	587,7 (120,7)	348,7 (13,2)	277,0 (18,0)	313,5 (38,6)
otoño 2019		477,2 (76,0)	137,7 (55,1)	104,2 (5,4)	331,9 (21,2)	128,6 (10,4)	358,4 (32,2)
primavera 2019		665,4 (50,2)	167,3 (29,2)	222,8 (9,1)	367,8 (22,4)	212,5 (23,7)	399,9 (14,7)



**Figura 4.2.2.7.** Comparación inter-anual de los valores porcentuales promedio del tamaño medio de la partícula de arena contenida en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios  $\pm$  1 desviación estándar. Solo se muestran resultados de análisis de correlación entre valores porcentuales y tiempo, cuando los valores de p y R2 fueron significativos; representados con sus valores y una línea color rojo o gris en orilla y cauce respectivamente según corresponda.



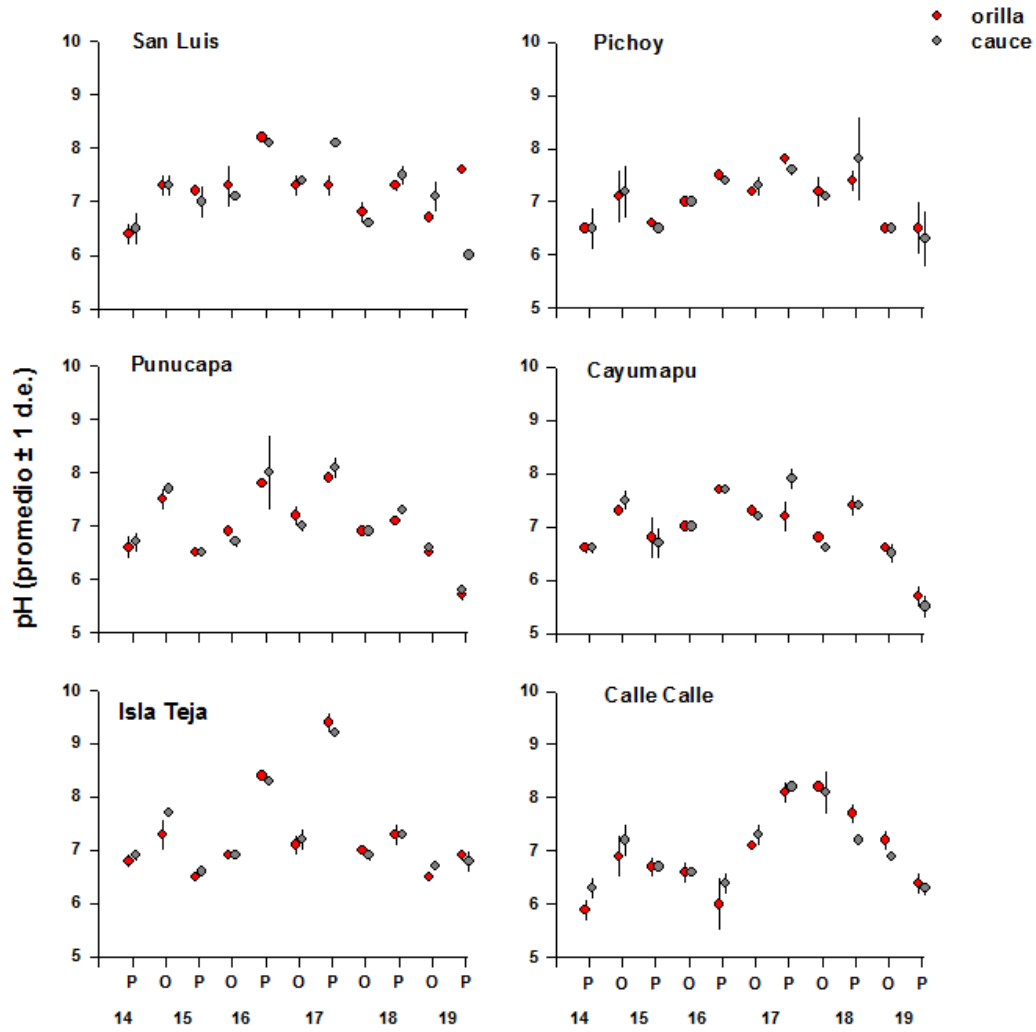
## pH

Durante el periodo de estudio los menores valores de pH han ocurrido el año 2019, en los sedimentos de orilla y cauce del sector Cayumapu (5,7 y 5,5 respectivamente), y en los sedimentos de orilla del sector Punucapa. A su vez, los mayores valores de pH fueron registrados el año 2017 en el sector Isla Teja; 9,4 y 9,2 (orilla y cauce respectivamente) (Tabla 4.2.2.7).

El análisis estadístico de regresión lineal con respecto al pH en los sedimentos provenientes de orilla y cauce de los sectores estudiados mostró que no hay tendencias significativas en el tiempo ( $p > 0,05$ ) (Fig. 4.2.2.8).

**Tabla 4.2.2.7.** Variabilidad del pH en los sedimentos de orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

pH	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014		6,4 (0,2)	6,6 (0,2)	6,8 (0,1)	6,5 (0,1)	6,6 (0,1)	5,9 (0,2)
otoño 2015		7,3 (0,2)	7,5 (0,2)	7,3 (0,3)	7,1 (0,5)	7,3 (0,1)	6,9 (0,4)
primavera 2015		7,2 (0,1)	6,5 (0,1)	6,5 (0,1)	6,6 (0,1)	6,8 (0,4)	6,7 (0,2)
otoño 2016		7,3 (0,4)	6,9 (0,1)	6,9 (0,0)	7,0 (0,0)	7,0 (0,0)	6,6 (0,2)
primavera 2016		8,2 (0,1)	7,8 (0,0)	8,4 (0,1)	7,5 (0,0)	7,7 (0,0)	6,0 (0,5)
otoño 2017		7,3 (0,2)	7,2 (0,2)	7,1 (0,2)	7,2 (0,1)	7,3 (0,0)	7,1 (0,1)
primavera 2017		7,3 (0,2)	7,9 (0,1)	9,4 (0,2)	7,8 (0,1)	7,2 (0,3)	8,1 (0,2)
otoño 2018		6,8 (0,2)	6,9 (0,1)	7,0 (0,1)	7,2 (0,3)	6,8 (0,1)	8,2 (0,1)
Primavera 2018		7,3 (0,1)	7,1 (0,1)	7,3 (0,2)	7,4 (0,2)	7,4 (0,2)	7,7 (0,2)
otoño 2019		6,7 (0,1)	6,5 (0,0)	6,5 (0,1)	6,5 (0,1)	6,6 (0,0)	7,2 (0,2)
primavera 2019		6,7 (0,1)	5,7 (0,1)	6,9 (0,1)	6,5 (0,5)	5,7 (0,2)	6,4 (0,2)
	<b>cauce</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014		6,5 (0,3)	6,7 (0,2)	6,9 (0,1)	6,5 (0,4)	6,6 (0,1)	6,3 (0,2)
otoño 2015		7,3 (0,2)	7,7 (0,1)	7,7 (0,0)	7,2 (0,5)	7,5 (0,2)	7,2 (0,3)
primavera 2015		7,0 (0,3)	6,5 (0,0)	6,6 (0,1)	6,5 (0,1)	6,7 (0,3)	6,7 (0,1)
otoño 2016		7,1 (0,0)	6,7 (0,1)	6,9 (0,0)	7,0 (0,0)	7,0 (0,0)	6,6 (0,1)
primavera 2016		8,1 (0,0)	8,0 (0,7)	8,3 (0,1)	7,4 (0,1)	7,7 (0,1)	6,4 (0,2)
otoño 2017		7,4 (0,1)	7,0 (0,1)	7,2 (0,2)	7,3 (0,2)	7,2 (0,1)	7,3 (0,2)
primavera 2017		8,1 (0,2)	8,1 (0,2)	9,2 (0,0)	7,6 (0,1)	7,9 (0,2)	8,2 (0,1)
otoño 2018		6,6 (0,1)	6,9 (0,1)	6,9 (0,1)	7,1 (0,1)	6,6 (0,0)	8,1 (0,4)
primavera 2018		7,5 (0,2)	7,3 (0,1)	7,3 (0,1)	7,8 (0,1)	7,4 (0,1)	7,2 (0,1)
otoño 2019		7,1 (0,3)	6,6 (0,0)	6,7 (0,0)	6,5 (0,0)	6,5 (0,2)	6,9 (0,1)
primavera 2019		6,0 (0,1)	5,8 (0,1)	6,8 (0,2)	6,3 (0,5)	5,5 (0,2)	6,3 (0,1)



**Figura 4.2.2.8.** Comparación interanual de los valores porcentuales promedio del pH en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios  $\pm 1$  desviación estándar.

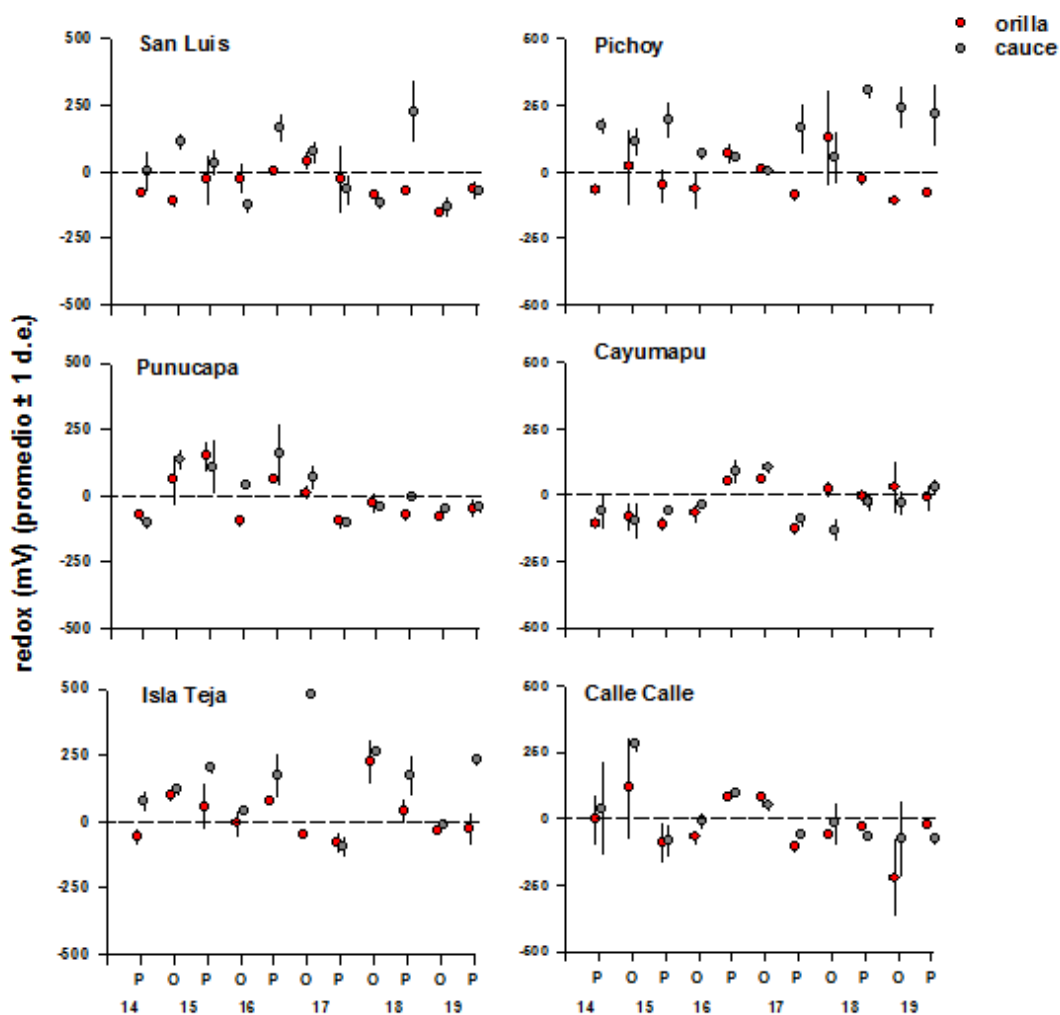
## Redox

Los valores porcentuales del potencial óxido reducción (redox) han presentado un comportamiento en general estable durante el periodo de estudio, con fluctuaciones en orilla entre -222,6 mV (río Calle Calle durante el año 2019) y 223,9 mV (Isla Teja durante el año 2018) (Tabla 4.2.2.8). A su vez, en los sedimentos provenientes de los cauces el valor más alto registrado corresponde a 479,2 mV, el cual ocurrió el año 2017 en el sector Isla Teja, seguido del río Calle Calle en el año 2015 el cual presentó 277,2 mV. Por otra parte, el año 2018 en el sector río Cayumapu se registró el valor de redox más bajo, correspondiente a -133,4 mV (Tabla 4.2.2.8).

El análisis estadístico de regresión lineal no mostró tendencias inter-anales significativas ( $p > 0,05$ ) al aumento o a la disminución del valor óxido reducción en los sedimentos de orilla y cauce provenientes de los sectores estudiados (Fig. 4.2.2.9).

**Tabla 4.2.2.8.** Variabilidad del potencial óxido reducción (redox) en los sedimentos de orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

redox (mV)	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014		-79,2 (12,0)	-71,1 (25,3)	-56,6 (33,3)	-68,8 (15,9)	-108,5 (14,2)	-5,7 (99,1)
otoño 2015		-109,9 (27,1)	59,9 (94,5)	97,8 (24,5)	20,0 (144,7)	-83,7 (55,3)	116,2 (193,6)
primavera 2015		-30,8 (95,9)	148,1 (57,2)	55,5 (88,0)	-53,0 (65,6)	-111,2 (29,2)	-91,6 (80,4)
otoño 2016		-26,5 (58,1)	-96,1 (26,6)	-7,6 (51,1)	-66,4 (73,8)	-69,6 (35,9)	-69,8 (28,9)
primavera 2016		1,3 (0,8)	65,4 (0,0)	72,7 (3,9)	68,4 (43,4)	54,9 (5,3)	81,0 (8,1)
otoño 2017		41,1 (39,2)	11,8 (29,3)	-48,6 (9,0)	8,7 (0,5)	62,3 (6,2)	77,0 (5,7)
primavera 2017		-27,1 (131,0)	-95,1 (30,6)	-81,8 (41,5)	-90,9 (11,9)	-127,7 (16,2)	-109,5 (12,7)
otoño 2018		-89,2 (7,6)	-27,6 (39,1)	223,9 (85,6)	129,8 (183,4)	24,2 (32,5)	-62,8 (19,3)
primavera 2018		-73,2 (18,4)	-70,9 (17,5)	39,9 (47,3)	-29,6 (24,9)	-4,2 (21,7)	-29,2 (5,9)
otoño 2019		-151,6 (9,3)	-82,8 (12,3)	-33,2 (14,9)	-111,2 (11,3)	28,9 (98,4)	-222,6 (150,1)
primavera 2019		-67,8 (35,3)	-46,4 (34,2)	-27,2 (65,8)	-78,0 (23,7)	-11,5 (51,8)	-22,2 (14,3)
	<b>cauce</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014		3,3 (79,3)	-105,1 (19,6)	78,7 (40,0)	171,9 (35,0)*	-63,6 (70,5)	38,1 (179,6)
otoño 2015		113,0 (32,0)	134,5 (39,7)	122,9 (26,6)	113,6 (53,3)	-97,3 (68,3)	277,2 (27,7)
primavera 2015		33,5 (52,4)	110,1 (102,3)	199,6 (22,4)	194,7 (62,0)	-59,3 (7,4)	-85,3 (57,5)
otoño 2016		-128,1 (32,5)	42,6 (18,4)	41,9 (5,9)	65,9 (20,9)	-40,4 (15,2)	-10,8 (31,9)
primavera 2016		163,8 (54,7)	155,3 (108,5)	175,6 (86,1)	54,9 (5,3)	91,7 (48,8)	92,9 (5,3)
otoño 2017		72,9 (45,3)	67,8 (50,1)	479,2 (4,9)	2,2 (0,6)	103,3 (26,7)	47,6 (23,7)
primavera 2017		-68,6 (60,9)	-102,3 (20,3)	-93,4 (40,3)	163,4 (98,0)	-90,8 (29,7)	-65,0 (18,2)
otoño 2018		-119,9 (24,6)	-43,4 (14,4)	263,4 (12,2)	52,7 (99,3)	-133,4 (44,9)	-19,7 (84,4)
primavera 2018		226,3 (119,8)	-3,3 (22,2)	173,8 (78,9)	302,9 (27,3)	-26,4 (35,1)	-67,3 (15,0)
otoño 2019		-131,6 (38,2)	-51,2 (5,5)	-12,6 (20,6)	241,5 (81,3)	-27,7 (48,1)	-74,3 (146,5)
primavera 2019		-71,9 (11,6)	-42,3 (25,2)	232,8 (28,1)	214,7 (118,6)	27,8 (35,1)	-79,3 (23,7)



**Figura 4.2.2.9.** Comparación interanual de los valores porcentuales promedio del valor óxido reducción (redox) en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios  $\pm 1$  desviación estándar.

## **Macroinfauna bentónica**

### **Composición específica**

Durante el Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (año 2014), la composición taxonómica fue de 13 especies las cuales corresponden a dos poliquetos, dos oligoquetos, cuatro crustáceos, dos insectos, un hirudineo, un molusco bivalvo y un cordado (Ver Anexo).

El año 2016 fue el periodo que registró la composición taxonómica de la macroinfauna bentónica más alta del periodo de estudio (20 especies), esto correspondió a cinco especies de crustáceos (*Paracorophium hartmannorum*, *Cyprideis beaconnensis*, *Leucon* sp., una especie de Copepoda y un ostracodo), dos especies de poliquetos (*Prionospio (Minuspio) patagonica* y *Perinereis gualpensis*), dos de oligoquetos (uno de la familia Tubificidae y otro de Naididae), cinco de insectos (uno de la familia Chironomidae, Tanypodine, Ortocladine, Ephemeroptera y Plecoptera), dos moluscos bivalvos (*Mulinia edulis* y *Pisidium* sp.), un molusco gastropodo (*Littoridina* sp.), un hirudineo, un nemertino y un arácnido (Ver Anexo).

Por otra parte, el año 2019 se registró la composición faunística más baja encontrada durante el periodo de estudio (11 especies), la cual estuvo representada por; dos poliquetos *Prionospio (Minuspio) patagonica* y *Perinereis gualpensis*, dos oligoquetos de las familias Tubificidae y Naididae, tres crustáceos *Paracorophium hartmannorum*, *Leucon* sp. y Phoxocephalidae, dos insectos pertenecientes a las familias Chironomidae y Tanypodine, un molusco y un Hirudineo (Ver Anexo).

### **Riqueza de especies**

La Tabla 4.2.2.9 y Figura 4.2.2.10 muestran la riqueza de especies de la macroinfauna bentónica en los sedimentos de orilla y cauce de los sitios de estudio.

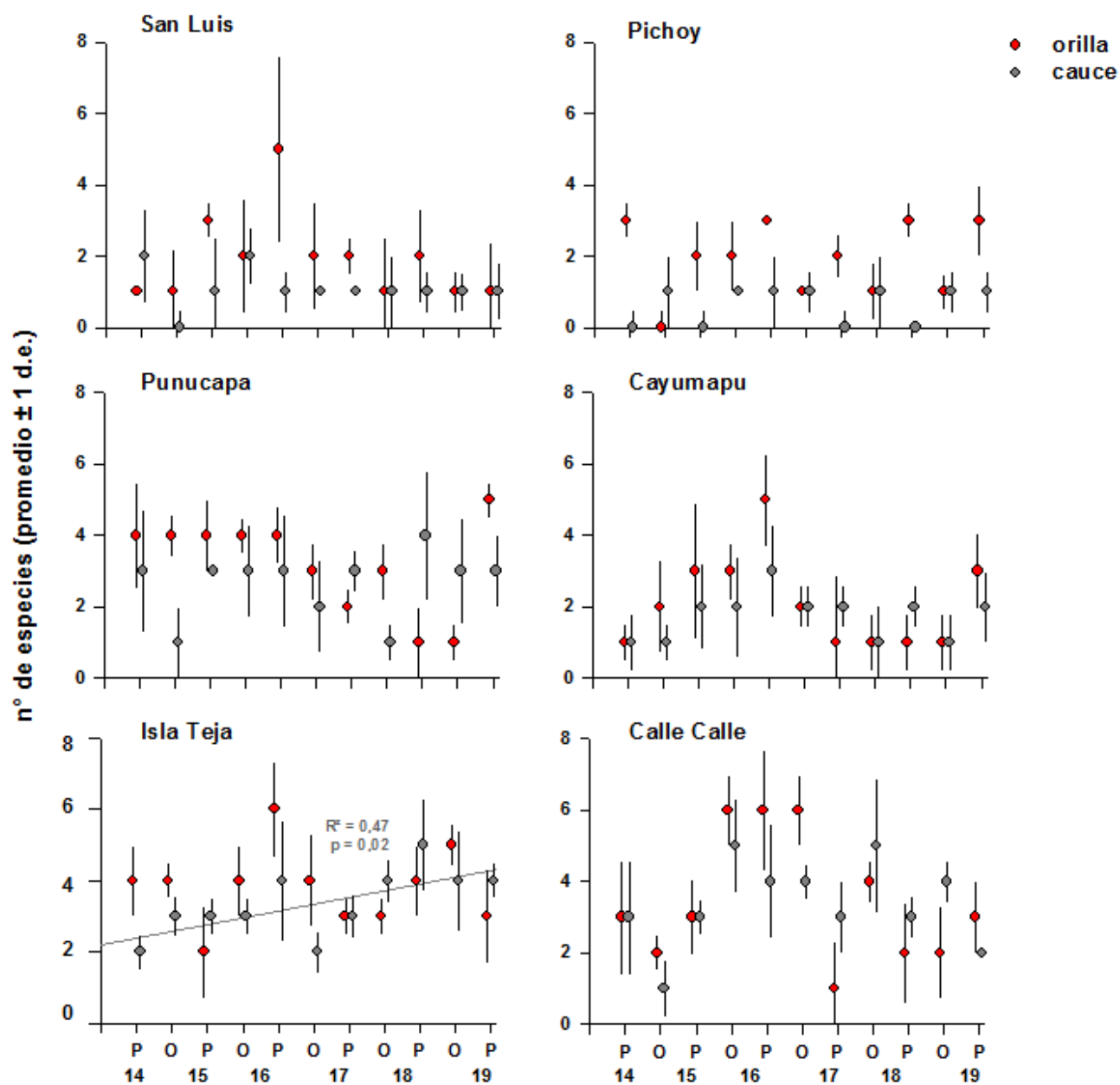
La riqueza promedio de especies varió entre 1 a 6 taxa, los valores más altos ocurrieron en los sedimentos de la orilla del sector Isla Teja y río Calle Calle los años 2016 y 2017. Por otra parte, en los sedimentos provenientes de los cauces el número más alto de taxa ocurrió en los sectores Isla Teja y río Calle Calle durante los años 2016 y 2018 (Tabla 4.2.2.9). Los valores más bajos de riqueza de especies se registraron en los sedimentos de orilla y cauce del río Pichoy (Tabla 4.2.29).

La Figura 4.2.2.10 muestra la variabilidad interanual en la riqueza de especies de los sedimentos de orilla y cauce de los diferentes sitios de estudio; solo se observó una tendencia interanual significativa ( $p < 0,05$ ) en los sedimentos de los cauces del sector Isla Teja; *i.e.*, el número de especies tendió a aumentar en el tiempo.



**Tabla 4.2.2.9.** Comparación inter-anual de la riqueza de especies de la macroinfauna bentónica en los sedimentos de orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

n° de especies	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014		1 (0,0)	4 (1,5)	4 (1,0)	3 (0,5)	1 (0,5)	3 (1,6)
otoño 2015		1 (1,2)	4 (0,6)	4 (0,5)	0 (0,5)	2 (1,3)	2 (0,5)
primavera 2015		3 (0,5)	4 (1,0)	2 (1,3)	2 (1,0)	3 (1,9)	3 (1,0)
otoño 2016		2 (1,6)	4 (0,5)	4 (1,0)	2 (1,0)	3 (0,8)	6 (1,0)
primavera 2016		5 (2,6)	4 (0,8)	6 (1,3)	3 (0,0)	5 (1,3)	6 (1,7)
otoño 2017		2 (1,5)	3 (0,8)	4 (1,3)	1 (0,0)	2 (0,6)	6 (1,0)
primavera 2017		2 (0,5)	2 (0,5)	3 (0,5)	2 (0,6)	1 (1,9)	1 (1,3)
otoño 2018		1 (1,5)	3 (0,8)	3 (0,5)	1 (0,8)	1 (0,8)	4 (0,6)
primavera 2018		2 (1,3)	1 (1,0)	4 (1,0)	3 (0,5)	1 (0,8)	2 (1,4)
otoño 2019		1 (0,6)	1 (0,5)	5 (0,6)	1 (0,5)	1 (0,8)	2 (1,3)
primavera 2019		1 (1,4)	5 (0,5)	3 (1,3)	3 (1,0)	3 (1,0)	3 (1,0)
	cauce	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014		2 (1,3)	3 (1,7)	2 (0,5)	0 (0,5)	1 (0,8)	3 (1,6)
otoño 2015		0 (0,5)	1 (1,0)	3 (0,5)	1 (1,0)	1 (0,5)	1 (0,8)
primavera 2015		1 (1,5)	3 (0,0)	3 (0,5)	0 (0,5)	2 (1,2)	3 (0,5)
otoño 2016		2 (0,8)	3 (1,3)	3 (0,5)	1 (0,0)	2 (1,4)	5 (1,3)
primavera 2016		1 (0,6)	3 (1,6)	4 (1,7)	1 (1,0)	3 (1,3)	4 (1,6)
otoño 2017		1 (0,0)	2 (1,3)	2 (0,6)	1 (0,6)	2 (0,6)	4 (0,5)
primavera 2017		1 (0,0)	3 (0,6)	3 (0,6)	0 (0,5)	2 (0,6)	3 (1,0)
otoño 2018		1 (1,0)	1 (0,5)	4 (0,6)	1 (1,0)	1 (1,0)	5 (1,9)
primavera 2018		1 (0,6)	4 (1,8)	5 (1,3)	0 (0,0)	2 (0,6)	3 (0,6)
otoño 2019		1 (0,5)	3 (1,5)	4 (1,4)	1 (0,6)	1 (0,8)	4 (0,6)
primavera 2019		1 (0,8)	3 (1,0)	4 (0,5)	1 (0,6)	2 (1,0)	2 (0,0)



**Figura 4.2.2.10.** Comparación inter-anual de la riqueza de especies en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas)  $\pm 1$  desviación estándar. Solo se muestran resultados de análisis de correlación entre valores porcentuales y tiempo, cuando los valores de  $p$  y  $R^2$  fueron significativos; representados con sus valores y una línea color rojo o gris en orilla y cauce respectivamente según corresponda.

### **Abundancia total**

En general, la abundancia total de la macroinfauna bentónica durante el tiempo de estudio ha sido mayor en la orilla que en el cauce, sin embargo, durante los años 2018 y 2019, se registraron abundancias altas tanto en orilla como en cauce (Tabla 4.2.2.10).

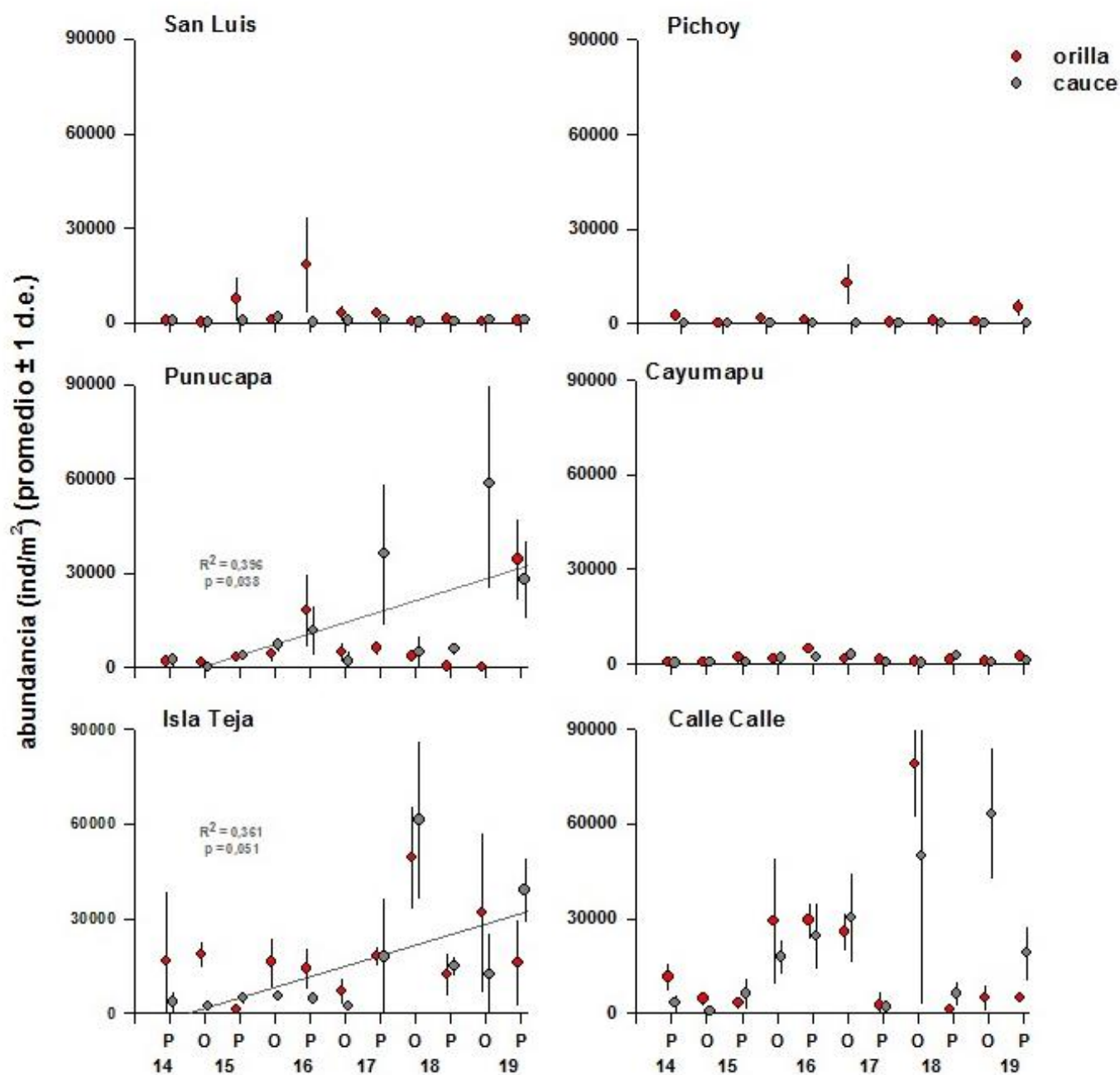
Los valores más altos de abundancia total de la macroinfauna bentónica durante el periodo de estudio se registraron en sector Isla Teja y río Calle Calle, el valor más alto alcanzado de abundancia ocurrió durante el año 2018 en los sedimentos provenientes de la orilla del río Calle Calle, y en los sedimentos del cauce en sector Isla Teja (variando entre 79.091 y 61.307 ind/m<sup>2</sup> respectivamente), dichas abundancias están dadas fundamentalmente por oligoquetos de la familia Tubificidae y por el anfípodo *Paracorophium hartmannorum* respectivamente (Tabla 4.2.2.10).

Los menores valores de abundancia total (con algunas excepciones) ocurrieron durante todo el periodo de estudio en sector San Luis, río Pichoy y río Cayumapu (Tabla 4.2.2.10 y Fig. 4.2.2.11).

La Figura 4.2.2.11 muestra que hubo una variabilidad inter-anual significativa ( $p < 0,05$ ) en la abundancia total de la macroinfauna bentónica de los sedimentos del cauce en los sectores de Punucapa e Isla Teja (*i.e.*, la abundancia total de la macroinfauna tendió a aumentar en el tiempo).

**Tabla 4.2.2.10.** Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>) de la macroinfauna bentónica en los sedimentos de orillay cauce del área de estudio, durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

abundancia	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014		568 (394)	2.159 (1.319)	16.591 (22.449)	2.614 (1.025)	455 (371)	11.534 (4.611)
otoño 2015		227 (262)	1.932 (1.090)	18.580 (4.126)	57 (114)	398 (341)	4.602 (2.614)
primavera 2015		7.500 (7.151)	3.352 (1.150)	1.307 (1.039)	1.818 (1.413)	1.989 (1.812)	3.125 (1.523)
otoño 2016		966 (1.072)	4.432 (2.366)	16.193 (7.985)	1.080 (935)	1.534 (1.039)	29.205 (19.964)
primavera 2016		18.466 (15.311)	18.409 (11.566)	14.205 (6.614)	12.727 (6.582)	4.716 (1.088)	29.432 (5.893)
otoño 2017		2.898 (2.581)	5.057 (3.383)	7.046 (4.219)	341 (228)	1.648 (388)	25.909 (6.022)
primavera 2017		3.068 (1.756)	6.250 (2.466)	18.012 (3.074)	1.023 (860)	1.307 (2.465)	2.500 (4.549)
otoño 2018		284 (568)	3.693 (1.381)	49.489 (16.291)	568 (707)	795 (1.008)	79.091 (17.242)
primavera 2018		1.193 (1.304)	511 (598)	12.216 (6.720)	5.227 (3.021)	1.307 (1.222)	1.023 (707)
otoño 2019		341 (541)	398 (286)	31.989 (25.352)	682 (928)	682 (669)	4.886 (4.025)
primavera 2019		625 (858)	34.489 (12.948)	16.136 (13.703)	9.489 (10.682)	2.273 (1.828)	5.000 (1.272)
	<b>cauce</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014		739 (773)	2.557 (2.135)	3.523 (3.414)	57 (114)	284 (286)	3.239 (2.942)
otoño 2015		57 (114)	398 (341)	2.216 (1.135)	284 (341)	625 (218)	511 (504)
primavera 2015		739 (971)	3.807 (1.194)	4.830 (1.950)	57 (114)	568 (341)	6.193 (5.220)
otoño 2016		1.705 (1.238)	7.330 (2.237)	5.284 (1.119)	227 (0)	1.761 (1.164)	17.898 (5.736)
primavera 2016		171 (218)	12.046 (8.061)	4.659 (1.785)	227 (262)	2.159 (1.151)	24.432 (10.808)
otoño 2017		625 (286)	1.989 (3.378)	2.216 (1.264)	171 (228)	2.955 (2.140)	30.341 (14.159)
primavera 2017		852 (568)	36.193 (22.449)	17.784 (18.907)	57 (114)	512 (286)	1.989 (1.454)
otoño 2018		114 (227)	5.114 (5.475)	1.307 (29.028)	227 (262)	284 (218)	50.057 (47.146)
primavera 2018		284 (430)	6.080 (1.887)	14.886 (3.141)	0	2.727 (719)	6.250 (3.986)
otoño 2019		909 (765)	58.523 (32.977)	12.216 (13.021)	284 (341)	341 (394)	63.239 (20.983)
primavera 2019		1.080 (1.006)	27.955 (12.448)	39.034 (10.219)	227 (321)	1.023 (754)	19.034 (8.892)



**Figura 4.2.2.11.** Comparación inter-anual de la abundancia total ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) de la macroinfauna bentónica en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas)  $\pm 1$  desviación estándar. Solo se muestran resultados de análisis de correlación entre valores porcentuales y tiempo, cuando los valores de  $p$  y  $R^2$  fueron significativos; representados con sus valores y una línea color rojo o gris en orilla y cauce respectivamente según corresponda.

### **Biomasa**

Los valores de biomasa durante el año 2018, en los sedimentos de orilla corresponden a los valores más altos registrados durante el periodo de estudio, esto debido principalmente a las altas abundancias del oligoqueto Tubificidae en el sector del río Calle Calle (10,55 g/m<sup>2</sup>). Por otra parte, en los sedimentos del cauce del río Cayumapu durante la primavera del mismo año, ocurrió el segundo valor más alto de biomasa total el cual fue de 8,69 g/m<sup>2</sup>, biomasa dada debido a las altas abundancias del oligoqueto Tubificidae (Tabla 4.2.2.11).

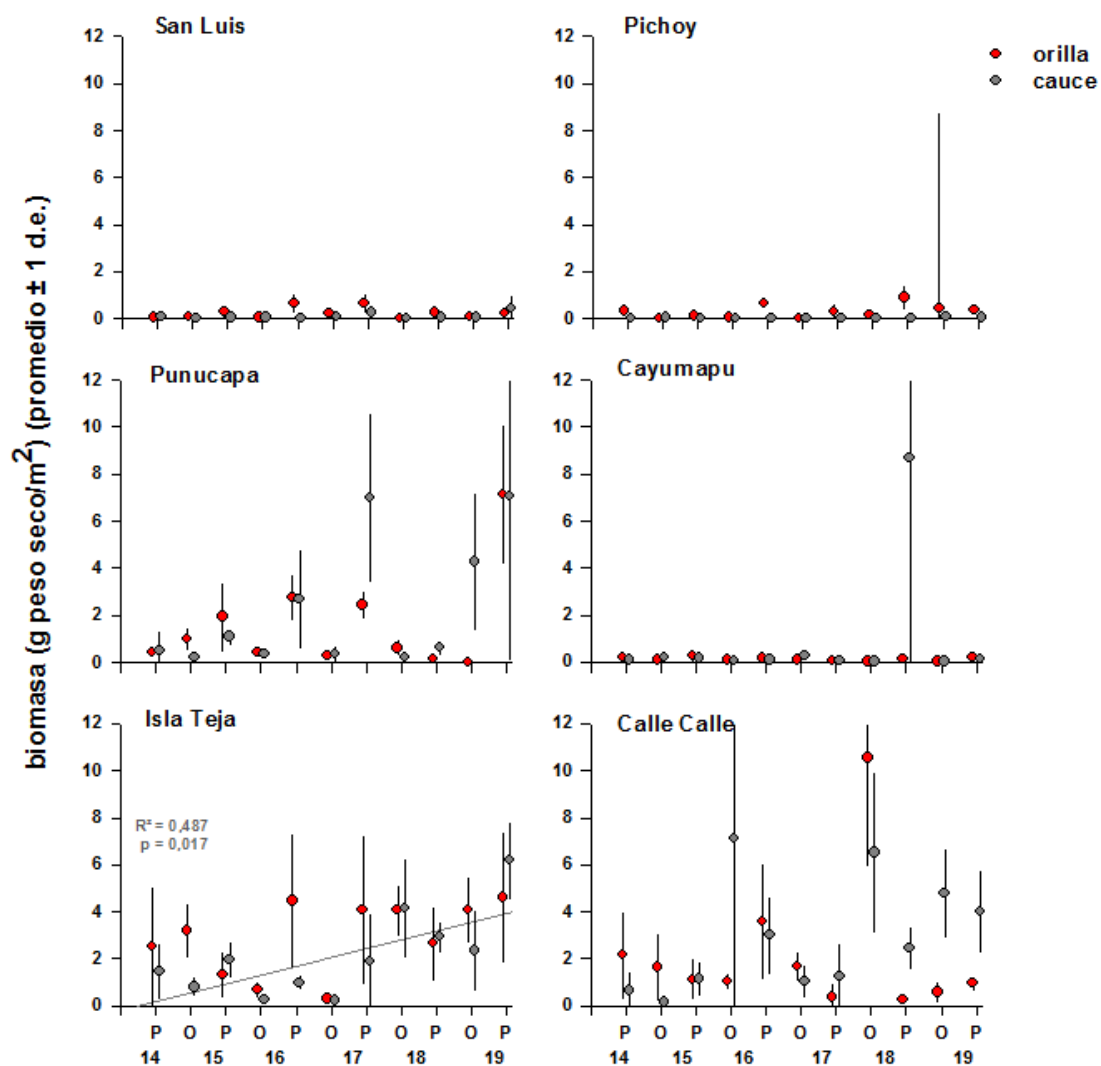
Durante el año 2019, también se registraron altos valores de biomasa total de la macroinfauna, tanto en los sedimentos provenientes de la orilla como del cauce en sector Punucapa (7,14 g/m<sup>2</sup> y 7,05 g/m<sup>2</sup> respectivamente), valores dados fundamentalmente por las altas abundancias del anfípodo *Paracorophium hartmannorum* (Tabla 4.2.2.11).

Por otra parte, los valores de biomasa más bajos registrados ocurrieron en los sedimentos de orilla y cauce de los sectores San Luis, río Pichoy y río Cayumapu (valores <1,00 g/m<sup>2</sup>) (Tabla 4.2.2.11).

Los valores promedio de biomasa total de la macroinfauna bentónica mostraron una tendencia inter-anual significativa ( $p < 0,05$ ) al aumento en el tiempo en los sedimentos provenientes del cauce en sector Isla Teja (Fig. 4.2.2.12).

**Tabla 4.2.2.11.** Biomasa total (g peso seco/m<sup>2</sup>) de la macroinfauna bentónica en los sedimentos de orilla y cauce del área estudio, durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

biomasa	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014		0,06 (0,04)	0,44 (0,25)	2,52 (2,60)	0,34 (0,26)	0,21 (0,21)	2,15 (1,86)
otoño 2015		0,08 (0,13)	0,97 (0,48)	3,20 (1,16)	0,01 (0,01)	0,11 (0,11)	1,64 (1,43)
primavera 2015		0,29 (0,25)	1,93 (1,49)	1,32 (1,00)	0,13 (0,10)	0,28 (0,20)	1,13 (0,87)
otoño 2016		0,05 (0,05)	0,40 (0,20)	0,68 (0,36)	0,05 (0,03)	0,10 (0,06)	1,03 (0,36)
primavera 2016		0,67 (0,41)	2,76 (0,96)	4,47 (2,88)	0,65 (0,20)	0,16 (0,05)	3,56 (2,48)
otoño 2017		0,21 (0,29)	0,26 (0,11)	0,31 (0,26)	0,02 (0,00)	0,09 (0,10)	1,68 (0,66)
primavera 2017		0,65 (0,43)	2,44 (0,61)	4,07 (3,16)	0,29 (0,35)	0,05 (0,08)	0,36 (0,60)
otoño 2018		0,03 (0,06)	0,61 (0,35)	4,06 (1,08)	0,15 (0,25)	0,04 (0,04)	10,55 (4,67)
primavera 2018		0,26 (0,32)	0,13 (0,16)	2,66 (1,59)	0,91 (0,51)	0,14 (0,13)	0,28 (0,18)
otoño 2019		0,11 (0,13)	0,02 (0,01)	4,06 (1,40)	0,46 (0,83)	0,02 (0,02)	0,58 (0,44)
primavera 2019		0,24 (0,28)	7,14 (2,95)	4,61 (2,79)	0,38 (0,16)	0,23 (0,15)	0,95 (0,32)
	<b>cauce</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014		0,10 (0,12)	0,49 (0,84)	1,47 (1,19)	0,01 (0,01)	0,09 (0,14)	0,65 (0,78)
otoño 2015		0,01 (0,01)	0,19 (0,23)	0,80 (0,43)	0,06 (0,10)	0,19 (0,04)	0,16 (0,17)
primavera 2015		0,06 (0,07)	1,09 (0,35)	1,94 (0,79)	0,02 (0,05)	0,18 (0,13)	1,15 (0,74)
otoño 2016		0,05 (0,02)	0,36 (0,21)	0,28 (0,16)	0,02 (0,00)	0,08 (0,09)	7,12 (12,91)
primavera 2016		0,02 (0,03)	2,69 (2,13)	0,99 (0,33)	0,02 (0,02)	0,09 (0,03)	3,01 (1,66)
otoño 2017		0,09 (0,10)	0,34 (0,36)	0,22 (0,16)	0,01 (0,01)	0,26 (0,22)	1,04 (0,69)
primavera 2017		0,27 (0,16)	6,98 (3,59)	1,88 (2,05)	0,01 (0,01)	0,08 (0,10)	1,24 (1,44)
otoño 2018		0,01 (0,02)	0,22 (0,20)	4,14 (2,11)	0,03 (0,06)	0,03 (0,02)	6,51 (3,33)
primavera 2018		0,05 (0,09)	0,62 (0,32)	2,93 (0,67)	0,00 (0,00)	8,69 (16,57)	2,47 (0,90)
otoño 2019		0,05 (0,06)	4,27 (2,95)	2,34 (1,74)	0,10 (0,19)	0,02 (0,02)	4,78 (1,92)
primavera 2019		0,45 (0,56)	7,05 (6,95)	6,18 (1,66)	0,06 (0,10)	0,13 (0,13)	4,01 (1,75)



**Figura 4.2.2.12.** Comparación inter-anual de la biomasa total (g peso seco/m<sup>2</sup>) de la macroinfauna bentónica en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas)  $\pm$  1 desviación estándar. Solo se muestran resultados de análisis de correlación entre valores porcentuales y tiempo, cuando los valores de p y R<sup>2</sup> fueron significativos; representados con sus valores y una línea color rojo o gris en orilla y cauce respectivamente según corresponda.



## Diversidad

El Índice de diversidad de Shannon – Wiener, que integra número de especies y la abundancia poblacional de las mismas, registró los valores más altos de diversidad en los sedimentos de orilla y cauce en sector Isla Teja durante el año 2019. (Tabla 4.2.2.12).

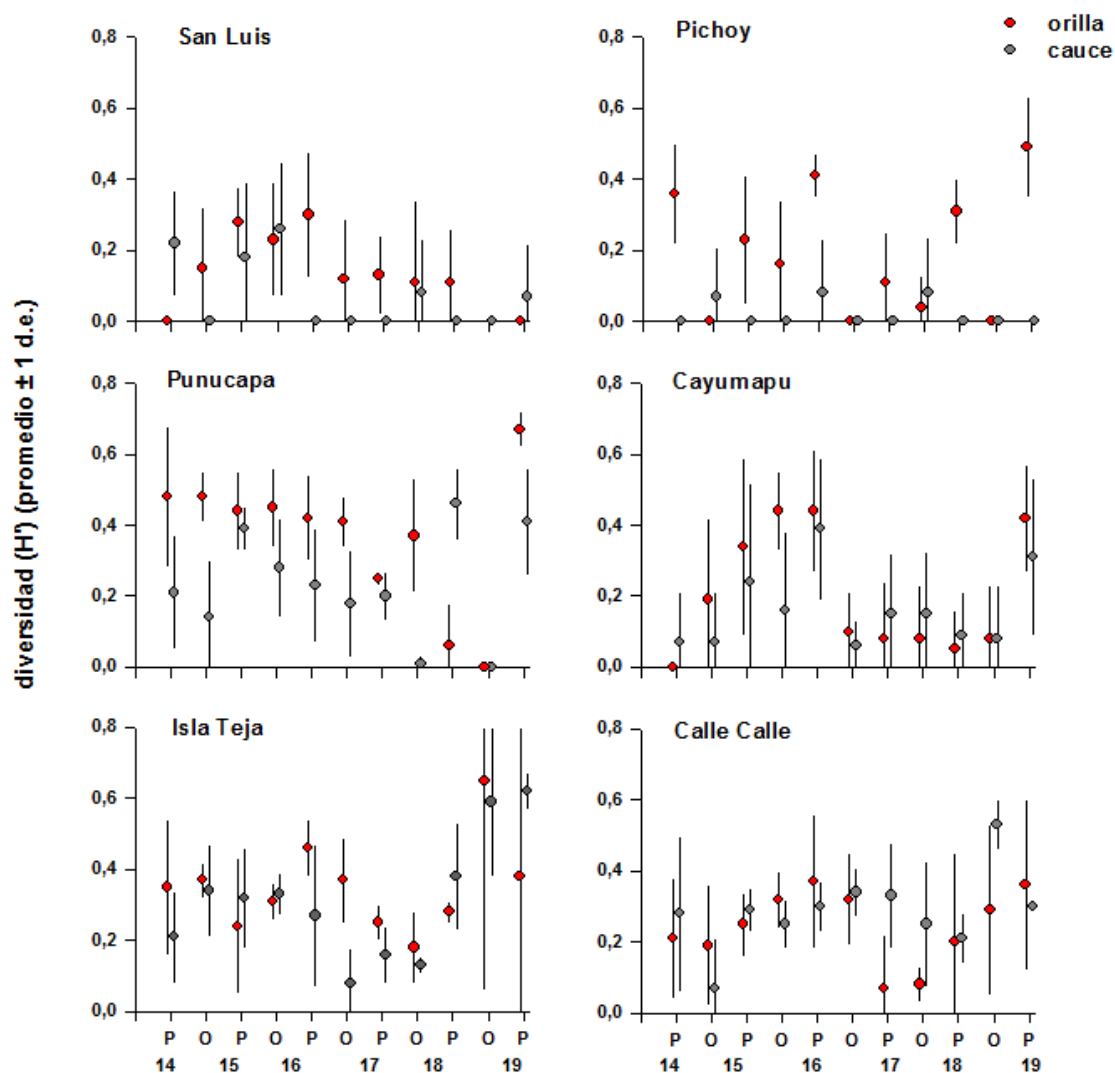
Los menores valores de diversidad o valores iguales a cero se registraron en los sectores de San Luis, Punucapa y río Pichoy (Tabla 4.2.2.12).

La Figura 4.2.2.13 muestra la variabilidad inter-anual del Índice de Diversidad de Shannon – Wiener en los sedimentos de orilla y cauce de los diferentes sitios de estudio; no se observó una tendencia inter-anual significativa ( $p>0,05$ ); es decir no hubo una tendencia a disminuir o aumentar en el tiempo (Fig. 4.2.2.13).

**Nota:** los valores del Índice de Diversidad igual a cero ( $H'=0,00$ ), se deben a que el promedio de especies presente correspondió a 1 taxón (Tabla 4.2.2.12).

**Tabla 4.2.2.12.** Índice de Diversidad de Shannon – Wiener de la macroinfauna bentónica en los sedimentos de orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

diversidad (H')	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC
	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
<b>orilla</b>						
primavera 2014	0,00 (0,00)	0,48 (0,20)	0,35 (0,19)	0,36 (0,14)	0,00 (0,00)	0,21 (0,17)
otoño 2015	0,15 (0,17)	0,48 (0,07)	0,37 (0,05)	0,00 (0,00)	0,19 (0,23)	0,19 (0,17)
primavera 2015	0,28 (0,10)	0,44 (0,11)	0,24 (0,19)	0,23 (0,18)	0,34 (0,25)	0,25 (0,09)
otoño 2016	0,23 (0,16)	0,45 (0,11)	0,31 (0,05)	0,16 (0,18)	0,44 (0,11)	0,32 (0,08)
primavera 2016	0,30 (0,17)	0,42 (0,12)	0,46 (0,08)	0,41 (0,06)	0,44 (0,17)	0,37 (0,19)
otoño 2017	0,12 (0,17)	0,41 (0,07)	0,37 (0,12)	0,00 (0,00)	0,10 (0,11)	0,32 (0,13)
primavera 2017	0,13 (0,11)	0,25 (0,02)	0,25 (0,05)	0,11 (0,14)	0,08 (0,16)	0,07 (0,15)
otoño 2018	0,11 (0,23)	0,37 (0,16)	0,18 (0,10)	0,04 (0,09)	0,08 (0,15)	0,08 (0,05)
primavera 2018	0,11 (0,15)	0,06 (0,12)	0,28 (0,03)	0,31 (0,09)	0,05 (0,11)	0,20 (0,25)
otoño 2019	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,65 (0,05)	0,00 (0,00)	0,08 (0,15)	0,29 (0,24)
primavera 2019	0,12 (0,24)	0,67 (0,05)	0,38 (0,26)	0,49 (0,14)	0,42 (0,15)	0,36 (0,24)
<b>cauce</b>						
primavera 2014	0,22 (0,15)	0,21 (0,16)	0,21 (0,13)	0,00 (0,00)	0,07 (0,14)	0,28 (0,22)
otoño 2015	0,00 (0,00)	0,14 (0,16)	0,34 (0,13)	0,07 (0,14)	0,07 (0,14)	0,07 (0,14)
primavera 2015	0,18 (0,21)	0,39 (0,06)	0,32 (0,14)	0,00 (0,00)	0,24 (0,28)	0,29 (0,06)
otoño 2016	0,26 (0,19)	0,28 (0,14)	0,33 (0,06)	0,00 (0,00)	0,16 (0,22)	0,25 (0,07)
primavera 2016	0,00 (0,00)	0,23 (0,16)	0,27 (0,20)	0,08 (0,15)	0,39 (0,20)	0,30 (0,07)
otoño 2017	0,00 (0,00)	0,18 (0,15)	0,08 (0,10)	0,00 (0,00)	0,06 (0,07)	0,34 (0,07)
primavera 2017	0,00 (0,00)	0,20 (0,07)	0,16 (0,08)	0,00 (0,00)	0,15 (0,17)	0,33 (0,15)
otoño 2018	0,08 (0,15)	0,01 (0,02)	0,13 (0,02)	0,08 (0,15)	0,15 (0,17)	0,25 (0,17)
primavera 2018	0,00 (0,00)	0,46 (0,18)	0,38 (0,15)	0,00 (0,00)	0,09 (0,12)	0,21 (0,07)
otoño 2019	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,59 (0,21)	0,00 (0,00)	0,08 (0,15)	0,53 (0,07)
primavera 2019	0,07 (0,15)	0,41 (0,15)	0,62 (0,05)	0,00 (0,00)	0,31 (0,22)	0,30 (0,00)



**Figura 4.2.2.13.** Comparación inter-anual del Índice de diversidad Shannon – Wiener de la macroinfauna bentónica en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas)  $\pm 1$  desviación estándar.

### Uniformidad o equitatividad

Los valores de uniformidad o equitatividad ( $J'$ ) durante el periodo de estudio no muestran un patrón definido, encontrando valores que van desde cero ( $J'=0,00$ ) hasta valores máximos los cuales son del orden de  $J'=1,00$  (Tabla 4.2.2.13).

Los valores más altos cercanos a uno durante el periodo de estudio, se registraron el año 2019, en los sedimentos de orilla en los sectores Punucapa, río Pichoy y río

Cayumapu, y en los sedimentos de cauce en los sectores Punucapa, Isla Teja y río Calle Calle. En general, los valores de uniformidad o equitatividad ( $J'$ ), más bajos se registraron en los sedimentos de orilla y cauce de los sectores San Luis y río Pichoy (Tabla 4.2.2.13).

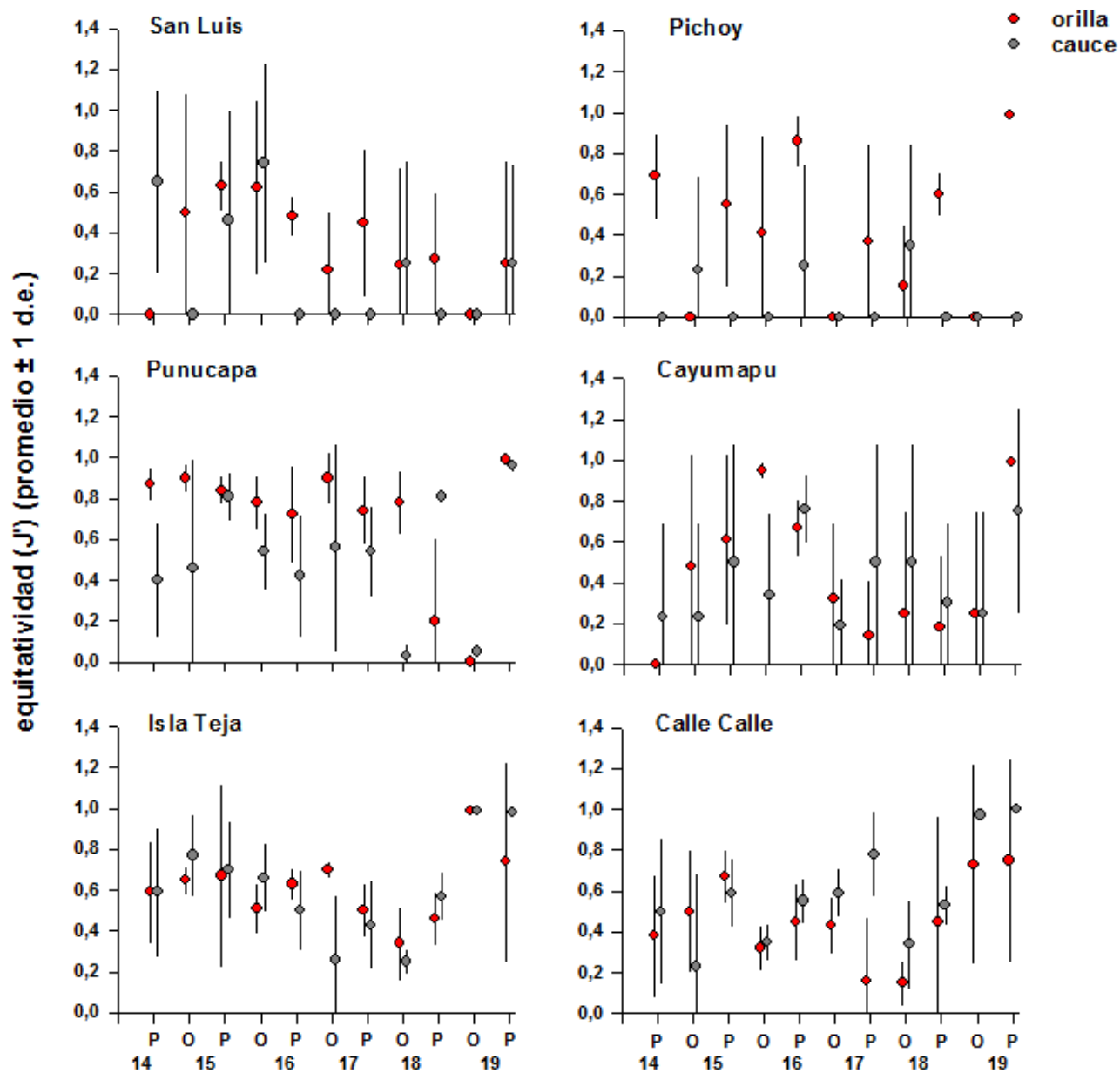
La Figura 4.2.2.14 muestra la variabilidad inter-anual en el Índice de Uniformidad en los sedimentos de orilla y cauce, en los cuales no se observó una tendencia inter-anual significativa ( $p > 0,05$ ) al aumento o disminución de sus valores en el tiempo.

**Tabla 4.2.2.13.** Uniformidad de Pielou o equitatividad de la macroinfauna bentónica en los sedimentos de la orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

equitatividad ( $J'$ )	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014	0,00 (0,00)	0,87 (0,08)	0,59 (0,25)	0,69 (0,21)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,38 (0,30)
otoño 2015	0,50 (0,58)	0,90 (0,07)	0,65 (0,07)	0,00 (0,00)	0,48 (0,55)	0,50 (0,30)	0,50 (0,30)
primavera 2015	0,63 (0,12)	0,84 (0,07)	0,67 (0,45)	0,55 (0,40)	0,61 (0,42)	0,67 (0,13)	0,67 (0,13)
otoño 2016	0,62 (0,43)	0,78 (0,13)	0,51 (0,12)	0,41 (0,48)	0,95 (0,04)	0,32 (0,11)	0,32 (0,11)
primavera 2016	0,48 (0,09)	0,72 (0,23)	0,63 (0,07)	0,86 (0,13)	0,67 (0,14)	0,45 (0,19)	0,45 (0,19)
otoño 2017	0,22 (0,29)	0,90 (0,13)	0,70 (0,04)	0,00 (0,00)	0,32 (0,37)	0,43 (0,14)	0,43 (0,14)
primavera 2017	0,45 (0,36)	0,74 (0,17)	0,50 (0,13)	0,37 (0,48)	0,14 (0,27)	0,16 (0,31)	0,16 (0,31)
otoño 2018	0,24 (0,48)	0,78 (0,16)	0,34 (0,18)	0,15 (0,30)	0,25 (0,50)	0,15 (0,11)	0,15 (0,11)
primavera 2018	0,27 (0,33)	0,20 (0,41)	0,46 (0,13)	0,60 (0,11)	0,18 (0,36)	0,45 (0,52)	0,45 (0,52)
otoño 2019	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,99 (0,00)	0,00 (0,00)	0,25 (0,50)	0,73 (0,49)	0,73 (0,49)
primavera 2019	0,25 (0,50)	0,99 (0,00)	0,74 (0,49)	0,99 (0,01)	0,99 (0,00)	0,75 (0,50)	0,75 (0,50)

cauce	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC
	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014	0,65 (0,45)	0,40 (0,28)	0,59 (0,32)	0,00 (0,00)	0,23 (0,46)	0,50 (0,36)
otoño 2015	0,00 (0,00)	0,46 (0,53)	0,77 (0,19)	0,23 (0,46)	0,23 (0,46)	0,23 (0,46)
primavera 2015	0,46 (0,54)	0,81 (0,12)	0,70 (0,24)	0,00 (0,00)	0,50 (0,58)	0,59 (0,17)
otoño 2016	0,74 (0,49)	0,54 (0,19)	0,66 (0,17)	0,00 (0,00)	0,34 (0,40)	0,35 (0,09)
primavera 2016	0,00 (0,00)	0,42 (0,30)	0,50 (0,20)	0,25 (0,50)	0,76 (0,17)	0,55 (0,11)
otoño 2017	0,00 (0,00)	0,56 (0,51)	0,26 (0,32)	0,00 (0,00)	0,19 (0,23)	0,59 (0,12)
primavera 2017	0,00 (0,00)	0,54 (0,22)	0,43 (0,22)	0,00 (0,00)	0,50 (0,58)	0,78 (0,21)
otoño 2018	0,25 (0,50)	0,03 (0,06)	0,25 (0,06)	0,35 (0,50)	0,50 (0,58)	0,34 (0,21)
primavera 2018	0,00 (0,00)	0,81 (0,03)	0,57 (0,12)	0,00 (0,00)	0,30 (0,39)	0,53 (0,10)
otoño 2019	0,00 (0,00)	0,05 (0,02)	0,99 (0,01)	0,00 (0,00)	0,25 (0,50)	0,97 (0,01)
primavera 2019	0,25 (0,49)	0,96 (0,03)	0,98 (0,00)	0,00 (0,00)	0,75 (0,50)	1,00 (0,01)



**Figura 4.2.2.14.** Comparación inter-anual del Uniformidad de Pielou o equitatividad de la macroinfauna bentónica en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas)  $\pm 1$  desviación estándar.

### Abundancia de taxa

Las Tablas 4.2.2.14 y 4.2.2.15 muestran las abundancias totales de los poliquetos *Prionospio (M) patagonica* y *Perinereis gualpensis*.

Durante el periodo de estudio el poliqueto *Prionospio (M) patagonica* ha dominado en los sedimentos de orilla y cauce del sector Isla Teja, presentando sus mayores abundancias en dicho sector y en Punucapa (Tabla 4.2.2.14). Por el contrario, ha estado ausente o en muy bajas abundancias en los sectores San Luis, río Pichoy y río Cayumapu (Tabla 4.2.2.14).

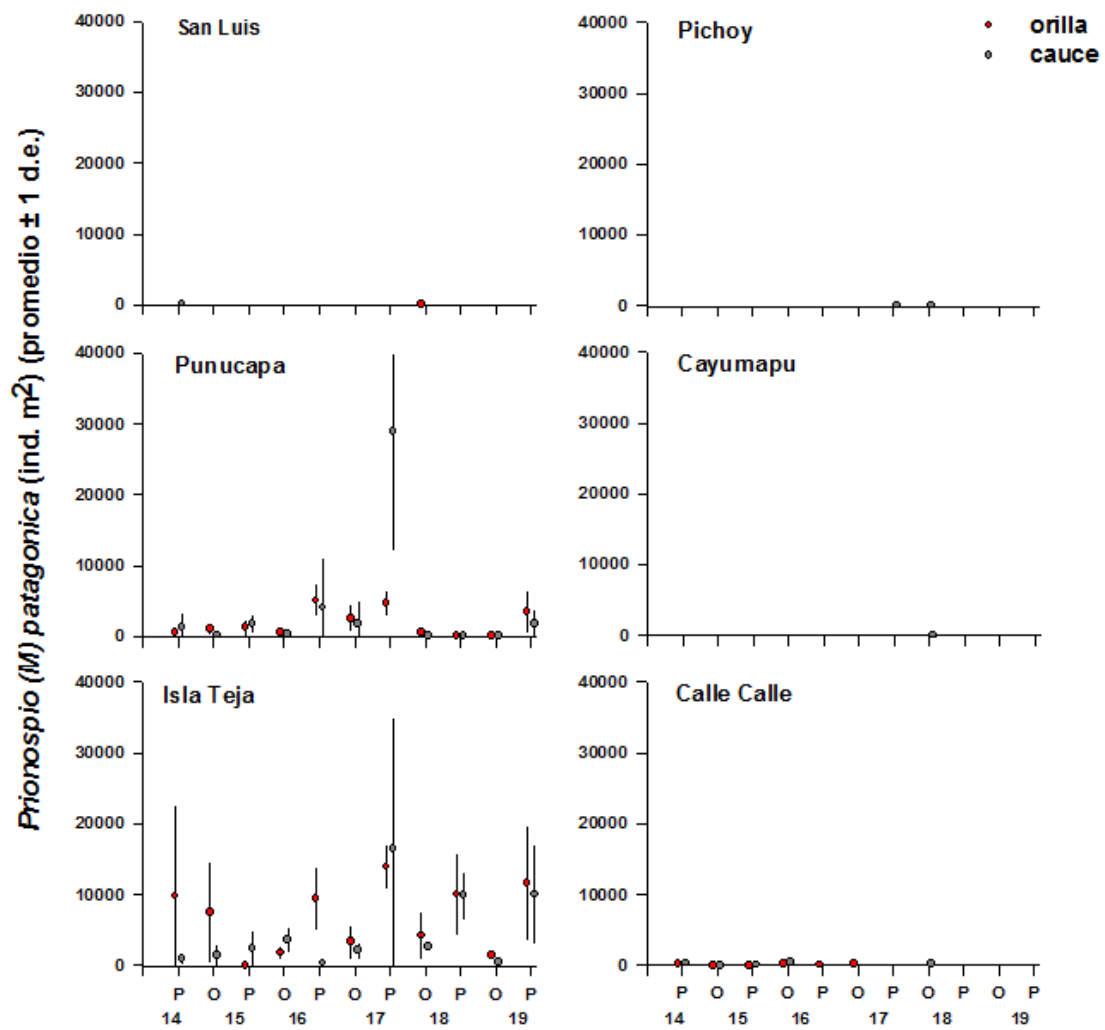
En el año 2017, el poliqueto *Prionospio (M) patagonica* presentó sus mayores abundancias en los sedimentos provenientes del cauce de los sectores Isla Teja y Punucapa con valores de 28.864 y 16.477 ind/m<sup>2</sup> respectivamente (Tabla 4.2.2.14). El año 2019, también se observa un aumento en la abundancia de esta especie en los sedimentos de orilla en sector Isla Teja, dicha alza en la abundancia fue de 11.648 ind/m<sup>2</sup> (Tabla 4.2.2.14).

Por otra parte, *Perinereis gualpensis* estuvo presente sólo en sector de Punucapa e Isla Teja, los valores más altos de abundancia de esta especie se registraron en el otoño y la primavera de los sedimentos de orillas y cauces del sector de Isla Teja durante el 2019 (1.420 y 1.477 ind/m<sup>2</sup> respectivamente). Cabe mencionar que esta especie se encuentra ausente en los demás sitios de estudio (Tabla 4.2.2.15).

Las Figuras 4.2.2.15 y 4.2.2.16 muestran la variabilidad inter-anual en la abundancia total de estas especies en los sedimentos de orilla y cauce de las diferentes áreas de estudio; ambas especies no mostraron tendencia inter-anual significativa ( $p > 0,05$ ) a disminuir o aumentar en el tiempo.

**Tabla 4.2.2.14.** Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>) del poliqueto *Prionospio (M) patagonica*, en los sedimentos de orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

<i>Prionospio (M)</i> <i>patagonica</i>	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014		0	568 (394)	9.773 (12.806)	0	0	284 (568)
otoño 2015		0	966 (653)	7.500 (7.132)	0	0	57 (114)
primavera 2015		0	1.193(1.222)	57 (114)	0	0	57 (114)
otoño 2016		0	511 (504)	1.818 (928)	0	0	284 (341)
primavera 2016		0	5.057 (2.306)	9.432 (4.471)	0	0	114 (227)
otoño 2017		0	2.557 (1.653)	3.352 (2.183)	0	0	227 (186)
primavera 2017		0	4.716 (1.850)	13.921 (3.034)	0	0	0
otoño 2018		57 (114)	511 (598)	4.204 (3.180)	0	0	0
primavera 2018		0	0	10.000 (5.735)	0	0	0
otoño 2019		0	0	1.364 (321)	0	0	0
primavera 2019		0	3.523 (3.046)	11.648 (8.070)	0	0	0
	<b>cauce</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014		171 (218)	1.250 (2.200)	852 (679)	0	0	341 (541)
otoño 2015		0	227 (186)	1.421 (1.406)	0	0	57 (114)
primavera 2015		0	1.818 (1.325)	2.330 (2.574)	0	0	114 (131)
otoño 2016		0	341 (435)	3.523 (1.832)	0	0	455 (616)
primavera 2016		0	4.091 (7.137)	341 (435)	0	0	0
otoño 2017		0	1.705 (3.259)	2.102 (1.264)	0	0	0
primavera 2017		0	28.864 (16.862)	16.477 (18.449)	57 (114)	0	0
otoño 2018		0	0	2.670 (388)	57 (114)	57 (114)	170 (114)
primavera 2018		0	0	9.830 (3.439)	0	0	0
otoño 2019		0	57 (114)	455 (643)	0	0	0
primavera 2019		0	1.705 (2.104)	10.000 (7.020)	0	0	2.102 (4.205)



**Figura 4.2.2.15.** Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>) del poliqueto *Prionospio (M) patagonica*, en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) ± 1 desviación estándar.

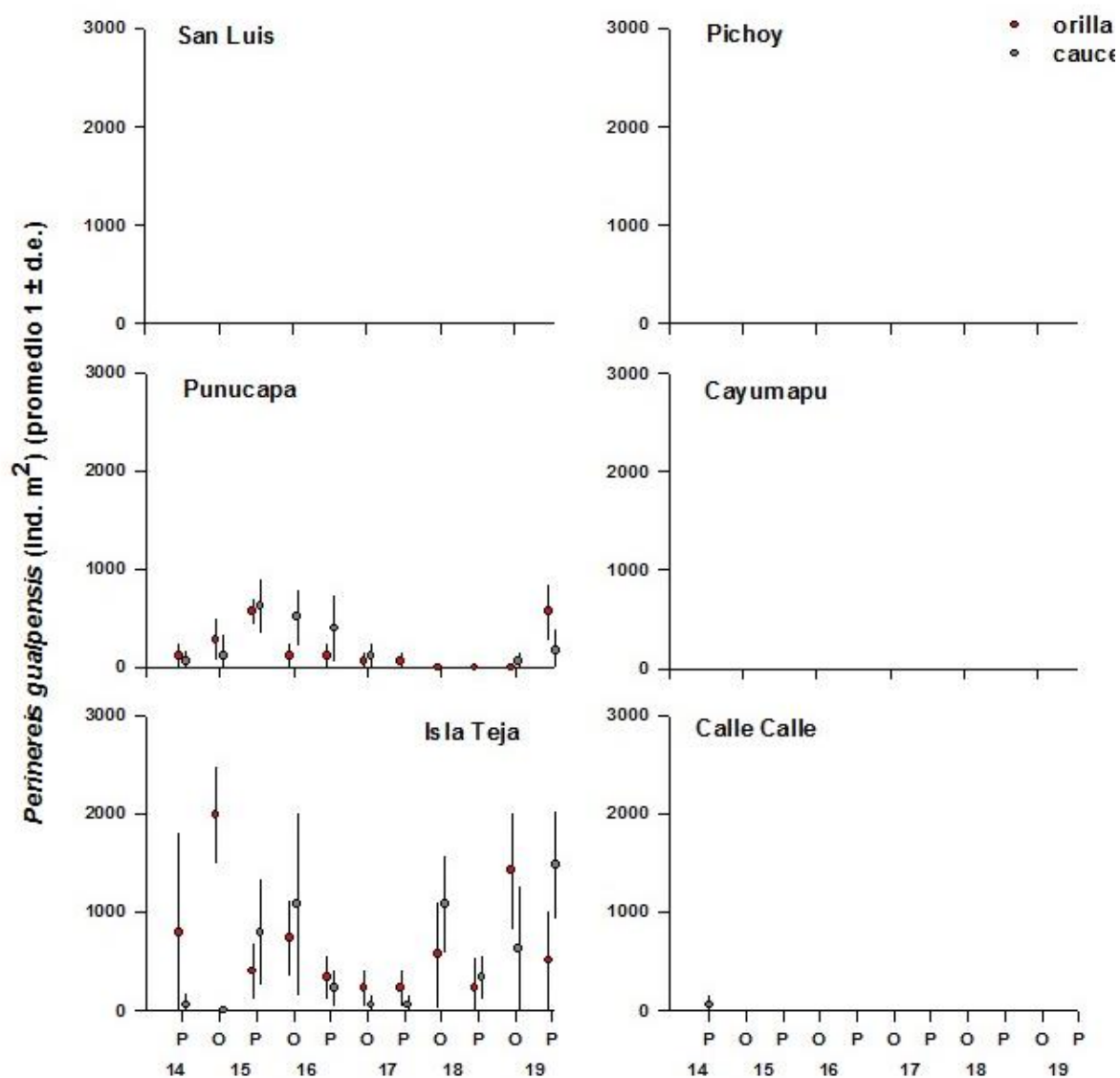


**Tabla 4.2.2.15.** Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>) del poliqueto *Perinereis gualpensis* en los sedimentos de la orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

<i>Perinereis gualpensis</i>	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HRC	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014	0	114 (131)	796 (1.025)	0	0	0	0
otoño 2015	0	284 (218)	1.989 (504)	0	0	0	0
primavera 2015	0	568 (131)	398 (286)	0	0	0	0
otoño 2016	0	114 (131)	739 (388)	0	0	0	0
primavera 2016	0	114 (131)	341 (227)	0	0	0	0
otoño 2017	0	57 (114)	227 (186)	0	0	0	0
primavera 2017	0	57 (114)	227 (186)	0	0	0	0
otoño 2018	0	0	568 (541)	0	0	0	0
primavera 2018	0	0	227 (321)	0	0	0	0
otoño 2019	0	0	1.420 (598)	0	0	0	0
primavera 2019	0	568 (293)	511 (504)	0	0	0	0

	cauce	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014	0	57 (114)	57 (114)	0	0	0	57 (114)
otoño 2015	0	114 (227)	0	0	0	0	0
primavera 2015	0	625 (286)	796 (541)	0	0	0	0
otoño 2016	0	511 (286)	1.080 (935)	0	0	0	0
primavera 2016	0	398 (341)	227 (186)	0	0	0	0
otoño 2017	0	114 (131)	57 (114)	0	0	0	0
primavera 2017	0	0	57 (114)	0	0	0	0
otoño 2018	0	0	1.080 (503)	0	0	0	0
primavera 2018	0	0	341 (227)	0	0	0	0
otoño 2019	0	57 (114)	625 (653)	0	0	0	0
primavera 2019	0	170 (218)	1.477 (541)	0	0	0	0



**Figura 4.2.2.16.** Abundancia total (ind./m<sup>2</sup>) del poliqueto *Perinereis gualpensis* en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) ± 1 desviación estándar.

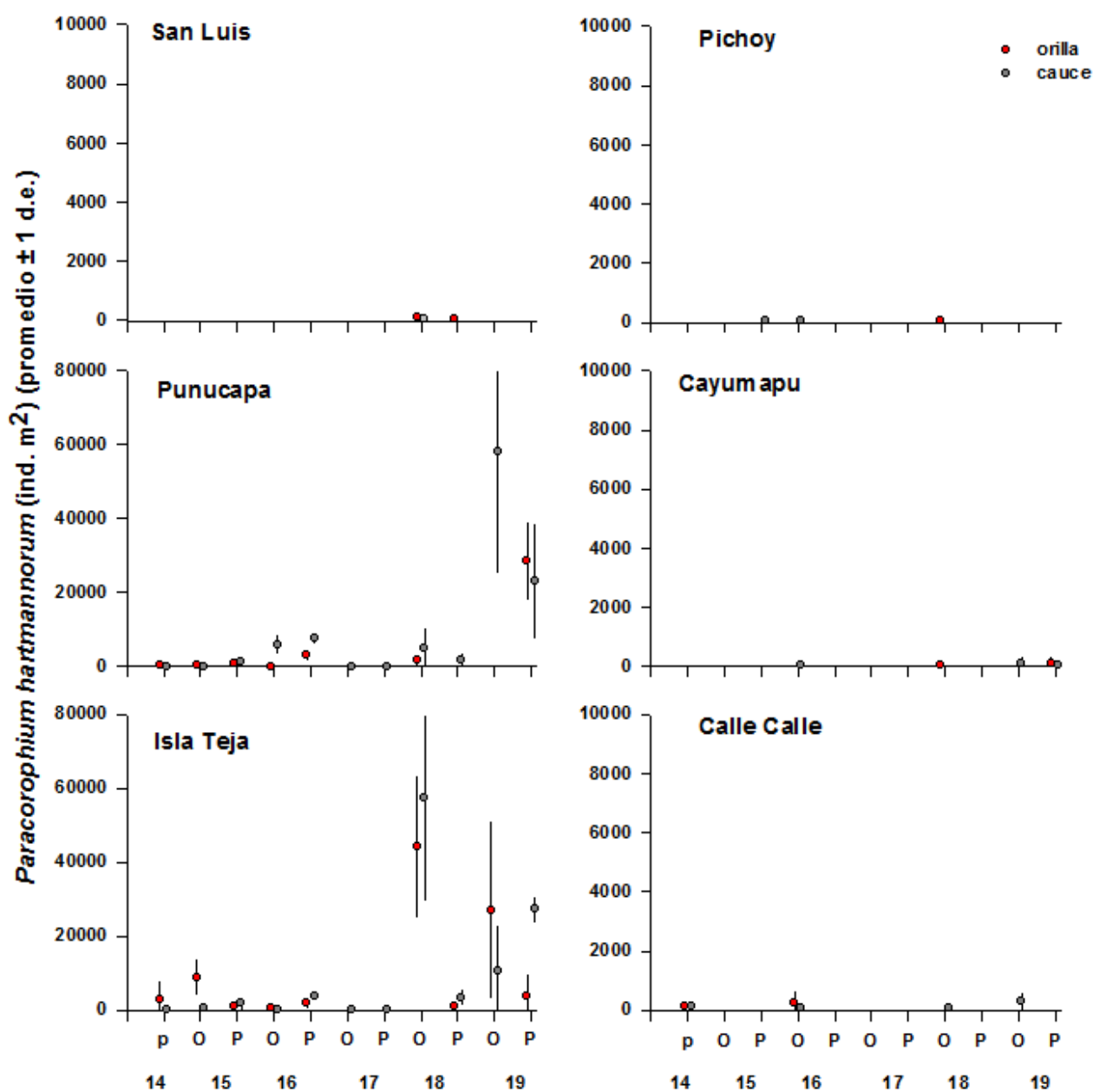
El anfípodo *Paracorophium hartmannorum* es una de las especies más importantes en contribuir con las mayores abundancias poblacionales en los sedimentos de los sectores Isla Teja y Punucapa. Las mayores abundancias poblacionales de esta especie se registraron el año 2018, en los sedimentos de orilla y cauce en sector Isla Teja (44.205 y 57.273 ind/m<sup>2</sup>, respectivamente), como también el año 2019, en los sedimentos provenientes del cauce de sector de Punucapa (57.898 ind/m<sup>2</sup>) (Tabla 4.2.2.16).

Cabe mencionar que esta especie, presento muy bajas abundancias o en general se encuentra ausente en los sectores de San Luis y ríos Pichoy, Cayumapu y Calle Calle (Tabla 4.2.2.16).

La Figura 4.2.2.17 muestra la variabilidad inter-anual en la abundancia total de *Paracorophium hartmannorum* en los sedimentos de orilla y cauce; la cual no mostró tendencia interanual significativa ( $p > 0,05$ ) a aumentar o disminuir en el tiempo.

**Tabla 4.2.2.16.** Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>) del anfípodo *Paracorophium hartmannorum* en los sedimentos de orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

<i>Paracorophium hartmannorum</i>	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HCR	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014	0	171 (218)	2.955 (4.594)	0	0	114 (227)	
otoño 2015	0	227 (455)	8.864 (4.990)	0	0	0	
primavera 2015	0	739 (504)	852 (796)	0	0	0	
otoño 2016	0	114 (131)	568 (707)	0	0	227 (455)	
primavera 2016	0	3.182 (1.649)	1.875 (1.430)	0	0	0	
otoño 2017	0	0	0	0	0	0	
primavera 2017	0	0	0	0	0	0	
otoño 2018	114 (227)	1.534 (1.774)	44.205 (19.329)	57 (114)	57 (114)	0	
primavera 2018	57 (114)	0	1.136 (1.299)	0	0	0	
otoño 2019	0	0	27.102 (24.219)	0	114 (227)	57 (114)	
primavera 2019	0	28.409 (10.649)	3.920 (6.000)	0	57 (114)	0	
	<b>cauce</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014	0	0	57 (114)	0	0	114 (227)	
otoño 2015	0	57 (114)	341 (131)	0	0	0	
primavera 2015	0	1.364 (1.066)	1.705 (1.726)	57 (114)	0	0	
otoño 2016	0	5.966 (2.646)	284 (286)	57 (114)	57 (114)	57 (114)	
primavera 2016	0	7.443 (1.523)	3.580 (1.164)	0	0	0	
otoño 2017	0	57 (114)	0	0	0	0	
primavera 2017	0	114 (227)	0	0	0	0	
otoño 2018	57 (114)	5.057 (5.663)	57.273 (27.967)	0	0	57 (114)	
primavera 2018	0	1.705 (1.951)	3.409 (2.362)	0	0	0	
otoño 2019	0	57.898 (32.603)	10.568 (12.543)	0	114 (227)	284 (341)	
primavera 2019	0	23.182 (15.732)	27.159 (3.601)	0	57 (114)	0	



**Figura 4.2.2.17.** Abundancia total (ind./m<sup>2</sup>) del anfípodo *Paracorophium hartmannorum* en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) ± 1 desviación estándar.

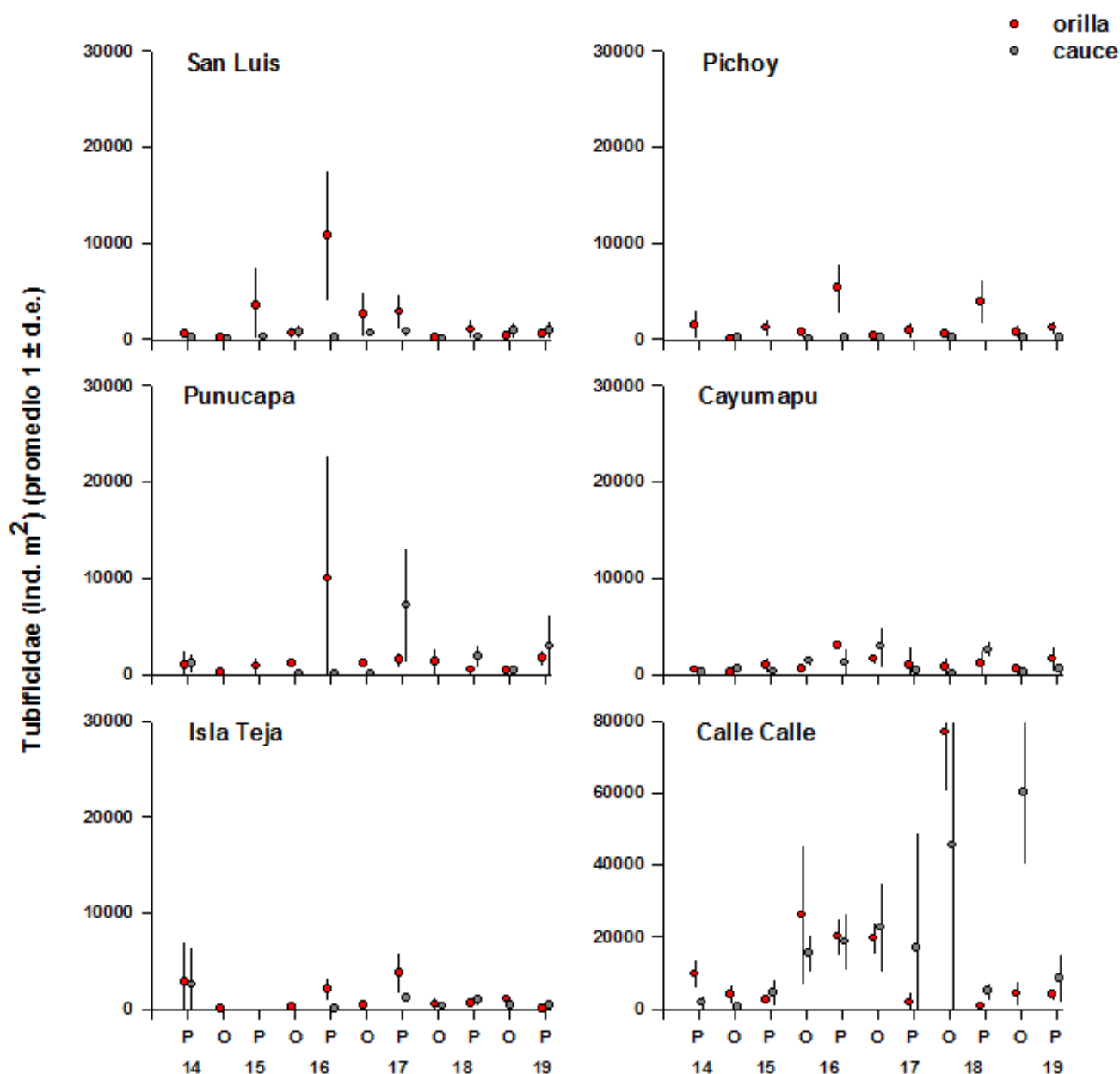
Oligoquetos de la familia Tubificidae, son los taxa que han presentado los valores más altos de abundancia en los fondos sedimentarios de orilla y cauce del área estudiada.

El río Calle Calle es uno de los sitios donde se han registraron las mayores abundancias poblacionales de esta especie. Durante el año 2018, las abundancias más altas ocurrieron en los sedimentos de orilla y cauce alcanzando 76.780 y 45.568 ind/m<sup>2</sup>, respectivamente (Tabla 4.2.2.17). Durante el año 2019, las mayores abundancias ocurrieron en los sedimentos provenientes del cauce de este sitio (60.227 ind/m<sup>2</sup>) (Tabla 4.2.2.18). En general, solo se encontró ausente el año 2015 en los sedimentos de cauce en los sectores Punucapa e Isla Teja (Tabla 4.2.2.17).

Esta especie no mostró tendencia inter-anual significativa ( $p>0,05$ ) a aumentar o disminuir en el tiempo (Fig. 4.2.2.18).

**Tabla 4.2.2.17.** Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>) del oligoqueto Tubificidae en los sedimentos de orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

Tubificidae	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del humedal	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014		511 (469)	966 (1.477)	2.841 (4.234)	1.477 (1.490)	455 (371)	9.716 (3.777)
otoño 2015		114 (131)	227 (321)	57 (114)	57 (114)	227 (186)	4.091 (2.551)
primavera 2015		3.466 (4.071)	852 (989)	0	1.193 (935)	966 (878)	2.500 (1.286)
otoño 2016		625 (817)	1.080 (341)	171 (218)	682 (719)	511 (218)	26.136 (19.421)
primavera 2016		10.739 (6.819)	9.943 (12.945)	2.102 (1.179)	5.341 (2.608)	3.011 (341)	20.114 (5.224)
otoño 2017		2.614 (2.395)	1.080 (504)	398 (469)	341 (227)	1.534 (469)	19.659 (4.506)
primavera 2017		2.841 (1.879)	1.477 (860)	3.750 (2.104)	909 (809)	966 (1932)	1.818 (3.187)
otoño 2018		114 (227)	1.307 (1430)	511 (751)	511 (598)	739 (1.039)	76.780 (16.580)
primavera 2018		1.023 (1.151)	455 (557)	625 (468)	3.920 (2.268)	1.080 (1.343)	739 (504)
otoño 2019		341 (541)	398 (286)	1.080 (469)	682 (928)	568 (601)	4.261 (3.629)
primavera 2019		511 (653)	1.705 (840)	0	1.193 (817)	1.534 (1.343)	3.920 (1.590)
	<b>cauce</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014		114 (131)	1.080 (1.006)	2.500 (3.984)	0	171 (218)	1.875 (1.941)
otoño 2015		57 (114)	0	0	171 (218)	568 (227)	455 (491)
primavera 2015		284 (341)	0	0	0	284 (286)	4.602 (3.671)
otoño 2016		682 (809)	57 (114)	0	57 (114)	1.364 (557)	15.341 (5.080)
primavera 2016		171 (218)	57 (114)	57 (114)	114 (227)	1.250 (1.490)	18.750 (8.073)
otoño 2017		625 (286)	57 (114)	0	114 (227)	2.841 (2.112)	22.557 (12.500)
primavera 2017		852 (568)	7.159 (5.974)	1.193 (504)	0	341 (131)	16.994 (31.727)
otoño 2018		57 (114)	0	284 (341)	170 (218)	114 (131)	45.568 (49.630)
primavera 2018		284 (430)	1.818 (1.203)	966 (704)	0	2.557 (878)	4.943 (2.485)
otoño 2019		909 (765)	341 (293)	341 (394)	170 (341)	227 (186)	60.227 (20.288)
primavera 2019		909 (1.066)	2.898 (3.301)	341 (131)	170 (341)	511 (751)	8.523 (6.552)



**Figura 4.2.2.18.** Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>) del oligoqueto Tubificidae en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) ± 1 desviación estándar.

Los insectos de la familia Chironominae han estado en general presentes en todos los sitios de estudio, aun cuando en abundancias relativamente bajas.

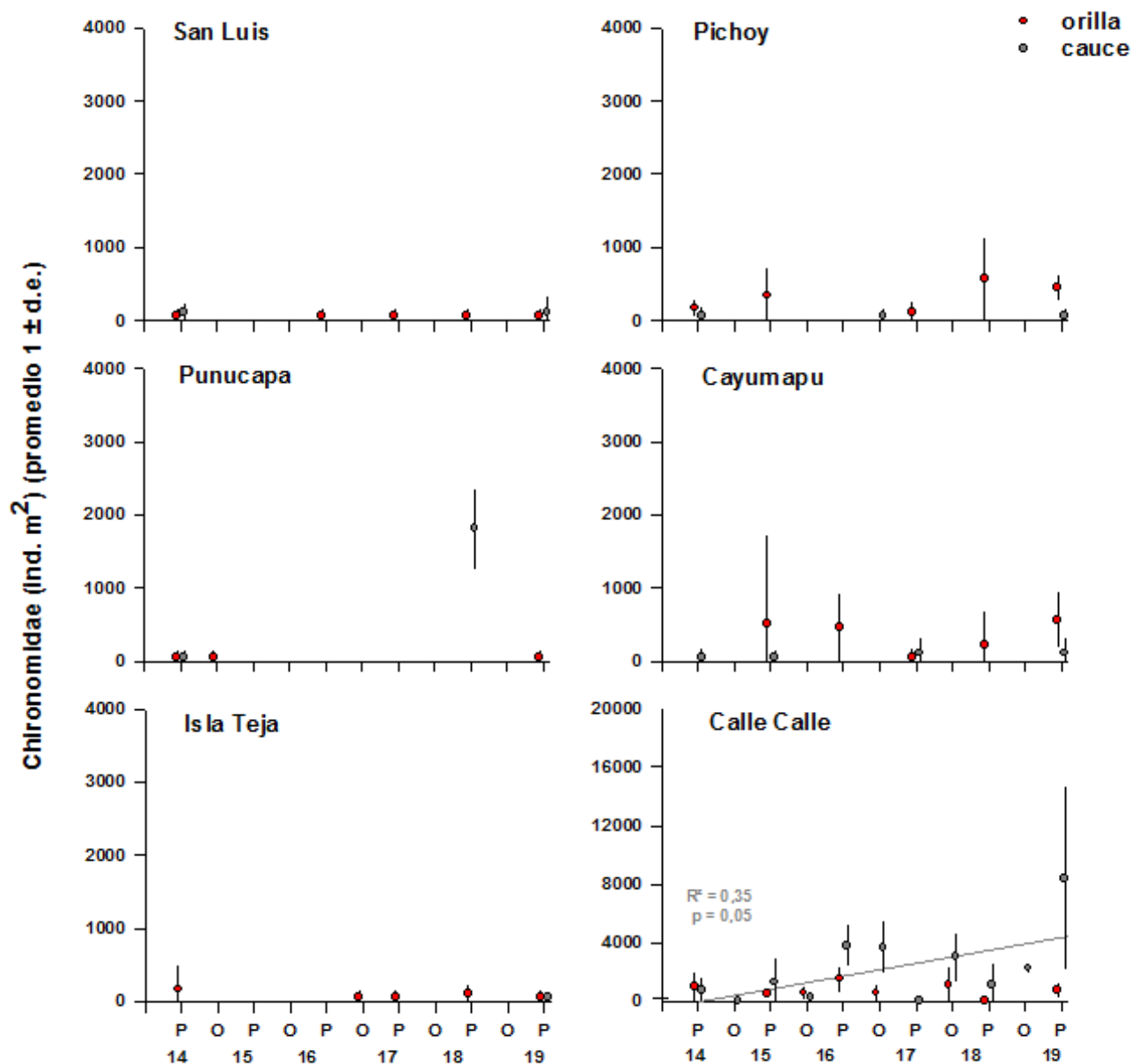


Durante la primavera del año 2019, en los sedimentos del cauce del sector río Calle Calle se registró el valor más alto alcanzado para esta especie durante todo el periodo de estudio 8.409 ind/m<sup>2</sup> (Tabla 4.2.218).

La Figura 4.2.2.19 muestra la variabilidad inter-anual de esta especie en los sedimentos de orilla y cauce; se observa una tendencia inter-anual significativa ( $p < 0,05$ ) al aumento en el tiempo en el cauce del sector río Calle Calle.

**Tabla 4.2.2.18.** Abundancia total ind/m<sup>2</sup> del insecto Chironominae en los sedimentos de orilla y cauce del área de estudio durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) más desviación estándar en paréntesis. SL = San Luis, Pu = Punucapa, IT = Isla Teja, Pi = Pichoy, Ca = Cayumapu, CC = Calle Calle.

Chironomidae	eje central del río Cruces (sector estuarial)			ríos tributarios del HRC (sector estuarial)		fuera del HCR	
	orilla	SL	Pu	IT	Pi	Ca	CC
primavera 2014		57 (114)	57 (114)	171 (341)	171 (114)	0	966 (1.119)
otoño 2015		0	57 (114)	0	0	0	0
primavera 2015		0	0	0	341 (394)	511 (1.223)	511 (286)
otoño 2016		0	0	0	0	0	568 (435)
primavera 2016		57 (114)	0	0	0	455 (491)	1.534 (897)
otoño 2017		0	0	57 (114)	0	0	568 (601)
primavera 2017		57 (114)	0	57 (114)	114 (131)	57 (114)	0
otoño 2018		0	0	0	0	0	1.079 (1.291)
primavera 2018		57 (114)	0	114 (131)	568 (541)	227 (454)	57 (114)
otoño 2019		0	0	0	0	0	0
primavera 2019		57 (114)	57 (114)	57 (114)	455 (186)	568 (394)	739 (504)
	<b>cauce</b>	<b>SL</b>	<b>Pu</b>	<b>IT</b>	<b>Pi</b>	<b>Ca</b>	<b>CC</b>
primavera 2014		114 (131)	57 (114)	0	57 (114)	57 (114)	739 (751)
otoño 2015		0	0	0	0	0	0
primavera 2015		0	0	0	0	57 (114)	1.307 (1.735)
otoño 2016		0	0	0	0	0	284 (341)
primavera 2016		0	0	0	0	0	3.807 (1.442)
otoño 2017		0	0	0	57 (114)	0	3.693 (1.803)
primavera 2017		0	0	0	0	114 (227)	0
otoño 2018		0	0	0	0	0	3.011 (1.684)
primavera 2018		0	1.818 (557)	0	0	0	1.079 (1.568)
otoño 2019		0	0	0	0	0	2.273 (415)
primavera 2019		114 (227)	0	57 (114)	57 (114)	114 (227)	8.409 (6.274)



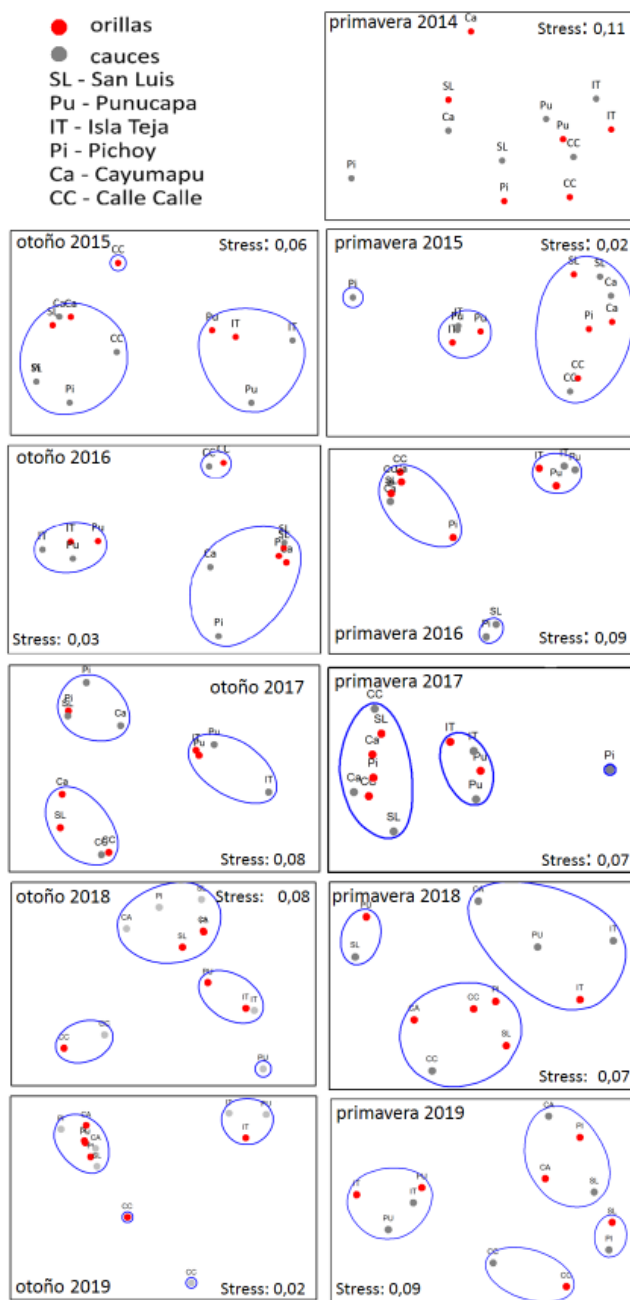
**Figura 4.2.2.19.** Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>) del insecto de la familia Chironominae en los sedimentos de orilla (círculos rojos) y cauce (círculos grises) del área de estudio, durante la primavera del año 2014 y el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores son promedios (cuatro réplicas) ± 1 desviación estándar. Solo se muestran resultados de análisis de correlación entre valores porcentuales y tiempo, cuando los valores de p y R<sup>2</sup> fueron significativos; representados con sus valores y una línea color rojo o gris en orilla y cauce respectivamente según corresponda.

### Análisis de ordenamiento

La Figura 4.2.2.20 muestra los resultados del análisis de MDS para evaluar la similitud entre los seis sitios de estudio, de acuerdo a la abundancia y composición específica de la macroinfauna bentónica presente en los sedimentos de orilla y cauce ocurridos durante la primavera del año 2014, y el otoño y la primavera de los años 2015 a 2019.

En términos generales, no se observa mayor diferenciación entre orilla y cauce, pero sí entre sitios: las estaciones de los sitios Isla Teja y Punucapa, se separan claramente del resto de las estaciones, situación relacionada al hecho de que los fondos sedimentarios de ambos sitios están dominados por los poliquetos *Prionospio (M) patagonica* y *Perinereris gualpensis* y por el anfípodo *Paracorophium hartmannorum*. Básicamente entonces, esta separación refleja la mayor influencia de aguas con mayor conductividad en los sitios Punucapa e Isla Teja y que están dominados por taxa estuariales, como los anteriormente mencionados. Por el contrario, los fondos sedimentarios del resto de los sitios, están dominados numéricamente por especies de carácter más límnic (aguas con menor conductividad), como son oligoquetos Tubificidae e insectos Chironomidae.

Contrario a lo anterior, los análisis realizados con los datos obtenidos durante el Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (primavera 2014), muestran mayor agrupamiento de sitios, aun cuando estaciones de los sectores Punucapa e Isla Teja muestran cierta cercanía gráfica (Fig. 4.2.2.20).



**Figura 4.2.2.20.** Representación gráfica del análisis de escalamiento multidimensional no métrico, basado en la abundancia de los organismos de la macroinfauna bentónica presentes en los sedimentos de los sitios muestreados (orilla-cauce), durante la primavera de 2014, otoño y primavera de 2015-2019. Análisis basados en una matriz de similitud construida a partir del Índice de Bray Curtis.

#### 4.2.2.5. Conclusiones

- Las fracciones texturales arena y fango son las que predominan en los fondos sedimentarios del área de estudio; fango, partículas finas y partículas de tamaño medio son las que prevalecen en los sedimentos de las orillas del área de estudio.
- Partículas de tamaño medio y tamaño grueso son las que prevalecen en los sedimentos del cauce, dicha tendencia ha sido observada en todas las campañas realizadas durante este estudio.
- La fracción arena ha mostrado una tendencia significativa a la disminución en el tiempo (en los fondos sedimentarios provenientes del cauce de los sectores Punucapa y Cayumapu, y en los fondos sedimentarios de orilla de los sectores Punucapa, Cayumapu y Calle Calle), en tanto el fango ha presentado tendencias a aumentar en el tiempo (en los sedimentos de orilla y cauce del sector Punucapa y en los sedimentos del cauce del sector Cayumapu).
- La variabilidad de los valores de redox obtenidos durante el periodo de estudio, dejan en evidencia el alto dinamismo que existe entre corrientes mareales y tipos de sedimentos en el HRC.
- La riqueza de especies de la macroinfauna de fondos sedimentarios aumento desde el Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC año 2014 (12 taxa), al primer y segundo año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (16 y 20 taxa, respectivamente). Durante el periodo 2017 a 2019, se registraron 12, 13 y 11 taxa respectivamente, valores más bajos pero similares al número registrado durante el Programa de Diagnóstico. Sin embargo, la variabilidad en el número de especies no ha sido significativa en el tiempo durante el periodo de estudio, es decir no ha tendido a disminuir o aumentar en el tiempo, salvo en los sedimentos de los cauces del sector Isla Teja donde mostró una tendencia significativa al aumento.
- Desde el Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (año 2014) y durante los años 2015 a 2017 (Programa de Monitoreo Ambiental del HRC), la abundancia total de la macroinfauna bentónica ha sido mayor en los sedimentos de orilla que en el cauce

del área de estudio. En general, los valores más altos de abundancia han ocurrido en los sedimentos del sector Punucapa, Isla Teja y río Calle Calle. Sin embargo, durante el periodo de estudio 2018 y 2019, las abundancias fueron altas tanto en los sedimentos de orilla como en el cauce.

- La abundancia total de la macroinfauna bentónica durante el periodo de estudio evidenció una tendencia estadísticamente significativa al aumento de esta en el tiempo en los sedimentos del cauce del sector de Punucapa e Isla Teja.
- Los oligoquetos de la familia Tubificidae, han sido los taxa que han estado presente en todos los sitios de estudio, mostrando dominancia en el río Calle Calle, los poliquetos (*Prionospio (M) patagonica* y *Perinereis gualpensis*) y anfípodos *Paracorophium hartmannorum* han sido los taxa dominantes en el sector Punucapa e Isla Teja y los insectos Chironomidae aun cuando han estado presentes en todos los sitios de estudio han dominado ampliamente en los sedimentos del río Calle Calle.
- En términos generales, los análisis multivariados de escalamiento multidimensional, no mostraron mayor diferenciación entre la macroinfauna de orilla y cauce durante los años del Programa de Monitoreo del HRC, pero sí entre sitios, ya que los sectores Isla Teja y Punucapa, se separan claramente del resto de los sitios.
- Todo lo anterior permite concluir que la macroinfauna de fondos sedimentarios en los sedimentos del HRC y sus ríos tributarios, se ha mantenido estable en el tiempo, lo que sugiere que la calidad del sedimento tampoco ha variado de modo significativo.

#### 4.2.2.6. Referencias

Anderson FE, Black L, Mayer LE, Watling LM (1981) A temporal and spatial study of mudflat texture. *Northeastern Geology* 3:184-191

Anderson M, Ford R, Feary D, Honeywill C (2004) Quantitative measures of sedimentation in an estuarine system and its relationship with intertidal soft-sediment infauna. *Marine Ecology Progress Series* 272:33-48

Byers SC, Mills EL, Stewart PL (1978) A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method. *Hydrobiologia* 58(1):43-47

Brower JE, Zar JH (1977) *Field laboratory methods for general ecology*. William C Brown Company Publishers, Dubuque, p 192

Emery KO (1938) Rapid method of mechanical analysis of sands. *Journal of Sedimentary Petrology* 8(3):105-111

Folk RL (1980) *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company, Austin, p 182

Gray JS (1974) Animal-sediment relationships. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 12:223-261

Kruskal JB (1964) Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. *Psychometrika* 29(2):115-129

Pielou EC (1984) *The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination*. John Wiley & Sons Inc., New York

Rhoads DC, Boyer LF (1982) The effects of marine benthos on physical properties of sediments: a successional perspective. In: McCall PL, Tevesz MJS (eds) *Animal-sediment relations: The biogenic alteration of sediments*, vol 100. Springer Science & Business Media, New York, p 3-52

Seward-Thompson B, Hails J (1973) An appraisal of the computation of statistical parameters in grain size analysis. *Sedimentology* 20(1):161-169

**ANEXO**



Abundancia (ind/m<sup>2</sup>) de la macroinfauna bentónica presente en los sedimentos del área de estudio, durante la primavera del año 2014, el otoño y la primavera de los años 2015-2019. Los valores corresponden al promedio de cuatro réplicas.

TAXA	Eje central del río Cruces (sector estuarial)		Fuerte San Luis			
	primavera 2014 (noviembre)		otoño 2015 (abril)		primavera 2015 (noviembre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>						
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	170,5	0	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>						
Tubificidae	511,4	113,6	113,6	56,8	3.465,9	284,1
<i>Nais pardalis</i>	0	340,9	0	0	3.579,5	397,7
<b>INSECTA</b>						
Chironomidae	56,8	113,6	0	0	0	0
Tanypodine	0	0	113,6	0	454,5	56,8
Ortocladine	0	0	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>						
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Cyprideis beaçonensis</i>	0	0	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>						
Hirudinea	0	0	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>						
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>						
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>						
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>						
Nemertea	0	0	0	0	0	0

TAXA	Fuerte San Luis			
	otoño 2016 (abril)		primavera 2016 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	625,0	681,8	10.738,6	170,5
<i>Nais pardalis</i>	0	0	6.193,2	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	56,8	0
Tanypodine	56,8	0	625,0	0
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	56,8	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	0	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	113,6	284,1	227,3	0
Ostracoda	0	0	56,8	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	284,1	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	56,8	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	113,6	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	56,8	511,4	56,8	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	113,6	227,3	0	0

TAXA	Fuerte San Luis			
	otoño 2017		primavera 2017	
	(abril)		(octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	2.613,6	286,0	2.840,9	852,3
<i>Nais pardalis</i>	56,8	0		
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	56,8	0
Tanypodine	113,6	0	56,8	0
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	0	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0		
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	56,8	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.		0	113,6	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	56,8	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

TAXA	Fuerte San Luis			
	otoño 2018		primavera 2018	
	(abril)		(octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	56,8	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	113,6	56,8	1.022,7	284,1
<i>Nais pardalis</i>	0	0	56,8	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	56,8	0
Tanypodine	0	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	113,6	56,8	56,8	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

Eje central del río Cruces (sector estuarial)	Fuerte San Luis			
	otoño 2019		primavera 2019	
	(abril)		(octubre)	
TAXA	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	340,9	909,1	511,4	909,1
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	56,8	113,6
Tanypodine	0	0	0	56,8
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	0	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	56,8	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

TAXA	Eje central del río Cruces (sector estuarial)					
	Punucapa					
	primavera 2014 (noviembre)		otoño 2015 (abril)		primavera 2015 (noviembre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>						
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	568,2	1.250,	965,9	227,3	1.193,2	1.818,
<i>Perinereis gualpensis</i>	113,6	56,8	284,1	113,6	568,2	625,0
<b>OLIGOCHAETA</b>						
Tubificidae	965,9	1.079,	227,3	0	852,3	0
<i>Nais pardalis</i>	56,8	56,8	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>						
Chironomidae	56,8	56,8	56,8	0	0	0
Tanypodine	56,8	0	0	0	0	0
Ortocladine						
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>						
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	170,5	0	227,3	56,8	738,6	1.363,
<i>Cyprideis beaçonensis</i>	170,5	56,8	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	56,8	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	113,6	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>						
Hirudinea	0	0	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>						
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>						
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>						
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>						
Nemertea	0	0	0	0	0	0

Eje central del río Cruces (sector estuarial)	Punucapa			
	otoño 2016 (abril)		primavera 2016 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	Cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	511,4	340,9	5.056,8	4.090,9
<i>Perinereis gualpensis</i>	113,6	511,4	113,6	397,7
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	1.079,5	56,8	9.943,2	56,8
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	0	0
Tanypodine	0	0	0	0
Ortocladine	0	0	113,6	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	113,6	5.965,9	3.181,8	7.443,2
<i>Cyprideis beaçonensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	2.613,6	454,5	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	56,8
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

TAXA	Punucapa			
	otoño 2017 (abril)		primavera 2017 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	2.556,8	1.704,5	4.715,9	28.863,6
<i>Perinereis gualpensis</i>	56,8	113,6	56,8	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	1.079,5	56,8	1.477,3	7.159,1
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	56,8
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	0	0
Tanypodine	0	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	56,8	0	113,6
<i>Cyprideis beaçonensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	1.363,6	56,8	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0



TAXA	Punucapa			
	otoño 2018 (abril)		primavera 2018 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	511,4	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	1.306,8	0	454,5	1.818,2
<i>Nais pardalis</i>	284,1	0	0	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	56,8	0	1.818,2
Tanypodine	0	0	0	56,8
Ortocladine	0	0	56,8	454,5
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	227,3
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophiun hartmannorum</i>	1.534,1	5.056,8	0	1.704,5
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	56,8	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

Eje central del río Cruces (sector estuarial)		Punucapa			
		otoño 2019 (abril)		primavera 2019 (octubre)	
TAXA	orilla	cauce	orilla	cauce	
<b>POLYCHAETA</b>					
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	56,8	3.522,7	1.704,5	
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	113,6	568,2	170,5	
<b>OLIGOCHAETA</b>					
Tubificidae	397,7	340,9	1.704,5	2.897,7	
<i>Nais pardalis</i>	0	0	227,3	0	
<b>INSECTA</b>					
Chironomidae	0	2.272,7	56,8	0	
Tanypodine	0	0	0	0	
Ortocladine	0	0	0	0	
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0	
Ephemeroptera	0	0	0	0	
Plecoptera	0	0	0	0	
<b>CRUSTACEA</b>					
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	57.897,7	28.409,1	23.181,8	
<i>Cyprideis beaçonensis</i>	0	0	0	0	
Ostracoda	0	0	0	0	
Phoxocephalidae	0	0	0	0	
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0	
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0	
Copepoda	0	0	0	0	
<b>HIRUDINEA</b>					
Hirudinea	0	0	0	0	
<b>MOLLUSCA</b>					
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0	
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0	
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0	
<b>CHORDATA</b>					
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0	
<b>ARACHNIDA</b>					
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0	
<b>NEMERTEA</b>					
Nemertea	0	0	0	0	

TAXA	Isla Teja			
	otoño 2016 (abril)		primavera 2016 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	1.818,2	3.522,7	9.431,8	340,9
<i>Perinereis gualpensis</i>	738,6	1.079,5	340,9	227,3
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	170,5	0	2.102,3	56,8
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	0	0
Tanypodine	0	0	0	340,9
Ortocladine	0	0	113,6	56,8
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	568,2	284,1	1.875,0	3.579,5
<i>Cyprideis beaçonensis</i>	0	0	170,5	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	1.289,7	397,7	0	0
Copepoda	0	0	113,6	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	56,8	56,8
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

Eje central del río Cruces (sector estuarial)		Isla Teja					
		primavera 2014 (noviembre)		otoño 2015 (abril)		primavera 2015 (noviembre)	
TAXA		orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>							
<i>Prionospio (M) patagonica</i>		9.772,7	852,3	7.500,0	1.420,5	56,8	2.329,5
<i>Perinereis gualpensis</i>		795,5	56,8	1.988,6	0	397,7	795,5
<b>OLIGOCHAETA</b>							
Tubificidae		2.840,9	2.500,	56,8	0	0	0
<i>Nais pardalis</i>		0	0	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>							
Chironomidae		170,5	0	0	0	0	0
Tanypodine		0	0	0	0	0	0
Ortocladine		0	0	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.		0	0	0	0	0	0
Ephemeroptera		0	0	0	0	0	0
Plecoptera		0	0	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>							
<i>Paracorophium hartmannorum</i>		2.954,5	56,8	8.863,6	340,9	852,3	1.704,5
<i>Cyprideis beaonensis</i>		0	0	0	0	0	0
Phoxocephalidae		0	56,8	0	454,5	0	0
Ostracoda		0	0	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>		56,8	0	56,8	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.		0	0	113,6	0	0	0
Copepoda		0	0	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>							
Hirudinea		0	0	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>							
<i>Littoridina cumingi</i>		56,8	0	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.		0	0	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>		0	0	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>							
<i>Geotria australis</i>		0	0	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>							
<i>Hydracarina</i>		0	0	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>							
Nemertea		0	0	0	0	0	0

TAXA	Isla Teja			
	otoño 2017 (abril)		primavera 2017 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	3.352,3	2.102,3	13.920,5	16.477,3
<i>Perinereis gualpensis</i>	227,3	56,8	227,3	56,8
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	397,7	0	3.750,0	1.193,2
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	56,8	0	56,8	0
Tanypodine	0	0	56,8	56,8
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	0	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	3.011,4	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	56,8	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

TAXA	Isla Teja			
	otoño 2018 (abril)		primavera 2018 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	4.204,5	2.670,5	10.000,0	9.829,5
<i>Perinereis gualpensis</i>	568,2	1.079,5	227,3	340,9
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	511,4	284,1	625,0	965,9
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	113,6	0
Tanypodine	0	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	44.204,5	57.272,7	1.136,4	3.409,1
<i>Cyprideis beaçonensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	284,1
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

TAXA	Isla Teja			
	otoño 2019 (abril)		primavera 2019 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	1.363,6	454,5	11.647,7	10.000,0
<i>Perinereis gualpensis</i>	1.420,5	625,0	511,4	1.477,3
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	1.363,6	340,9	0	340,9
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	56,8	56,8
Tanypodine	0	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	27.102,3	10.568,2	3.920,5	27.159,1
<i>Cyprideis beaçonensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	1.022,7	170,5	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	56,8	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

Ríos tributarios del HRC  
(sector estuarial)

río Pichoy

TAXA	primavera 2014 (noviembre)		otoño 2015 (abril)		primavera 2015 (noviembre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>						
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>						
Tubificidae	1.477,3	0	56,8	170,5	1.193,2	0
<i>Nais pardalis</i>	738,6	0	0	0	284,1	0
<b>INSECTA</b>						
Chironomidae	170,5	56,8	0	0	340,9	0
Tanypodine	56,8	0	0	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0	113,6	56,8
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	454,5	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>						
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	0	0	0	0	56,8
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0	0	0
Phoxocephalidae	113,6	0	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>						
Hirudinea	0	0	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>						
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	56,8	0	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>						
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>						
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>						
Nemertea	0	0	0	0	0	0



TAXA	Pichoy			
	otoño 2016 (abril)		primavera 2016 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	681,8	56,8	5.340,9	113,6
<i>Nais pardalis</i>	0	0	2.329,5	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	0	0
Tanypodine	56,8	0	0	0
Ortocladine	0	0	5.056,8	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	56,8
Plecoptera	0	0	0	56,8
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	56,8	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	227,3	113,6	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	113,6	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

Ríos tributarios del HRC (sector estuarial)	Pichoy			
	otoño 2017 (abril)		primavera 2017 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	113,6	0	56,8
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	340,9	0	909,1	0
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	56,8	113,6	0
Tanypodine	0	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	0	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

Ríos tributarios del HRC (sector estuarial)	Pichoy			
	otoño 2018 (abril)		primavera 2018 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	56,8	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	511,4	170,5	3.920,5	0
<i>Nais pardalis</i>	0	0	681,8	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	568,2	0
Tanypodine	0	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	56,8	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	56,8	0	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

TAXA	Pichoy			
	otoño 2019 (abril)		primavera 2019 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	681,8	170,5	1.193,2	170,5
<i>Nais pardalis</i>	0	0	6.590,9	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	454,5	56,8
Tanypodine	0	0	1.250,0	0
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	0	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	113,6	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

Ríos tributarios del HRC (sector estuarial)	río Cayumapu					
	primavera 2014 (noviembre)		otoño 2015 (abril)		primavera 2015 (noviembre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>						
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>						
Tubificidae	454,5	170,5	227,3	568,2	965,9	284,1
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0	170,5	56,8
<b>INSECTA</b>						
Chironomidae	0	56,8	0	0	511,4	56,8
Tanypodine	0	56,8	113,6	56,8	170,5	170,5
Ortocladine	0	0	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>						
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	56,8	0	113,6	0
Ostracoda	0	0	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>						
Hirudinea	0	0	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>						
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>						
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>						
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0	56,8	0
<b>NEMERTEA</b>						
Nemertea	0	0	0	0	0	0

TAXA	río Cayumapu			
	otoño 2016 (abril)		primavera 2016 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	511,4	1.363,6	3.011,4	1.250,0
<i>Nais pardalis</i>	0	0	227,3	56,8
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	454,5	0
Tanypodine	397,7	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	56,8	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	56,8	113,6	113,6	0
Ostracoda	0	0	170,5	227,3
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	56,8	0	0
Copepoda	0	0	568,2	113,6
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	454,5
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	568,2	170,5	170,5	56,8
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

TAXA	ríos tributarios del río Cruces		río Cayumapu	
	otoño 2017 (abril)		primavera 2017 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	1.534,1	2.840,9	965,9	340,9
<i>Nais pardalis</i>	0	0	170,5	56,8
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	56,8	113,6
Tanypodine	56,8	0	113,6	0
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	0	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	113,6	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	56,8	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

TAXA	ríos tributarios del río Cruces		río Cayumapu	
	otoño 2018 (abril)		primavera 2018 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	56,8	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	738,6	113,6	1.079,5	2.556,8
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	227,3	0
Tanypodine	0	0	0	56,8
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	113,6
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	56,8	0	0	0
<i>Cyprideis beaçonensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	113,6	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0



TAXA	ríos tributarios del río Cruces		río Cayumapu	
	otoño 2019 (abril)		primavera 2019 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	568,2	227,3	1.534,1	511,4
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	170,5
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	0	568,2	113,6
Tanypodine	0	0	113,6	56,8
Ortocladine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	113,6	113,6	56,8	56,8
<i>Cyprideis beaçonensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	56,8
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	56,8
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

TAXA	Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios					
	río Calle Calle					
	primavera 2014 (noviembre)		otoño 2015 (abril)		primavera 2015 (noviembre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>						
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	284,1	340,9	56,8	56,8	56,8	113,6
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	56,8	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>						
Tubificidae	9.715,9	1.875,0	4.090,9	454,5	2.500,0	4.602,3
<i>Nais pardalis</i>	227,3	0	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>						
Chironomidae	965,9	738,6	170,5	0	511,4	1.306,8
Tanypodine	227,3	56,8	56,8	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>						
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	113,6	113,6	0	0	0	0
<i>Cyprideis beaçonensis</i>	0	0	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>						
Hirudinea	56,8	0	227,3	0	56,8	0
<b>MOLLUSCA</b>						
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0	0	170,5
<b>CHORDATA</b>						
<i>Geotria australis</i>	170,5	56,8	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>						
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>						
Nemertea	0	0	0	0	0	0

TAXA	Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios			
	río Calle Calle			
	otoño 2016 (abril)		primavera 2016 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	Cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	284,1	454,5	113,6	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	26.136,4	15.340,9	20.113,6	18.750,0
<i>Nais pardalis</i>	738,6	0	6.136,4	1.534,1
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	568,2	284,1	1.534,1	3.806,8
Tanypodine	113,6	0	625,0	113,6
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	56,8	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	227,3	56,8	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	227,3	227,3	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	227,3	1.136,4	227,3	113,6
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	113,6	0	56,8	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	454,5	56,8
<i>Mulinia edulis</i>	0	56,8	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	568,2	170,5	113,6	56,8
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	170,5	0	0

Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios	río Calle Calle			
	otoño 2017 (abril)		primavera 2017 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	227,3	0	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	19.659,1	22.556,8	1.818,2	16.994,3
<i>Nais pardalis</i>	56,8	0	625,0	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	568,2	3.693,2	56,8	56,8
Tanypodine	113,6	56,8	0	511,4
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	0	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	1.704,5	170,5	0	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	3.409,1	3.863,6	0	284,1
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	370,5	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

TAXA	Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios			
	río Calle Calle			
	otoño 2018 (abril)		primavera 2018 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	170,5	0	0
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	76.079,5	45.568,2	738,6	4.943,2
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	1.079,5	3.011,4	56,8	1.079,5
Tanypodine	0	56,8	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	56,8	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	0	56,8	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	681,8	56,8	170,5	170,5
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	1.250,0	909,1	0	56,8
<i>Mulinia edulis</i>	0	227,3	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios	río Calle Calle			
	otoño 2019 (abril)		primavera 2019 (octubre)	
	orilla	cauce	orilla	cauce
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Prionospio (M) patagonica</i>	0	0	0	2.102,3
<i>Perinereis gualpensis</i>	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b>				
Tubificidae	4.261,4	60.227,3	3.920,5	8.522,7
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0
<b>INSECTA</b>				
Chironomidae	0	2.272,7	738,6	8.409,1
Tanypodine	0	0	0	0
<i>Stilobezzia</i> sp.	0	0	0	0
Ortocladine	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0
Plecoptera	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	56,8	284,1	0	0
<i>Cyprideis beaconensis</i>	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0
<i>Heterias exul</i>	0	0	0	0
<i>Leucon</i> sp.	0	0	0	0
Copepoda	0	0	0	0
<b>HIRUDINEA</b>				
Hirudinea	511,4	113,6	340,9	0
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Littoridina cumingi</i>	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	113,6	340,9	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	0	0	0	0
<b>CHORDATA</b>				
<i>Geotria australis</i>	0	0	0	0
<b>ARACHNIDA</b>				
<i>Hydracarina</i>	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>				
Nemertea	0	0	0	0

### 4.2.3. MACROFAUNA DE FONDOS RITRALES

#### 4.2.3.1 Antecedentes

Los macroinvertebrados bentónicos que habitan los fondos acuáticos pedregosos o ritrales, son organismos que se adhieren a dicho sustrato, o bien se refugian entre éstos como estrategia para protegerse de las corrientes hídricas. La mayor parte de los invertebrados que componen esa macrofauna, son larvas y estados inmaduros de insectos con ciclos de vida anfíbio (*e.g.*, efemerópteros, plecópteros, tricópteros, dípteros y coleópteros), cuyos estados pre adultos viven en el fondo de los ríos por periodos que fluctúan entre meses y años. Tales insectos, además de otros artrópodos que coexisten con los mismos (*e.g.*, crustáceos del género *Aegla*), son parte importante de la dieta de peces y de mamíferos acuáticos en tales ambientes (*e.g.*, Medina, 1997, 1998).

Debido a su sensibilidad a condiciones estresantes, a su movilidad limitada y al hecho de que tengan ciclos de vida que pueden superar el año, estos organismos bentónicos, permiten detectar cambios ambientales asociados. Tales cambios incluyen, por ejemplo, el ingreso de altas cargas de materia orgánica a los cuerpos acuáticos, lo que puede influir adversamente sobre las funciones fisiológicas de las especies, como, por ejemplo, sobre la reproducción y el reclutamiento de las mismas. La periodicidad de los monitoreos que incluyen este tipo de organismos es relevante, ya que la presencia de los mismos en el medio acuático, depende de la estación debido a que en un período del año dejan ese ambiente y emergen para convertirse en organismos adultos.

Debido a lo anterior, el estudio de los organismos bentónicos de los fondos ritrales y fundamentalmente insectos, constituye una herramienta eficaz para evaluar eventuales cambios ambientales en sistemas acuáticos, como es el caso de la porción superior del humedal del río Cruces.

#### **4.2.3.2. Objetivos:**

- Analizar la riqueza y abundancia de especies de invertebrados bentónicos que ocurren en fondos ritrales o pedregosos del río Cruces durante el quinto año del Programa de Monitoreo Ambiental del humedal.
- Evaluar para esos períodos de muestreo, la calidad del agua del área de estudio, referida a carga orgánica, mediante la estimación de un índice basado en la presencia y abundancia de estos invertebrados.
- Comparar los resultados obtenidos para el quinto año del Programa de Monitoreo (2019), con los datos de los muestreos realizados en la misma área durante el otoño y primavera del período 2014-2019.

#### **4.2.3.3. Material y métodos**

##### **Obtención de las muestras de invertebrados bentónicos**

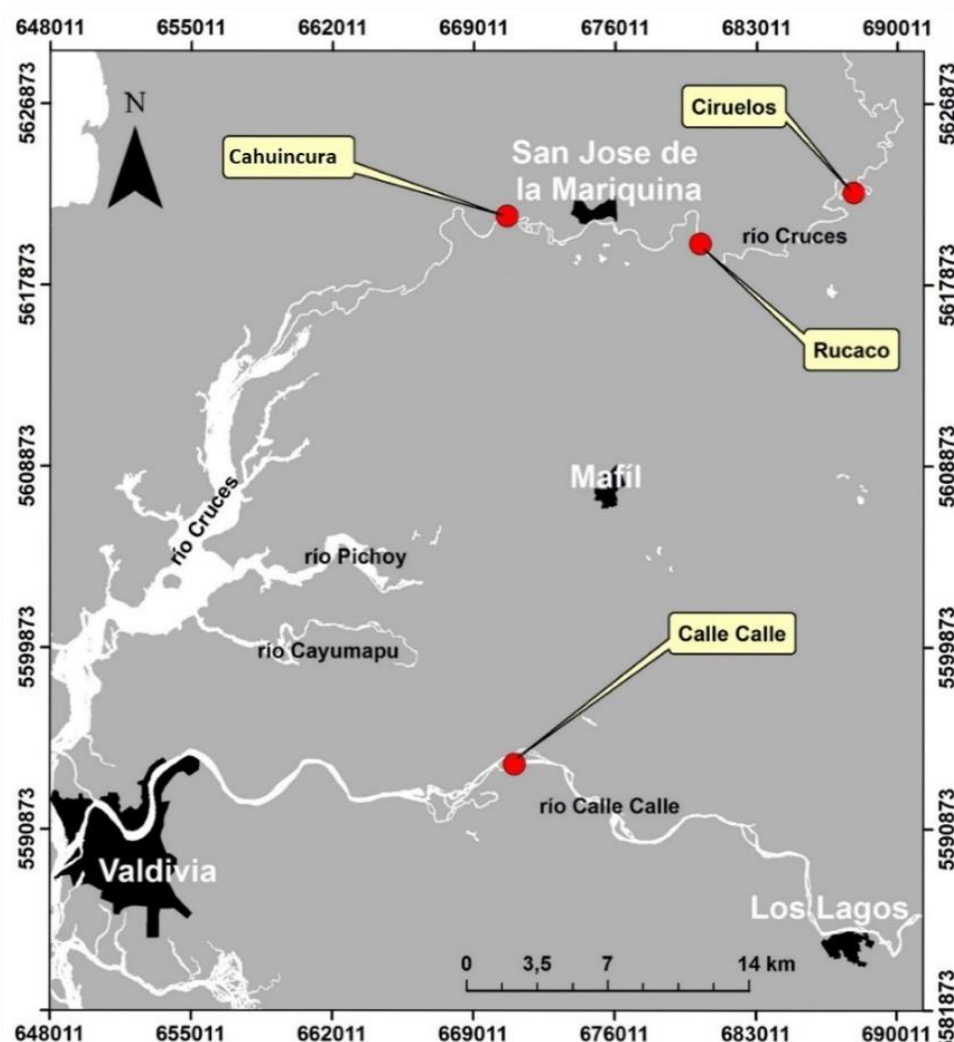
Los muestreos se realizaron en otoño (abril) y primavera (diciembre) del año 2019 (Tabla 4.2.3.1), en los sitios que se muestran en la Figura 4.2.3.1. Se muestreó en un sitio ubicado en el río Calle Calle, debido a que esa área no fue afectada por los cambios ambientales del año 2004 y por lo tanto se lo considera como un sitio control.

Las estaciones de muestreo se dispusieron sobre sustratos de ripio grueso o bolones de 8 a 20 cm de diámetro, en la zona marginal del cauce hídrico y a una profundidad no superior a los 60 cm, la cual es el límite de alcance del brazo del operador del artefacto de muestreo. Las muestras fueron obtenidas con una red Surber (área muestral de 0,09 m<sup>2</sup>) provista con malla de 250 µm de trama; (Fig. 4.2.3.2). Esta se usó por cinco minutos para la obtención de cada muestra; los clastos (piedras) recogidos en el marco de 30 x 30 cm, fueron frotados a mano en la boca de la red, lo cual permitió que los animales removidos fueran arrastrados por la corriente dentro del artefacto. Las muestras recolectadas (n= 4 por sitio de muestreo), se almacenaron en bolsas plásticas con etanol al 90% debidamente etiquetadas, para la posterior identificación y recuento de la fauna bajo lupa estereoscópica y microscopio. La identificación de los taxa se realizó hasta el nivel taxonómico más bajo posible.



**Tabla 4.2.3.1.** Sitios y fechas de muestreos para análisis de invertebrados bentónicos que ocurren en los fondos ritrales del área de estudio.

estaciones	otoño 2019	primavera 2019
<b>Porción superior del río Cruces (sector límnico)</b>		
1 (sector Ciruelos)	25 abril 2019	6 diciembre 2019
2 (sector Rucaco)	25 abril 2019	6 diciembre 2019
3 (sector Cahuincura)	25 abril 2019	6 diciembre 2019
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>		
4 (río Calle Calle)	26 abril 2019	6 diciembre 2019



**Figura 4.2.3.1.** Ubicación de los sitios de muestreo para el estudio de la macrofauna de invertebrados bentónicos que ocurren en los fondos ritrales del río Cruces y río Calle Calle.



**Figura 4.2.3.2.** Uso de red Surber en río Cruces, sector Rucaco para muestreo de la macrofauna bentónica de fondos ritrales.

#### **Estructura comunitaria de la macrofauna bentónica**

Los valores promedio de las abundancias de cada sitio se utilizaron para estimaciones de riqueza de especies e Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (Brower & Zar, 1977). Con el objetivo de evaluar eventuales asociaciones faunísticas entre sitios de muestreo se realizaron análisis de escalamiento multidimensional no métrico (EMDNM), utilizando la distancia de Bray-Curtis como índice de similitud entre estaciones. Los datos fueron transformados con raíz a la cuarta, previo a su inclusión en los análisis. Los resultados de la distribución espacial de las agrupaciones se generan sobre un plano cartesiano de dos dimensiones. El EMDNM genera un valor de “stress” que corresponde a una medida de “no-bondad” del ajuste (*i.e.*, mientras mayor sea la distancia entre los objetos mayor es el valor de “stress”, por ende, peor es el modelo resultante). Las categorizaciones para interpretar el valor de “stress” son las siguientes: 0,2 = modelo pobre; 0,1 = modelo aceptable; 0,05 = modelo bueno; y 0 = valor mínimo y que corresponde a un excelente modelo de asociación (Kruskal, 1964).

### Organismos bentónicos de fondos ritrales y carga orgánica en el agua

Para evaluar la calidad del agua referida a carga de materia orgánica disponible en el ambiente mediante indicadores biológicos, se utilizó el Índice Biótico de Hilsenhoff modificado (RBP III) (Plafkin *et al.*, 1989) el que está basado en la abundancia de macroinvertebrados bentónicos, expresado en la siguiente ecuación:

$$IB = \sum \frac{n_i \times a_i}{N}$$

Dónde:

IB = Índice Biótico

$n_i$  = es el número de individuos del taxón "i"

$a_i$  = es el valor de tolerancia del taxón "i"

N = es el número total de individuos de la muestra

Los valores de tolerancias a carga orgánica de los taxa estudiados varían entre 0 y 10. Los organismos con valores de 0 corresponden a aquellos que son intolerantes a las cargas de materia orgánica, a la vez que un valor de 10 corresponde a aquellos organismos que son muy tolerantes a cargas orgánicas. Los rangos intermedios incluyen organismos facultativos respecto a dicho tipo de cargas. Los valores de tolerancia de los taxa están basados en Klemm *et al.*, (1990), Barbour *et al.*, (1999), Mandaville (2002) y Figueroa *et al.*, (2007). Para los análisis de calidad de agua se utilizó la escala que se presenta en la Tabla 4.2.3.2.

**Tabla 4.2.3.2.** Graduación de la calidad del agua en función del Índice Biótico de Hilsenhoff (1988) comúnmente utilizado para evaluar carga orgánica en ríos.

<b>Índice Biótico</b>	<b>condición</b>	<b>grado de contaminación orgánica*</b>
0,00-3,50	Excelente	Contaminación orgánica no aparente
3,51-4,50	Muy bueno	Contaminación orgánica muy leve
4,51-5,50	Bueno	Algo de contaminación orgánica
5,51-6,50	Regular	Contaminación orgánica algo significativa
6,51-7,50	Algo pobre	Contaminación orgánica significativa
7,51-8,50	Pobre	Contaminación orgánica muy significativa
8,51-10,0	Muy pobre	Contaminación orgánica severa

\* = El término “contaminación” empleado anteriormente, se refiere a una traducción textual del Índice creado por Hilsenhoff en 1988.

#### **4.2.3.4. Resultados**

##### **Composición faunística**

Durante el año 2019 se encontraron 47 especies de macroinvertebrados bentónicos en los fondos ritrales de los ríos Cruces y Calle Calle, siendo los insectos del orden Díptera los que predominaron, tanto en otoño como en primavera. En otoño del año 2019 ocurrieron 39 especies (29 insectos, 2 crustáceos, 1 arácnido, 1 entognato, 2 gasterópodos, 2 oligoquetos y 2 platelmintos). En la primavera del mismo año, la macrofauna bentónica estuvo compuesta por 34 especies (27 insectos, 2 crustáceos, 2 gasterópodos, 1 bivalvo y 2 oligoquetos) (Tabla 4.2.3.3). La Tabla 4.2.3.3 muestra los valores del Índice Biótico de Hilsenhoff asignado a cada especie (*cf.* Tabla 4.2.3.2).

**Tabla 4.2.3.3.** Invertebrados bentónicos de fondos ritrales recolectados en el área de estudio durante el año 2019 (campañas correspondientes a las estaciones de otoño y primavera). Se indica además el valor del Índice Biótico asignado para cada especie (cf. Tabla 4.2.3.2).

Phylum	Clase	Orden	Especie	Índice Biótico	otoño 2019	primavera 2019
Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Eukiefferiella</i> sp.	4	✓	✓
			<i>Corynoneura</i> sp.	4	✓	X
			<i>Thienemaniella</i> sp.	6	✓	✓
			<i>Simulium</i> sp.	4	✓	X
			<i>Atherix</i> sp.	4	✓	✓
			<i>Orthocladus</i> sp.	6	✓	✓
			<i>Pentaneura</i> sp.	5	✓	✓
			Empididae	6	✓	✓
			Chironomidae	6	✓	X
			<i>Reothanytarsus</i> sp.	6	✓	✓
			<i>Limonia</i> sp.	4	✓	✓
			Tipulidae	3	X	✓
			Ceratopogonidae	6	X	✓
			Ephemeroptera	<i>M. diguillina</i>	4	✓
		<i>M. laminata</i>		4	✓	✓
		<i>A. torrens</i>		5	✓	✓
		<i>A. peruvianus</i>		4	✓	✓
		<i>P. flavidula</i>		4	✓	✓
		<i>P. chilensis</i>		4	✓	✓
		<i>N. maculata</i>		3	✓	✓
		<i>H. anastomosis</i>		2	✓	✓
		<i>C. chilensis</i>		7	X	✓
		Plecoptera		<i>L. jaffueli</i>	2	✓
			<i>A. michaelsoni</i>	1	✓	✓
			<i>Aubertoperla</i> sp.	2	✓	X
		Trichoptera	<i>S. annulucormis</i>	5	✓	✓
			<i>Reochorema</i> sp.	3	✓	X
			<i>Cailloma</i> sp.	3	✓	X
			<i>Triplectides</i> sp.	4	X	✓
		Coleoptera	Hydroptilidae	5	✓	X
			<i>Luchoelmis</i> sp.	4	✓	X
			<i>Austromnius</i> sp.	4	✓	✓
		Megaloptera	Staphylinidae	4	✓	X
<i>Protochauliodes</i> sp.	4		✓	✓		
Hemiptera	Corixidae	5	X	✓		
	Odontata	<i>Neogomphus</i> sp.	5	X	✓	
Crustacea	Decapoda	<i>Aegla</i> spp.	5	✓	✓	
Arachnida	Trombidiforma	Hidracarina	6	X	✓	

		Acariforme	Araneae	6	✓	X
	Entognatha	Collembola	Collembola	6	✓	X
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	<i>C. dombeyana</i>	7	✓	✓
			<i>Uncancylus</i> sp.	7	✓	✓
	Bivalva	Sphaeriida	<i>Pisidium</i> sp.	6	X	✓
Annelida	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae	10	✓	✓
		Tubificida	<i>Tubifex</i> sp.	10	✓	✓
Plathelminthes	Rhabditophora	Tricladida	<i>D. anceps</i>	4	✓	X
		Rhabdocela	<i>T. chilensis</i>	5	✓	X

---

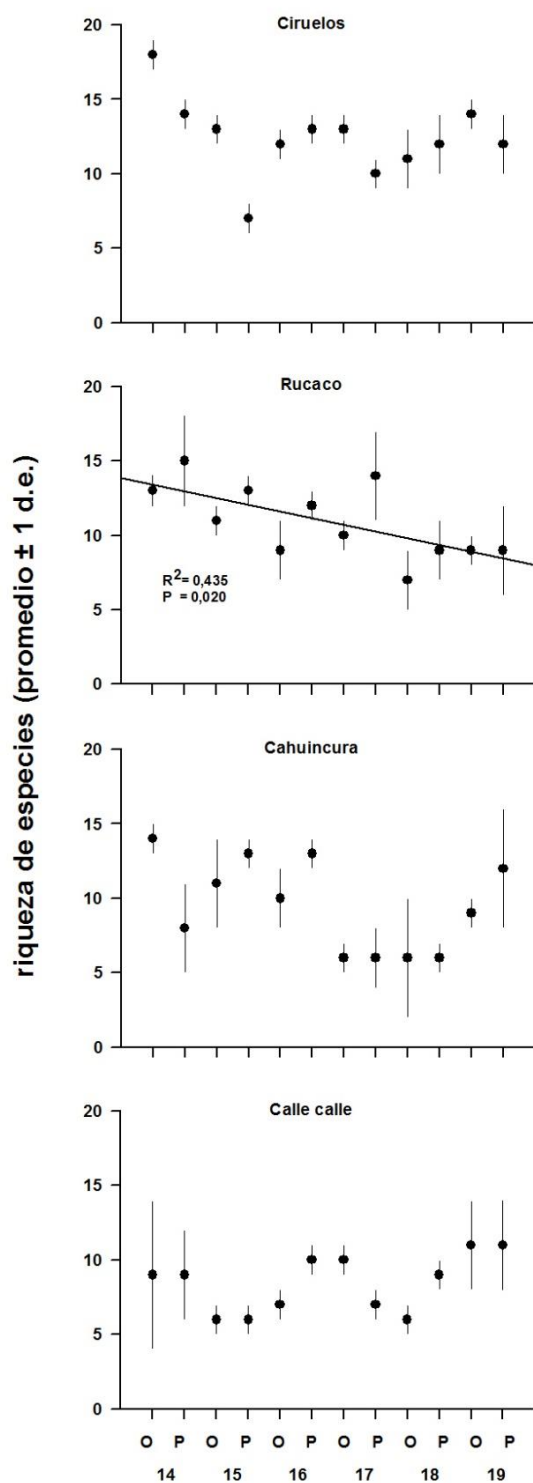
## Atributos Comunitarios

### Riqueza de especies

Durante las doce campañas realizadas durante el período 2014-2019, la riqueza de especies ha variado entre 6 especies en Calle Calle y Cahuincura (años 2015 y 2017, respectivamente) y 18 especies en Ciruelos durante el año 2014 (Tabla 4.2.3.4). Durante el año 2019, la mayor riqueza de especies (14) se encontró en Ciruelos, a la vez que el valor más bajo (n=9) ocurrió en los sectores de Rucaco y Cahuincura (Tabla 4.2.3.4). La variabilidad temporal de la riqueza de especies mostró tendencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a la disminución en el sector Rucaco (Fig. 4.2.3.3).

**Tabla 4.2.3.4.** Riqueza de especies de la macrofauna de invertebrados bentónicos que ocurren en los fondos ritrales del área de estudio durante las estaciones de otoño y primavera del período 2014-2019. Los valores corresponden al promedio de cuatro réplicas (tres para ambos periodos del año 2014) con desviación estándar en paréntesis.

sitios	riqueza de especies (n°)							
	otoño 2014	primavera 2014	otoño 2015	primavera 2015	otoño 2016	primavera 2016	otoño 2017	primavera 2017
<b>1</b> (sector Ciruelos)	18 (1)	14 (1)	13 (1)	7 (1)	12 (1)	13 (1)	13 (1)	10 (1)
<b>2</b> (sector Rucaco)	13 (1)	15 (0)	11 (1)	13 (1)	9 (2)	12 (1)	10 (1)	14 (3)
<b>3</b> (sector Cahuincura)	14 (1)	8 (3)	11 (3)	13 (1)	10 (2)	13 (1)	6 (1)	6 (2)
<b>4</b> (sector Calle Calle)	9 (5)	9 (3)	6 (1)	6 (1)	7 (1)	10 (1)	10 (1)	7 (1)
	otoño 2018	primavera 2018	otoño 2019	primavera 2019				
<b>1</b> (sector Ciruelos)	11 (2)	12 (2)	14 (1)	12 (2)				
<b>2</b> (sector Rucaco)	7 (2)	9 (2)	9 (1)	9 (3)				
<b>3</b> (sector Cahuincura)	6 (4)	6 (1)	9 (1)	12 (4)				
<b>4</b> (sector Calle Calle)	6 (1)	9 (1)	11 (3)	11 (3)				



**Figura 4.2.3.3.** Riqueza promedio de especies de invertebrados bentónicos en los fondos ritrales del área de estudio, durante las estaciones de otoño (O) y primavera (P) del período 2014-2019. Se agrega la línea de tendencias además de  $p$  y  $R^2$ , cuando la correlación entre riqueza de especies y tiempo transcurrido fue significativa ( $p < 0,05$ ).

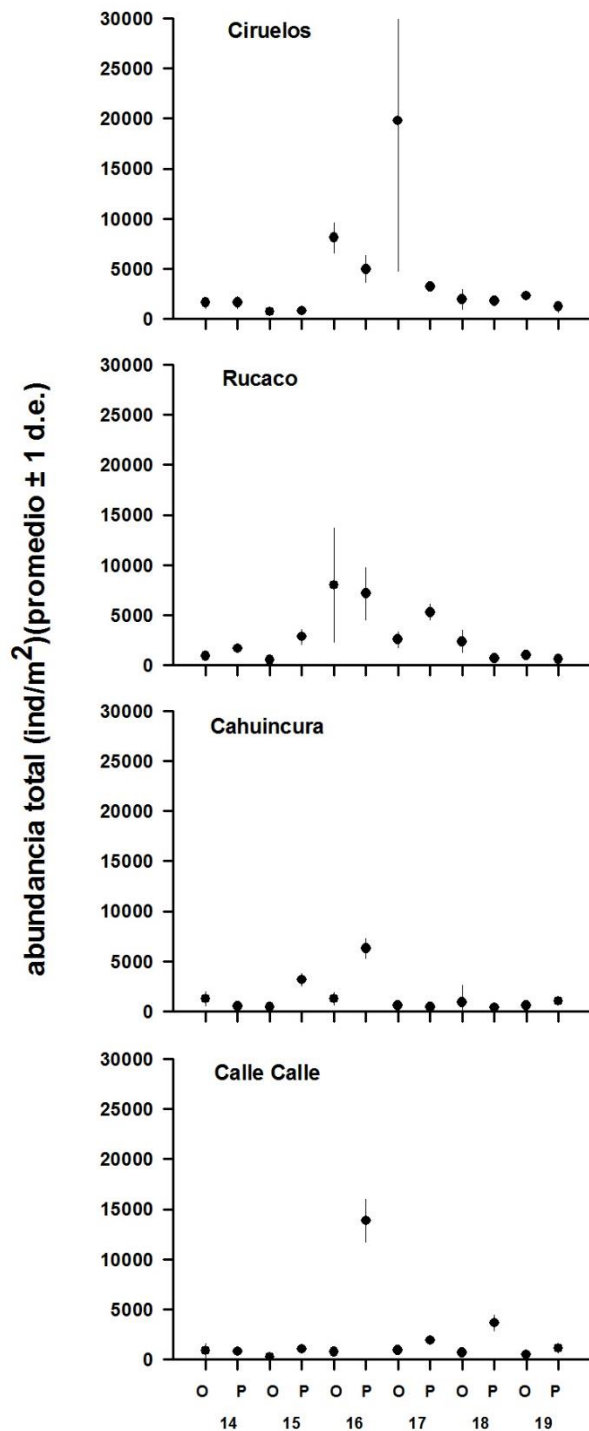


## Abundancia

La mayor abundancia de organismos bentónicos ocurrió en el sector Ciruelos durante el año 2017 (19.797 ind/m<sup>2</sup>) (Tabla 4.2.3.5), a la vez que la menor abundancia se estimó para el sector Cahuincura (386 ind/m<sup>2</sup>) durante el año 2018 (Tabla 4.2.3.5). Durante el año 2019, las abundancias fluctuaron entre 481 ind/m<sup>2</sup> en el sector Calle Calle y 2.283 ind/m<sup>2</sup> en el sector Ciruelos (Tabla 4.2.3.5). Las abundancias totales no presentaron tendencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) en el tiempo transcurrido desde el inicio de este monitoreo (Fig. 4.2.3.4).

**Tabla 4.2.3.5.** Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>) de la macrofauna de invertebrados bentónicos que ocurren en los fondos ritrales del área de estudio durante las estaciones de otoño y primavera del período 2014-2019. Los valores corresponden al promedio de cuatro réplicas (tres para ambos periodos del año 2014) con desviación estándar en paréntesis.

Sitios	abundancia total (ind/m <sup>2</sup> )			
	otoño 2014	primavera 2014	otoño 2015	primavera 2015
1 sector Ciruelos	1.600,0 (616,5)	1.622,2 (539,3)	730,6 (170,3)	780,6 (56,9)
2 sector Rucaco	929,6 (109,6)	1.663,0 (39,0)	536,1 (69,3)	2.836,1 (835,4)
3 sector Cahuincura	1.266,7 (329,0)	477,8 (339,0)	444,4 (142,0)	3.147,2 (687,2)
4 sector Calle Calle	877,8 (792,9)	792,6 (132,6)	247,2 (129,7)	1.030,6 (301,1)
	otoño 2016	primavera 2016	otoño 2017	primavera 2017
1 sector Ciruelos	8.086,1 (1.579,3)	4.955,6 (1.431,6)	19.797,2 (15.137,2)	3.175,0 (369,6)
2 sector Rucaco	7.994,4 (5.748,3)	7.144,4 (2.690,1)	2.552,8 (865,0)	5.286,1 (877,3)
3 sector Cahuincura	1.236,1 (720,6)	6.280,6 (1.055,3)	586,1 (371,4)	433,3 (156,3)
4 sector Calle Calle	763,9 (263,5)	13.863,9 (2.196,2)	927 (213,2)	1.908,3 (157,2)
	otoño 2018	primavera 2018	otoño 2019	primavera 2019
1 sector Ciruelos	1.952,8 (1.083,9)	1.752,8 (594,1)	2.283,3 (245,9)	1.211,1 (626,8)
2 sector Rucaco	2.352,8 (1.175,9)	644,4 (307,3)	991,7 (550,3)	597,2 (350,5)
3 sector Cahuincura	869,4 (1.803,3)	386,1 (75,0)	600,0 (172,1)	1.016,7 (419,3)
4 sector Calle Calle	655,6 (133,9)	3.647,2 (880,9)	480,6 (121,8)	1.113,9 (537,6)



**Figura 4.2.3.4.** Abundancia total promedio de invertebrados bentónicos en los fondos ritrales del área de estudio, durante las estaciones de otoño (O) y primavera (P) del período 2014-2019.

## Dominancia

La especie que presentó la mayor ocurrencia en porcentaje durante el periodo de estudio, fue *Smicridea annulucormis* (Trichoptera) con un 78,2% durante el otoño 2019, a la vez que la menor ocurrencia ocurrió durante la primavera del año 2014 y correspondió al díptero *Eukiefferiella* sp. (<23%) (Tabla 4.2.3.6). Todo lo anterior fue detectado en el sector Rucaco.

Durante la campaña otoñal del año 2019, las ocurrencias fluctuaron entre 18,1% (*Luchoelmis* sp.; Coleoptera) y 78,2% (*Smicridea annulucormis*; Trichoptera) (Tabla 4.2.3.6). Durante la primavera las proporciones de ocurrencia fluctuaron entre 31,0 y 51,2%, ambas proporciones correspondieron al insecto *Eukiefferiella* sp. (Diptera) (Tabla 4.2.3.6).

**Tabla 4.2.3.6.** Proporción relativa de la abundancia de especies de macroinvertebrados bentónicos dominantes en los fondos ritrales del área de estudio durante otoño y primavera del período 2014-2019.

sitios	otoño 2014		primavera 2014	
	especie	proporción (%)	especie	proporción (%)
1 sector Ciruelos	<i>Smicridea annulucormis</i>	25,0	<i>Eukiefferiella</i> sp.	21,5
2 sector Rucaco	<i>Luchoelmis</i> sp.	17,9	<i>Eukiefferiella</i> sp.	14,5
3 sector Cahuincura	<i>Alluaudomya</i> sp.	28,1	<i>Eukiefferiella</i> sp.	22,6
4 sector Calle Calle	<i>Aegla abtao</i>	29,5	<i>Eukiefferiella</i> sp.	20,6

sitios	otoño 2015		primavera 2015	
	especie	proporción (%)	especie	proporción (%)
1 sector Ciruelos	<i>Eukiefferiella</i> sp.	22,1	<i>Tubifex</i> sp.	30,2
2 sector Rucaco	<i>Eukiefferiella</i> sp.	20,7	<i>Corynoneura</i> sp.	31,8
3 sector Cahuincura	<i>Corynoneura</i> sp.	20,0	<i>Atherix</i> sp.	16,9
4 sector Calle Calle	<i>Penaphlenia flavidula</i>	24,7	<i>Eukiefferiella</i> sp.	43,9

sitios	otoño 2016		primavera 2016	
	especie	proporción (%)	especie	proporción (%)
1 sector Ciruelos	<i>Smicridea annulucormis</i>	35,4	<i>Simulium</i> sp	23,4

2 sector Rucaco	<i>Eukiefferiella</i> sp	61,0	<i>Simulium</i> sp	27,1
3 sector Cahuincura	Ancylidae	40,2	<i>Eukiefferiella</i> sp	29,0
4 sector Calle Calle	<i>Tubifex</i>	24,0	<i>Eukiefferiella</i> sp	47,9

sitios	otoño 2017		primavera 2017	
	especie	proporción (%)	especie	proporción (%)
1 sector Ciruelos	<i>Smicridea annulucormis</i>	46,2	<i>Eukiefferiella</i> sp	31,8
2 sector Rucaco	<i>Eukiefferiella</i> sp	52,8	<i>Eukiefferiella</i> sp	32,3
3 sector Cahuincura	<i>Tubifex</i>	44,3	<i>Eukiefferiella</i> sp	75,1
4 sector Calle Calle	<i>Eukiefferiella</i> sp	26,9	<i>Eukiefferiella</i> sp	32,3

sitios	otoño 2018		primavera 2018	
	especie	proporción (%)	especie	proporción (%)
1 sector Ciruelos	<i>Smicridea annulucormis</i>	29,6	<i>Limnoperla jaffueli</i>	47,4
2 sector Rucaco	<i>Eukiefferiella</i> sp	34,0	<i>Atherix</i> sp	27,6
3 sector Cahuincura	<i>Limnoperla jaffueli</i>	28,4	<i>Dugesia anceps</i>	50,4
4 sector Calle Calle	<i>Meridialaris diguillina</i>	71,6	<i>Eukiefferiella</i> sp	51,6

sitios	otoño 2019		primavera 2019	
	especie	proporción (%)	especie	proporción (%)
1 sector Ciruelos	<i>Smicridea annulucormis</i>	73,2	<i>Penaphlebia chilensis</i>	31,0
2 sector Rucaco	<i>Smicridea annulucormis</i>	78,2	<i>Eukiefferiella</i> sp.	51,2
3 sector Cahuincura	<i>Luchoelmis</i> sp.	18,1	<i>Eukiefferiella</i> sp	45,6
4 sector Calle Calle	<i>Meridialaris diguillina</i>	24,3	<i>Eukiefferiella</i> sp	35,9

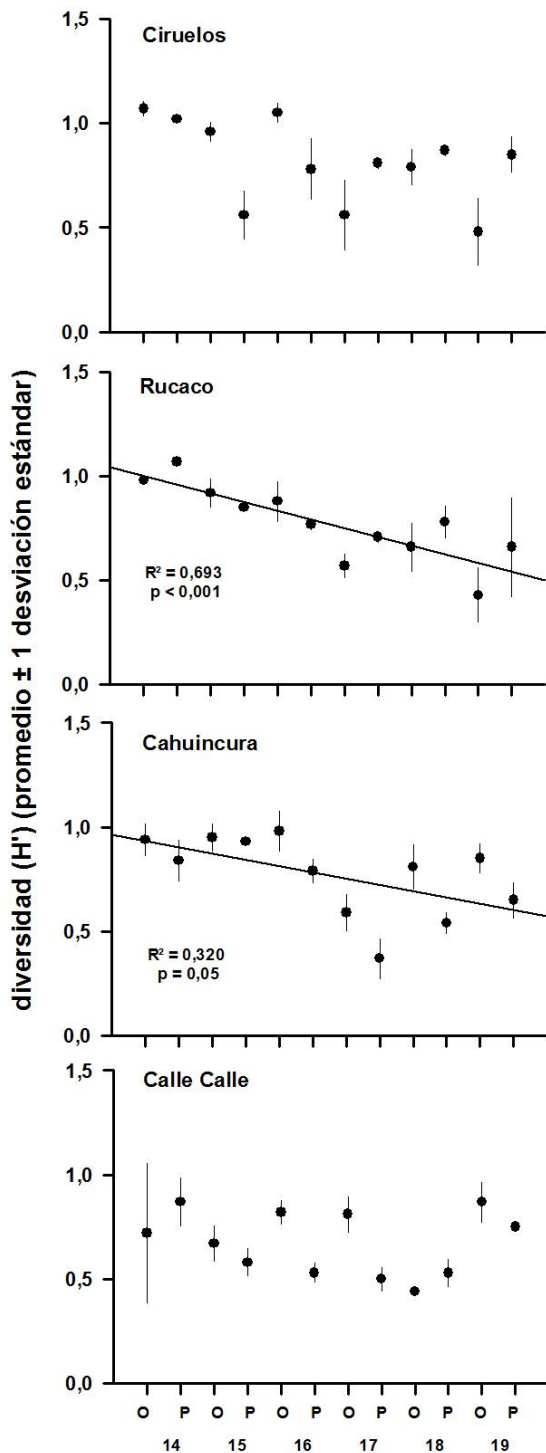
## Diversidad

Los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) han oscilado entre 0,37 (Cahuincura, primavera 2017) y 1,07 (en los sectores Ciruelos y Rucaco durante el otoño y primavera del año 2014, respectivamente (Tabla 4.2.3.7). Durante las campañas realizadas durante el año 2019, los valores de este índice variaron entre 0,43 y 0,87 (Rucaco y Calle Calle, otoño) (Tabla 4.2.3.7). La variabilidad temporal de la diversidad muestra tendencias

significativas ( $p < 0,05$ ) a la disminución en el tiempo, en los sectores de Rucaco y Cahuincura (Fig. 4.2.3.5).

**Tabla 4.2.3.7.** Índice de diversidad de Shannon de la macrofauna de invertebrados bentónicos que ocurren en los fondos ritrales del área de estudio durante las estaciones de otoño y primavera del período 2014-2019. Los valores corresponden al promedio de cuatro réplicas (tres para ambos periodos del año 2014) con desviación estándar en paréntesis.

Sitios	diversidad de Shannon (H')			
	otoño 2014	primavera 2014	otoño 2015	primavera 2015
1 (sector Ciruelos)	1,07 (0,04)	1,02 (0,02)	0,96 (0,05)	0,56 (0,12)
2 (sector Rucaco)	0,98 (0,02)	1,07 (0,01)	0,92 (0,07)	0,85 (0,03)
3 (sector Cahuincura)	0,94 (0,08)	0,84 (0,10)	0,95 (0,07)	0,93 (0,02)
4 (sector Calle Calle)	0,72 (0,34)	0,87 (0,12)	0,67 (0,09)	0,58 (0,07)
	otoño 2016	primavera 2016	otoño 2017	primavera 2017
1 (sector Ciruelos)	1,05 (0,05)	0,78 (0,15)	0,56 (0,17)	0,81 (0,03)
2 (sector Rucaco)	0,88 (0,10)	0,77 (0,03)	0,57 (0,06)	0,71 (0,03)
3 (sector Cahuincura)	0,98 (0,10)	0,79 (0,06)	0,59 (0,09)	0,37 (0,10)
4 (sector Calle Calle)	0,82 (0,06)	0,53 (0,05)	0,81 (0,09)	0,50 (0,06)
	otoño 2018	primavera 2018	otoño 2019	primavera 2019
1 (sector Ciruelos)	0,79 (0,09)	0,87 (0,03)	0,48 (0,16)	0,85 (0,09)
2 (sector Rucaco)	0,66 (0,12)	0,78 (0,08)	0,43 (0,13)	0,66 (0,24)
3 (sector Cahuincura)	0,81 (0,11)	0,54 (0,05)	0,85 (0,07)	0,65 (0,09)
4 (sector Calle Calle)	0,44 (0,02)	0,53 (0,07)	0,87 (0,10)	0,75 (0,02)



**Figura 4.2.3.5.** Diversidad promedio de invertebrados bentónicos en los fondos ritrales del área de estudio, durante las estaciones de otoño (O) y primavera (P) del período 2014-2019. Se agrega la línea de tendencias además de  $p$  y  $R^2$ , cuando la correlación entre diversidad y tiempo transcurrido fue significativa ( $p < 0,05$ ).

### Organismos bentónicos de fondos ritrales y carga orgánica en el agua

De acuerdo a los valores establecidos para el Índice de Hilsenhoff (RBP III), se observa que la calidad del ambiente acuático con respecto a la carga orgánica del mismo, ha sido predominantemente “buena” y “muy buena” (Tabla 4.2.3.8). Esto corresponde a aproximadamente el 94% de todas las estimaciones ( $n= 48$  o 4 sitios x 2 veces al año x 6 años = 48). Con menor frecuencia (*circa* 4% del total) se estimaron valores que califican la calidad del agua como “regular” (6,23 y 5,77 en Ciruelos y Calle Calle durante los años 2015 y 2016 (primavera y otoño, respectivamente). Durante el año 2017 se estimó en los fondos de Cahuincura un valor de 6,86 (*circa* 2% del total), lo que califica el agua de este sitio como “algo pobre” según su carga orgánica (Tabla 4.2.3.8). Durante la última campaña realizada el año 2019, los valores del índice biótico de Hilsenhoff fluctuaron entre 3,92 (muy bueno; Ciruelos, primavera) y 5,04 (bueno; Rucaco, otoño) (Tabla 4.2.3.8).

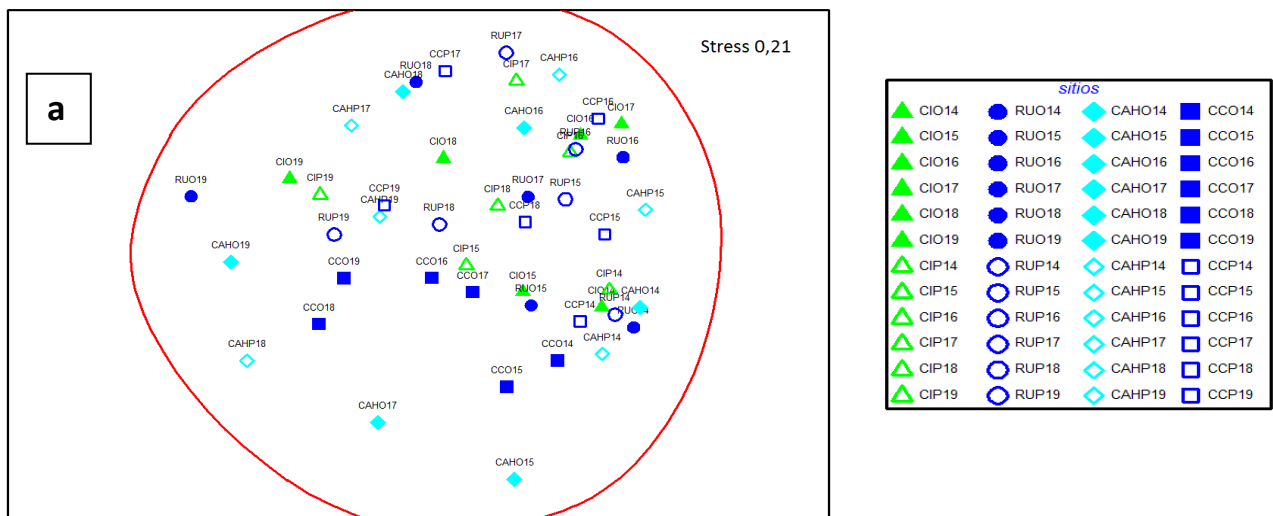
**Tabla 4.2.3.8.** Valores del Índice Biótico de Hilsenhoff para el área de estudio, durante las estaciones de otoño y primavera del período 2014-2019 (Hilsenhoff 1988).

Sitio	RBP III		RBP III		RBP III		RBP III	
	otoño 2014		primavera 2014		otoño 2015		primavera 2015	
1 sector Ciruelos	4,50	Muy bueno	4,30	Muy bueno	4,86	Bueno	6,23	Regular
2 sector Rucaco	4,91	Bueno	4,21	Muy bueno	4,54	Bueno	4,27	Muy bueno
3 sector Cahuincura	5,32	Bueno	4,21	Muy bueno	4,71	Bueno	4,13	Muy bueno
4 sector Calle Calle	4,22	Muy bueno	4,09	Muy bueno	4,56	Bueno	4,06	Muy bueno
	otoño 2016		primavera 2016		otoño 2017		primavera 2017	
1 sector Ciruelos	4,79	Bueno	4,36	Muy bueno	4,72	Bueno	3,62	Muy bueno
2 sector Rucaco	4,62	Bueno	4,23	Muy bueno	5,03	Bueno	3,86	Muy bueno
3 sector Cahuincura	5,14	Bueno	4,07	Muy bueno	6,86	Algo pobre	4,13	Muy bueno
4 sector Calle Calle	5,77	Regular	4,81	Bueno	4,63	Bueno	3,92	Muy bueno
	otoño 2018		primavera 2018		otoño 2019		primavera 2019	
1 sector Ciruelos	4,57	Bueno	4,25	Muy bueno	4,82	Bueno	3,92	Muy bueno
2 sector Rucaco	4,40	Muy bueno	4,57	Bueno	5,04	Bueno	4,51	Bueno
3 sector Cahuincura	4,44	Muy bueno	5,45	Bueno	4,20	Muy bueno	4,49	Muy bueno
4 sector Calle Calle	4,61	Bueno	4,73	Muy bueno	4,32	Muy bueno	4,76	Bueno

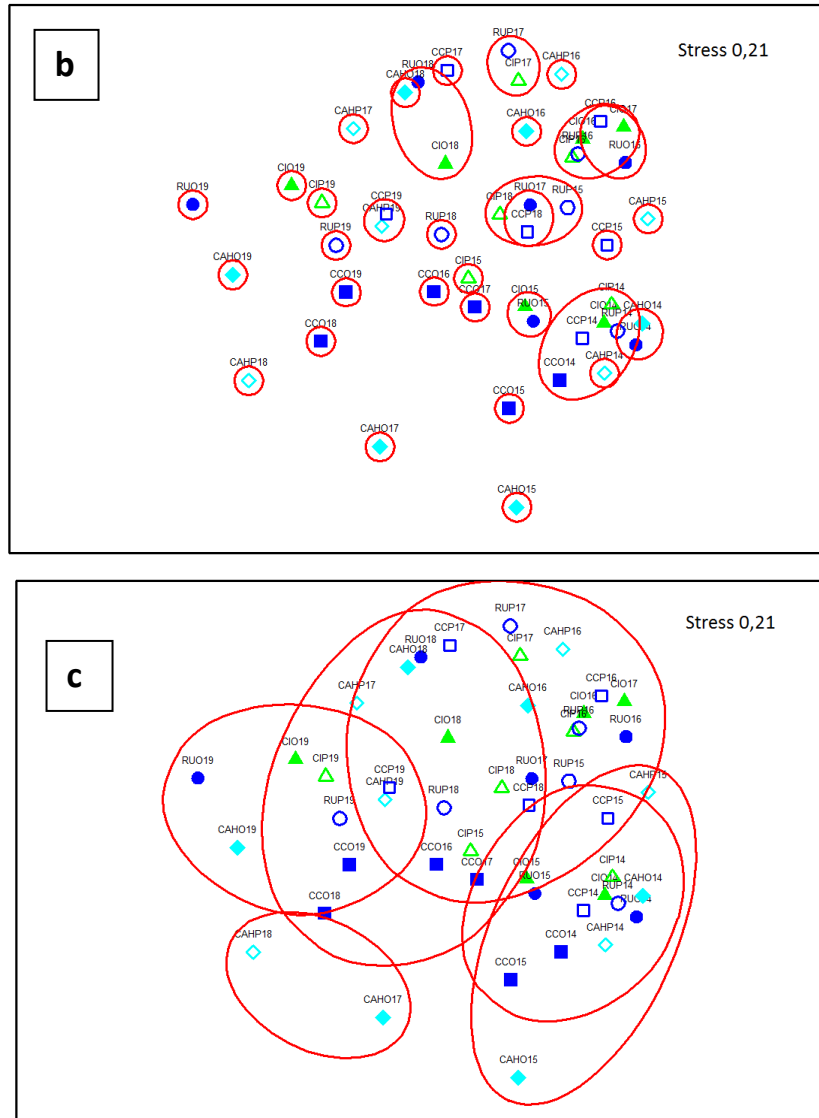
### Análisis de ordenamiento

La representación gráfica de los resultados de los análisis de EMDNM llevados a cabo para evaluar eventuales similitudes taxonómicas entre sitios de muestreo entre los años 2014 y 2019, se presentan en la Figura 4.2.3.6. A un nivel de similitud faunística de 10% (estimación poco exigente), se observa la conformación de un solo conjunto de sitios & fechas (Fig. 4.2.3.6 a). Por el contrario, cuando el modelo se trabaja con 30 y 60% de similitud taxonómica, la representación gráfica del análisis agrupa al total de muestras en conjuntos de sitios & fechas agrupadas y separadas de muestras aisladas (30% de similitud, Fig. 4.2.3.6 b) o en aproximadamente seis conjuntos (60% de similitud, Fig. 4.2.3.6 c). Las agrupaciones generadas con exigencias de similitudes taxonómicas de 30 y 60%, permiten hipotetizar que la delimitación de los conjuntos de muestras en esos análisis, se debe a diferencias taxonómicas tangibles entre tales entidades. Sin embargo, y debido a que el nivel de stress (*i.e.*, grado de disimilitud) para tales análisis es muy alto (0,21), se concluye que la delimitación de tales conjuntos, no es real y no tiene fundamento taxonómico.

Los resultados gráficos desplegados en la Figura 4.2.3.6, muestran también que la delimitación de conjuntos de sitios & fechas, no guarda relación con un eje latitudinal o longitudinal en el área de estudio (Ciruelos-Rucaco y Ciruelos-Rucaco-Calle Calle, respectivamente).







**Figura 4.2.3.6.** Representación gráfica del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (EMDMM) basado en la abundancia de los diferentes taxa, presentes en los fondos pedregosos del área de estudio (2014-2019). a) resultado en base a una similitud de 10%, b) resultado en base a una similitud de 30%, c) resultado en base a una similitud de 60%.

#### 4.2.3.5. Conclusiones

- La frecuencia relativa de especies ocurrida durante la reciente campaña (2019) y las campañas anteriores (2014-2018), da cuenta que la especie que predomina en todos los sitios es el insecto díptero *Eukiufferiella* sp. Esta tendencia se acentúa durante la primavera.
- La variabilidad temporal de la abundancia de la macrofauna de los fondos ritrales, no mostró tendencias inter-anales significativas durante el periodo 2014-2019.
- La riqueza de especies y diversidad de los organismos bentónicos de los fondos ritrales del área de estudio, presentó tendencias significativas a la disminución sostenida en el tiempo en los sectores Rucaco y Rucaco y Cahuincura (respectivamente).
- El índice biótico de Hilsenhoff indica que la calidad del agua con respecto a la carga orgánica del área estudiada es predominantemente “buena” y “muy buena”, tanto en los sectores del HRC, como en el sector Calle Calle ubicado fuera de este.
- El análisis de ordenamiento multidimensional tendiente a evaluar eventuales relaciones taxonómicas entre sitios y estaciones del año, muestra que todas esas entidades de análisis no se separan de modo tácito en el eje de las coordenadas XY. Esto sugiere que en general, la estructura comunitaria de la fauna ritral del área de estudio, ha sido similar durante el período 2014-2019.

#### 4.2.3.6. Referencias

Allan JD, Flecker AS, Segnini S, Taphorn DC, Sokol E, Kling GW (2006) Limnology of Andean piedmont rivers of Venezuela. *Journal of the North American Benthological Society* 25(1):66-81

Aura CM, Raburu PO, Herrmann J (2010) A preliminary macroinvertebrate Index of Biotic Integrity for bioassessment of the Kipkaren and Sosiani Rivers, Nzoia River basin, Kenya. *Lakes & Reservoirs: Research & Management* 15(2):119-128

Barbour MT, Gerritsen J, Snyder BD, Stribling JB (1999) Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers. EPA 841/B-99/002. US Environmental Protection Agency, Office of water, Washington DC

Brower, JE, Zar JH (1977) Field laboratory methods for general ecology. William C. Brown Company Publishers. Dubuque, USA, p 192

Figuerola R, Palma A, Ruiz V, Niell X (2007) Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista Chilena de Historia Natural* 80(2):225-242

Hilsenhoff WL (1988) Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7(1):65-68

Klemm DJ (1990) Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA 600/4-90/030.Xii. US Environmental Protecting Agency, p 256

Kruskal JB (1964) Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika* 29(2):115-129

Mandaville SM (2002) Benthic macroinvertebrate in freshwaters- taxa tolerance values, metrics, and protocols. (Proyect H-1) Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax, Canada

Marqués MJ, Martínez-Conde E, Rovira JV (2001) Los macroinvertebrados como índices de evaluación rápida de ecosistemas acuáticos contaminados por metales pesados. *Ecotoxicology and Environmental Restoration* 4(1):25-31

Medina G (1997) A comparison of the diet and distribution of southern river otter (*Lutra provocax*) and mink (*Mustela vison*) in southern Chile. *Journal of Zoology* 242(2):291-297

Medina G (1998) Seasonal variations and changes in the diet of southern river otter in different freshwater habitats in Chile. *Acta Theriologica* 43:285-292

Plafkin JL, Barbour MT, Porter KD, Gross SK, Hughes RM (1989) Integration of habitat, water quality, and biosurvey data. In: Plafkin JL, Barbour MT, Porter KD, Gross SK, Hughes RM (eds) Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. EPA 440/4-89/001. US Environmental Protection Agency, Assessment and Watershed Protection Division, Washington DC, 80-103 p

#### 4.2.4 FAUNA DE CAMARONES

##### 4.2.4.1. Antecedentes

En las aguas continentales de Chile habitan seis especies de camarones de la familia Parastacidae (Crustacea, Decapoda): *Samastacus spinifrons*, *Parastacus nicoleti*, *Parastacus pugnax*, *Virilastacus araucanius*, *Virilastacus rucapihuelensis* y *Virilastacus retamali*. Con excepción de la primera especie, todos estos camarones son especies endémicas cuya distribución geográfica en conjunto se encuentra entre el río Aconcagua por el norte y la península de Taitao por el sur (Rudolph, 2010). Del conjunto de especies arriba mencionadas, *S. spinifrons* o Camarón de río y *P. nicoleti* o Camarón de vega, han sido mencionadas como crustáceos comunes en el humedal del río Cruces en adelante HRC (<http://www.ceachile.cl/Cruces/Fauna.htm>).

Si bien escasos, hay estudios que muestran que algunas de las especies de camarones anteriormente mencionadas, tienen un rol relevante en la estructura de las tramas tróficas en los cuerpos acuáticos donde ocurren. Por ejemplo, *S. spinifrons* es parte de la dieta de depredadores como peces salmonídeos, anfibios (*Calyptocephalella gayi*, Rana chilena) (Rudolph, 1984), aves acuáticas (*Casmerodius albus*, Garza grande) (Figueroa & Corales, 1997) y Huairavo (*Nycticorax nycticorax*) (Corales & Figueroa, 1999) así como los mamíferos acuáticos (*Lontra provocax*, Huillín; *Neovison vison*, Visón) (Medina, 1997, Franco *et al.*, 2013).

El estudio de Medina (1997) da cuenta de la importancia de los camarones para la dieta de esos depredadores; *i.e.*, el 79 y 48% de las dietas tróficas del Huillín (especie icónica del HRC y sus ríos tributarios) y del Visón (especie invasora) respectivamente, están constituidas por crustáceos, primariamente *Samastacus spinifrons* y *Aegla* sp. Similarmente, Franco *et al.* (2013) encontraron que en 262 muestras de fecas de Huillín recolectadas durante distintas estaciones del año, la aparición de restos de *S. spinifrons* fue del 86% aproximadamente. Aun cuando no existe información sobre los depredadores de

*P. nicoleti*, se puede presumir que los depredadores que consumen *P. pugnax* también lo hacen sobre la primera, ya que ambas especies ocurren en microhábitats similares (*i.e.*, vegas con niveles freáticos de agua cercanos a la superficie del suelo). Dalannais (1984) ha mencionado que las garzas (no se menciona la especie) depredan sobre *P. pugnax*, a la vez que Medina (1997) menciona a esta especie como parte importante de la dieta del Huillín.

Existen características relacionadas a la historia de vida de los parastácidos en general (*i.e.*, crecimiento lento, baja fecundidad, maduración sexual tardía y largos períodos de desarrollo embrionario y post embrionario temprano), que hacen de los camarones de aguas continentales, organismos particularmente sensibles a los cambios o intervenciones en el hábitat que viven (Rudolph, 2002, 2010). Debido a lo mismo y en conjunto con otras características de los mismos, como facilidad de captura y tamaños convenientes para ser manipulados y estudiados, hacen que estos crustáceos puedan ser utilizados como bio-indicadores adecuados para evaluar cambios en el tiempo en la calidad de agua de cuerpos acuáticos continentales (Sharma *et al.*, 2006; Suárez-Serrano *et al.*, 2010). Por ejemplo, se ha encontrado que perturbaciones ambientales de origen antrópico en ríos, pueden provocar alteraciones en el crecimiento, tamaño, capacidad de reproducción y/o sobrevivencia de camarones (Webb, 2011).

Dos son las especies que habitan en el entorno del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC): el Camarón de río (*Samastacus spinifrons*) - en los fondos someros submareales de las riberas - y el Camarón de vega (*Parastacus nicoleti*) - en zonas bajas y pantanosas con variabilidad estacional de su nivel de agua subterránea o freática. Debido entonces al eventual uso de estos camarones como bio-indicadores de cambios ambientales significativos en el entorno del HRC, se analiza en este Capítulo la variabilidad espacial e inter-anual de: i) abundancias de *Samastacus spinifrons* y *Parastacus nicoleti* durante el período 2014-2019, y ii) concentraciones de elementos y compuestos químicos persistentes en tejidos de *S. spinifrons* durante el mismo período.

#### 4.2.4.2. Objetivos

- Analizar la variabilidad espacial e inter-anual de las abundancias de los camarones de río y de vega en el entorno del HRC.
- Analizar la variabilidad espacial e inter-anual de las concentraciones de metales pesados (Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio) en tejidos corporales del Camarón de río.
- Evaluar la variabilidad espacial e inter-anual de las concentraciones de compuestos orgánicos persistentes (Ácidos grasos, Ácidos resínicos, AOX, Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos) en tejidos corporales del Camarón de río.

#### 4.2.4.3. Material y métodos

##### Obtención de las muestras de camarones

##### *Samastacus spinifrons*

Durante los meses de abril & mayo y octubre & noviembre del período comprendido entre los años 2014 y 2019, se realizaron los muestreos destinados a recolectar especímenes de *S. spinifrons* correspondientes a las campañas de otoño y primavera de los Programas de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC (2014 y 2015-2019, respectivamente). Estos muestreos fueron realizados en cinco estaciones: Ciruelos, Rucaco y Punucapa (eje central del río Cruces), río Pichoy (río tributario del HRC) y río Calle Calle (fuera del humedal o estación control) (Fig. 4.2.4.1).

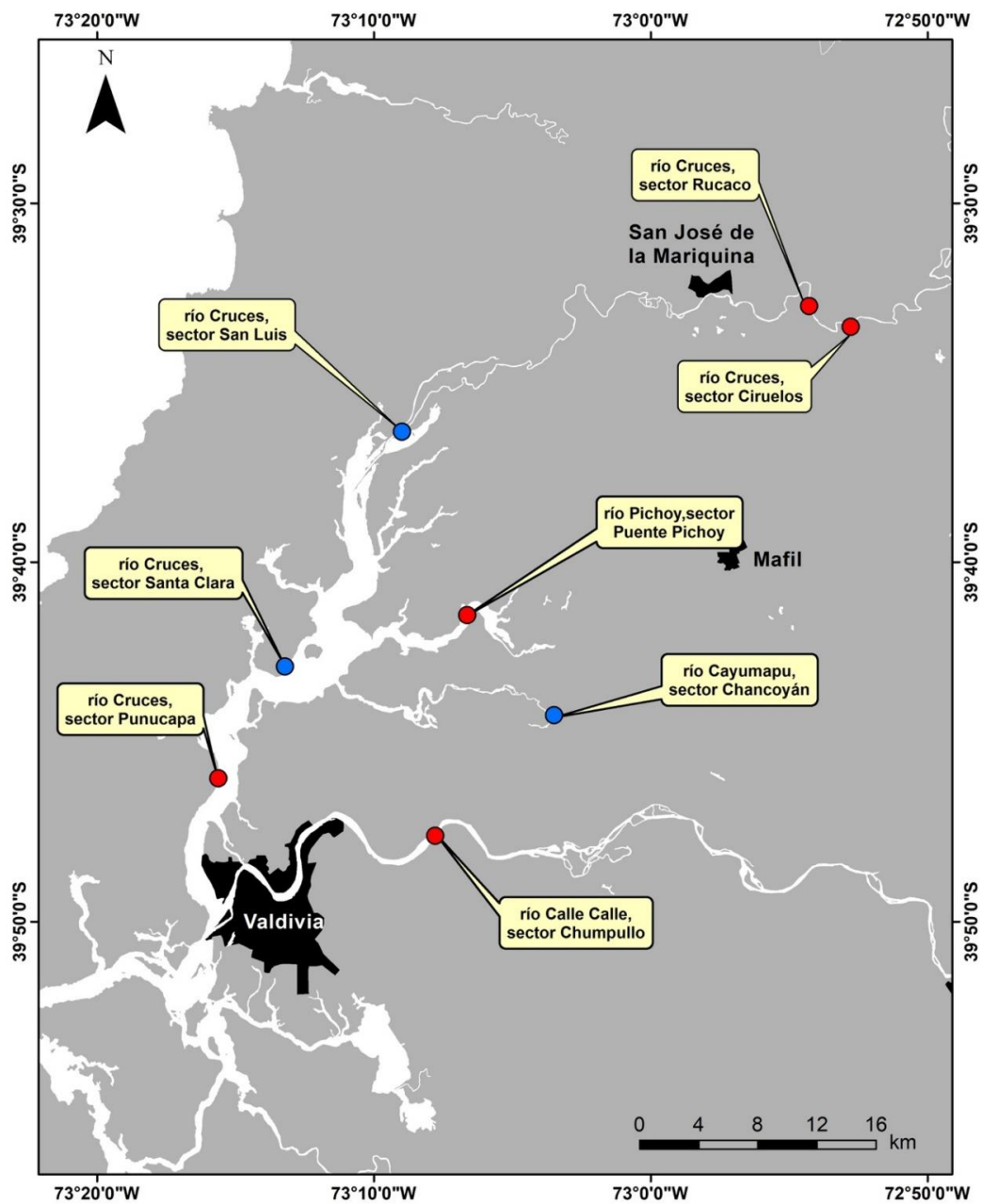
Para la recolección de los camarones de río, se realizaron transectos de muestreo de 15 m de largo en cuatro secciones de las riberas seleccionadas aleatoriamente; el tiempo de trabajo en cada sección fue de 10 minutos aproximadamente y a una profundidad inferior a un metro. La captura de *S. spinifrons* se realizó con un equipo de pesca eléctrica EFKO-Elektrofischfanggeräte GMBH, Typ FEG 1500. Posterior a la captura, los individuos

fueron guardados en bolsas Ziploc y llevados al laboratorio para recuentos. Durante la primavera del año 2018 y el otoño del año 2019, no se pudo utilizar el equipo de pesca eléctrica en Punucapa debido a que los valores de conductividad del agua en esa estación fueron muy altos para su uso.

### ***Parastacus nicoleti***

La captura de *Parastacus nicoleti* se realizó en agosto y septiembre del período 2016-2018 en áreas pantanosas o anegadas de los sectores San Luis, Santa Clara (río Cruces) y Chancoyan (río Cayumapu) (Fig. 4.2.4.1). Con anterioridad a estos muestreos, se habían recolectado camarones de vega en otro sector del HRC (Tralcao, río Pichoy), pero debido a perturbaciones paisajísticas notorias, la recolección de estos organismos fue discontinuada en el mismo.

Para la recolección de los camarones de vega se utilizaron bombas de vacío parcial construidas artesanalmente. Estas consisten de un tubo de PVC de 8 cm de diámetro y 70 cm de largo, en cuyo interior se desliza un embolo accionado manualmente por el extractor, que por medio de succión permite extraer los camarones de terrenos pantanosos donde el nivel de agua subterránea está cerca de la superficie (< 5 cm). Los habitáculos de *P. nicoleti* fueron examinados aleatoriamente, recolectándose todos los especímenes que se encontraban en ellos. Estos fueron guardados en bolsas plásticas Ziploc debidamente rotuladas y transportadas al laboratorio donde se realizaron los análisis correspondientes.



**Figura 4.2.4.1.** Ubicación de las estaciones de muestreo seleccionadas para el monitoreo estacional de los camarones del entorno del HRC. Los camarones de río fueron recolectados durante el período 2014-2019 en las estaciones indicadas con círculos rojos. Los camarones de vega fueron recolectados durante el período 2016-2018 en las estaciones señaladas con círculos azules.



### **Estimaciones de abundancia**

#### ***Samastacus spinifrons***

La abundancia de *S. spinifrons* se estimó en base a capturas por unidad de esfuerzo, lo que correspondió a 10 minutos de trabajo con el sistema de pesca eléctrica anteriormente mencionado. Los valores se expresan en promedio  $\pm$  1 desviación estándar.

#### ***Parastacus nicoleti***

La abundancia relativa de *P. nicoleti* se estimó en base a dos parámetros: i) número de habitáculos ocupados por camarones, en relación al número total de habitáculos examinados durante un tiempo aproximado de 1,5 horas, y ii) abundancia de diferentes estadios del desarrollo por habitáculo ocupado.

### **Análisis de metales pesados y compuestos orgánicos en camarones de río**

Debido a la necesidad de contar con una biomasa adecuada para realizar los análisis químicos, se trabajó con ejemplares completos de camarones. Estos fueron lavados con abundante agua desionizada, para luego sonicar a fin de eliminar los restos de sedimento que pudieran haber quedado adheridos a los camarones. Los especímenes así tratados se secaron por liofilización y pulverizaron. Las muestras así preparadas para análisis de metales pesados (*i.e.*, Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio) se atacaron mediante digestión ácida en microondas y posteriormente se analizaron por Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama. Debido a su baja concentración en esta matriz, el Plomo se analizó por ICP-MS y/o Espectroscopía de Absorción Atómica con horno de grafito.

Las muestras para análisis de AOX se analizaron mediante titulación microcoulombimétrica (Norma Europea EN ISO 9562 y EN 1485, respectivamente), luego de la adsorción de los compuestos halogenados en carbón activado y extracción con un solvente, respectivamente.

Las muestras para análisis de Dioxinas y Furanos recolectadas durante los años 2014 y 2015, fueron analizadas en los laboratorios Marschwood Scientific Service (Inglaterra) y LOQ (Universidad de Concepción), mediante Cromatografía Gaseosa de Alta Resolución-Espectrometría de Masa de Alta Resolución (HRGC-HRMS), de acuerdo al método EPA 1613. Las muestras de los años 2016 a 2019 fueron analizadas en el Laboratorio de Oceanografía Química (LOQ) siguiendo el mismo método EPA 1613.

Se realizaron dos tipos de análisis comparativos en relación a la concentración de elementos y compuestos químicos persistentes en camarones de río: i) comparación de datos recolectados durante las campañas otoñales del período 2014-2019 en Ciruelos, Rucaco (eje central del río Cruces) y Calle Calle (fuera del HRC) (Fig. 4.2.4.1), y ii) comparación de datos recolectados durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017 en Ciruelos, Rucaco, Punucapa (eje central del río Cruces), Pichoy (río tributario del HRC) y Calle Calle (fuera del HRC) (Fig. 4.2.4.1). Los análisis comparativos se realizaron mediante uso de ANDEVA Factorial de dos factores (Año y Estaciones).

#### **4.2.4.4. Resultados**

##### **Abundancia estacional de *Samastacus spinifrons***

La Tabla 4.2.4.1 y Figura 4.2.4.2, muestran las abundancias del Camarón de río en el área de estudio durante el período 2014-2019. En términos generales (n=12 muestreos), las abundancias promedio más altas se estimaron para las estaciones Punucapa y Calle Calle: 4,8 y 5,6 individuos, respectivamente. A su vez, las abundancias más bajas se estimaron para Ciruelos y Rucaco: 2,5 y 1,4 individuos, respectivamente.

Durante las campañas otoñales, las abundancias más altas se registraron en Rucaco y Calle Calle: promedios de 10,7 y 13,0 individuos durante los años 2014 y 2016, respectivamente. A su vez, los valores más bajos de abundancia (descontando los valores

cero) se detectaron en Rucaco y Pichoy: 0,8 y 0,5 individuos durante los años 2017 y 2019, respectivamente (Tabla 4.2.4.1 y Fig. 4.2.4.2).

Durante las campañas primaverales, las abundancias más altas se registraron en Punucapa y Calle Calle: promedios de 9,0 y 10,0 individuos durante los años 2014 y 2017. Por otra parte, las abundancias más bajas (descontando los valores cero) se detectaron en Rucaco y Pichoy: promedios de 0,5 y 0,3 individuos durante los años 2015 & 2019 y 2017, respectivamente (Tabla 4.2.4.1 y Fig. 4.2.4.2).

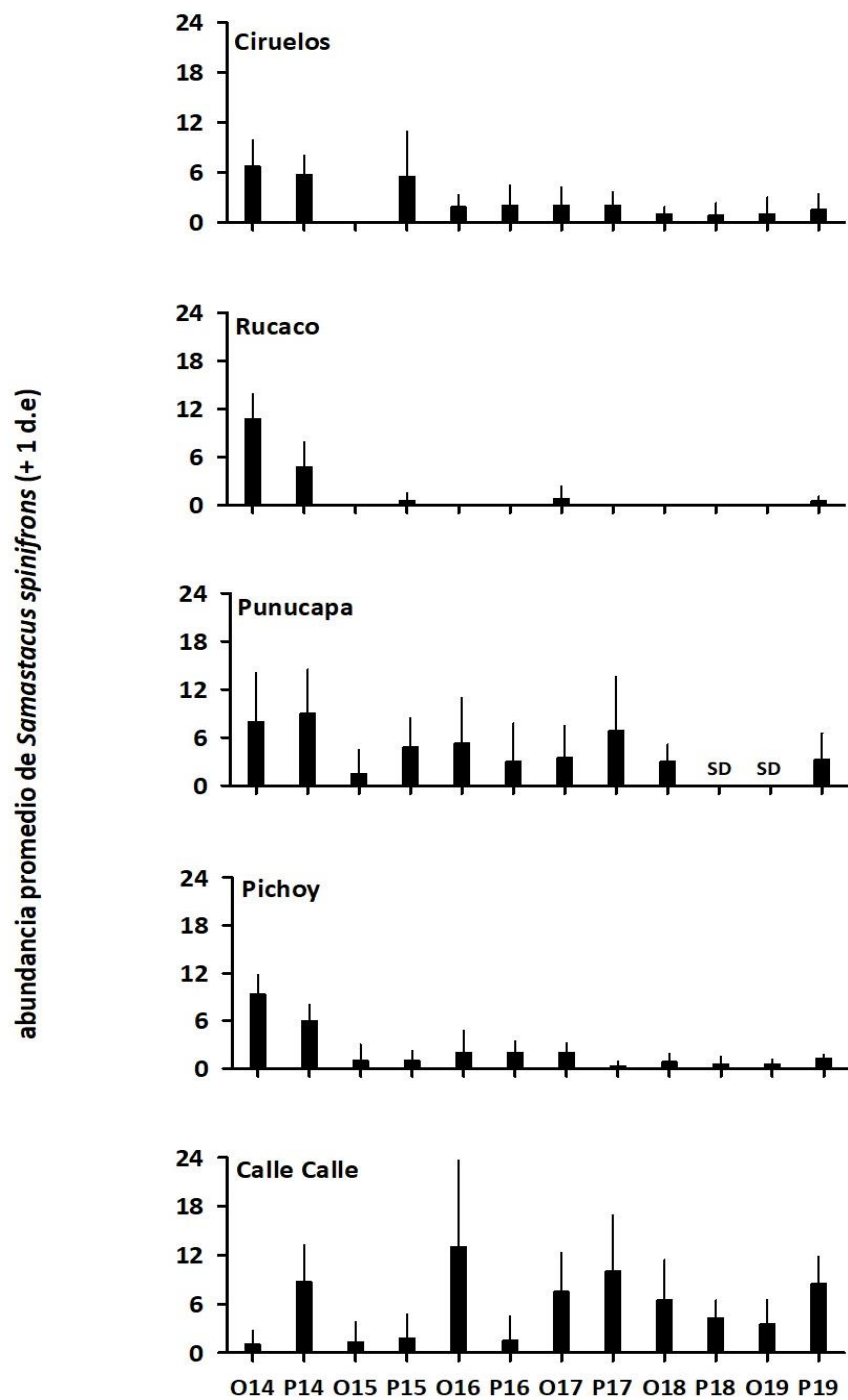
Los datos de abundancia de camarones *versus* tiempo, indican una disminución significativa de las abundancias de *S. spinifrons* en Ciruelos ( $p=0,018$ ), Rucaco ( $p=0,034$ ) y Pichoy ( $p=0,013$ ) (Fig. 4.2.4.3).

**Tabla 4.2.4.1.** Número de individuos de *Samastacus spinifrons* recolectados durante las campañas de otoño y primavera de los años 2014-2019. Se muestran valores promedio por estación con desviación estándar en paréntesis. Durante el año 2014 se realizaron sólo tres transectos de muestreo\*. SD= sin datos (Ver Materiales y Métodos).

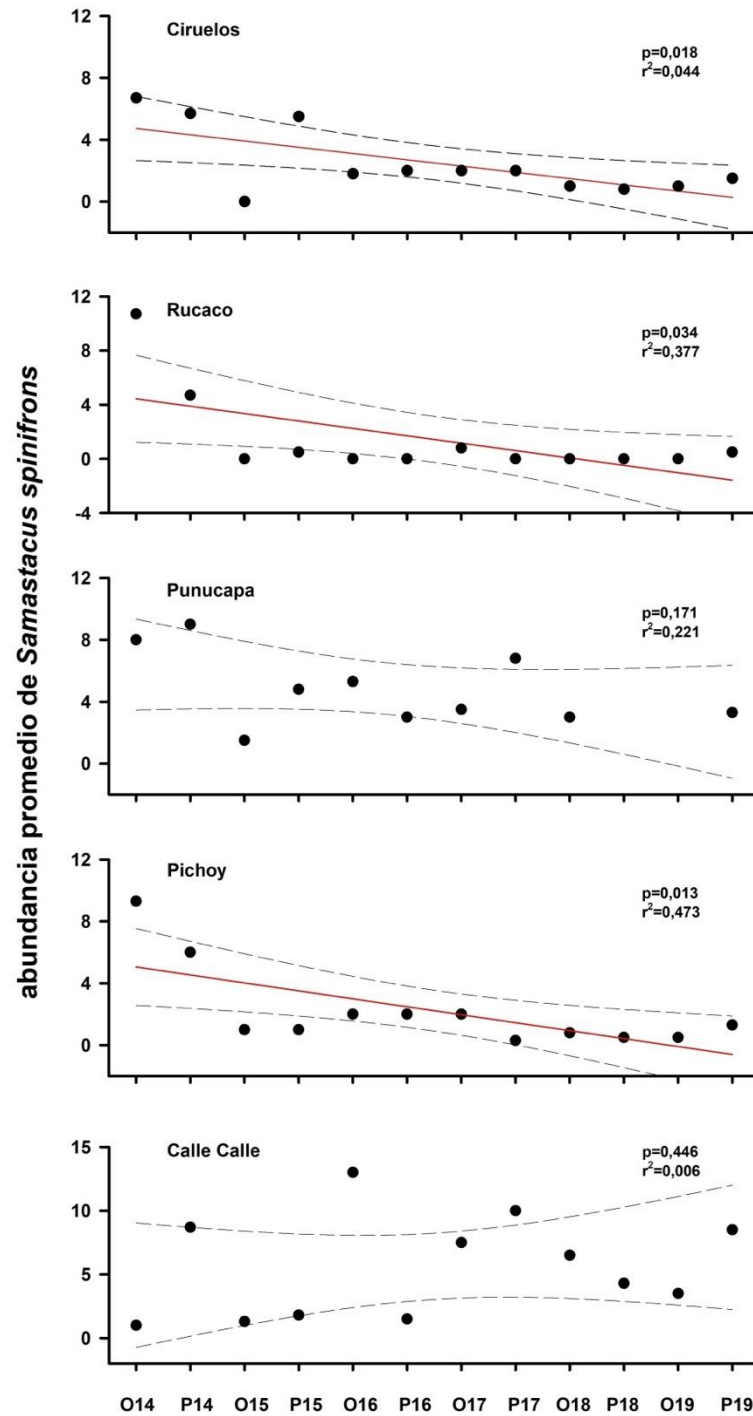
estaciones	campaña	abundancia				promedio	
		1	2	3	4		
Eje central río Cruces (área límnic) sector Ciruelos	otoño 2014	6	10	4	*	6,7 (3,1)	
	primavera 2014	7	3	7	*	5,7 (2,3)	
	otoño 2015	0	0	0	0	0,0 (0,0)	
	primavera 2015	4	0	5	13	5,5 (5,4)	
	otoño 2016	1	1	4	1	1,8 (1,5)	
	primavera 2016	5	0	3	0	2,0 (2,4)	
	otoño 2017	5	0	1	2	2,0 (2,2)	
	primavera 2017	0	4	2	2	2,0 (1,6)	
	otoño 2018	1	1	2	0	1,0 (0,8)	
	primavera 2018	3	0	0	0	0,8 (1,5)	
	otoño 2019	0	0	4	0	1,0 (2,0)	
	primavera 2019	4	2	0	0	1,5 (1,9)	
	sector Rucaco	otoño 2014	14	8	10	*	10,7 (3,1)
		primavera 2014	2	8	4	*	4,7 (3,1)
otoño 2015		0	0	0	0	0,0 (0,0)	
primavera 2015		0	0	0	2	0,5 (1,0)	
otoño 2016		0	0	0	0	0,0 (0,0)	
primavera 2016		0	0	0	0	0,0 (0,0)	
otoño 2017		0	0	0	3	0,8 (1,5)	
primavera 2017		0	0	0	0	0,0 (0,0)	
otoño 2018		0	0	0	0	0,0 (0,0)	
primavera 2018		0	0	0	0	0,0 (0,0)	
otoño 2019	0	0	0	0	0,0 (0,0)		
primavera 2019	1	0	0	1	0,5 (0,6)		

Continuación **Tabla 4.2.4.1**

estaciones	campañas	abundancia				promedio
		1	2	3	4	
<b>Eje central río Cruces</b> <b>(área estuarial)</b> sector Punucapa	otoño 2014	12	11	1	*	8,0 (6,1)
	primavera 2014	12	3	12	*	9,0 (5,5)
	otoño 2015	0	6	0	0	1,5 (3,0)
	primavera 2015	0	4	8	7	4,8 (3,6)
	otoño 2016	0	8	1	12	5,3 (5,7)
	primavera 2016	0	0	2	10	3,0 (4,8)
	otoño 2017	1	0	4	9	3,5 (4,0)
	primavera 2017	2	0	14	11	6,8 (6,8)
	otoño 2018	5	0	4	3	3,0 (2,2)
	primavera 2018	SD	SD	SD	SD	SD
	otoño 2019	SD	SD	SD	SD	SD
	primavera 2019	5	0	1	7	3,3 (3,3)
<b>Río tributario del río Cruces</b> <b>(área estuarial)</b> sector río Pichoy	otoño 2014	9	12	7	*	9,3 (2,5)
	primavera 2014	4	8	6	*	6,0 (2,0)
	otoño 2015	0	0	0	4	1,0 (2,0)
	primavera 2015	2	2	0	0	1,0 (1,2)
	otoño 2016	1	1	0	6	2,0 (2,7)
	primavera 2016	0	3	3	2	2,0 (1,4)
	otoño 2017	3	1	3	1	2,0 (1,2)
	primavera 2017	0	0	0	1	0,3 (0,5)
	otoño 2018	0	0	2	1	0,8 (1,0)
	primavera 2018	2	0	0	0	0,5 (1,0)
	otoño 2019	0	1	0	1	0,5 (0,6)
	primavera 2019	1	2	1	1	1,3 (0,5)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos Tributarios</b> <b>(área estuarial)</b> río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	0	0	3	*	1,0 (1,7)
	primavera 2014	9	13	4	*	8,7 (4,5)
	otoño 2015	0	0	5	0	1,3 (2,5)
	primavera 2015	0	1	0	6	1,8 (2,9)
	otoño 2016	6	2	23	21	13,0 (10,6)
	primavera 2016	0	0	0	6	1,5 (3,0)
	otoño 2017	5	2	11	12	7,5 (4,8)
	primavera 2017	9	5	20	6	10,0 (6,9)
	otoño 2018	0	7	7	12	6,5 (4,9)
	primavera 2018	7	5	2	3	4,3 (2,2)
	otoño 2019	1	5	7	1	3,5 (3,0)
	primavera 2019	13	9	6	6	8,5 (3,3)



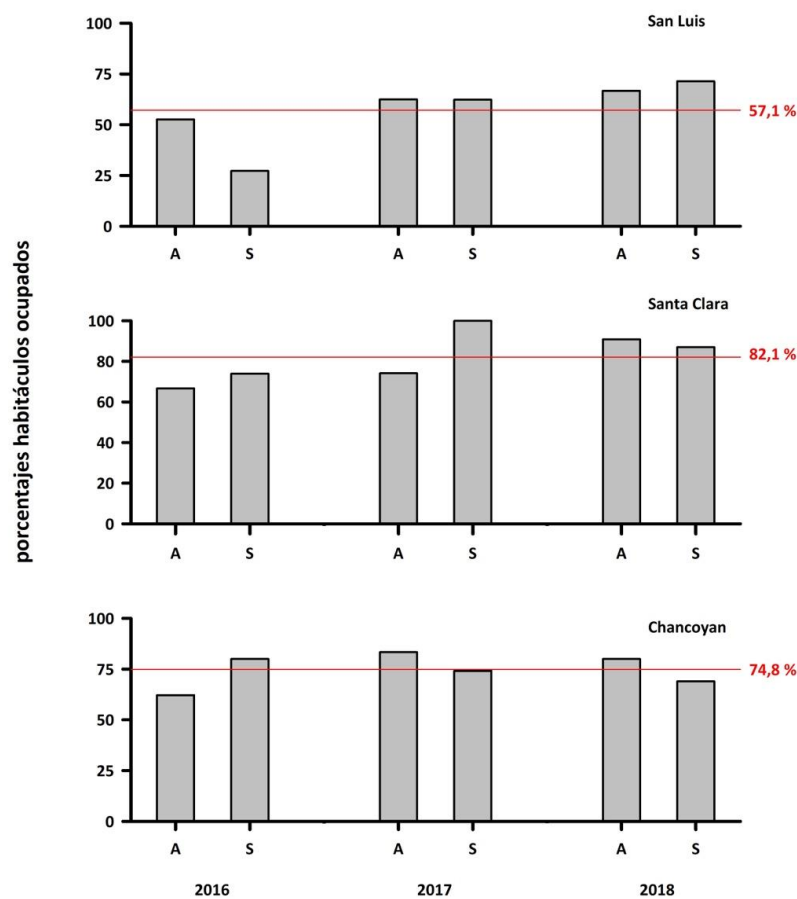
**Figura 4.2.4.2.** Abundancia promedio de *Samastacus spinifrons* durante las campañas de otoño (O) y primavera (P) de los años 2014-2019. Los valores son promedios más 1 desviación estándar. SD= sin datos.



**Figura 4.2.4.3.** Abundancia promedio de *Samastacus spinifrons* durante las campañas de otoño (O) y primavera (P) de los años 2014-2019. Las líneas rojas corresponden a la ecuación de la recta resultante de análisis de regresión con significancia estadística, a la vez que las líneas segmentadas corresponden a los intervalos de confianza del 95%.

### Abundancia relativa de *Parastacus nicoleti*

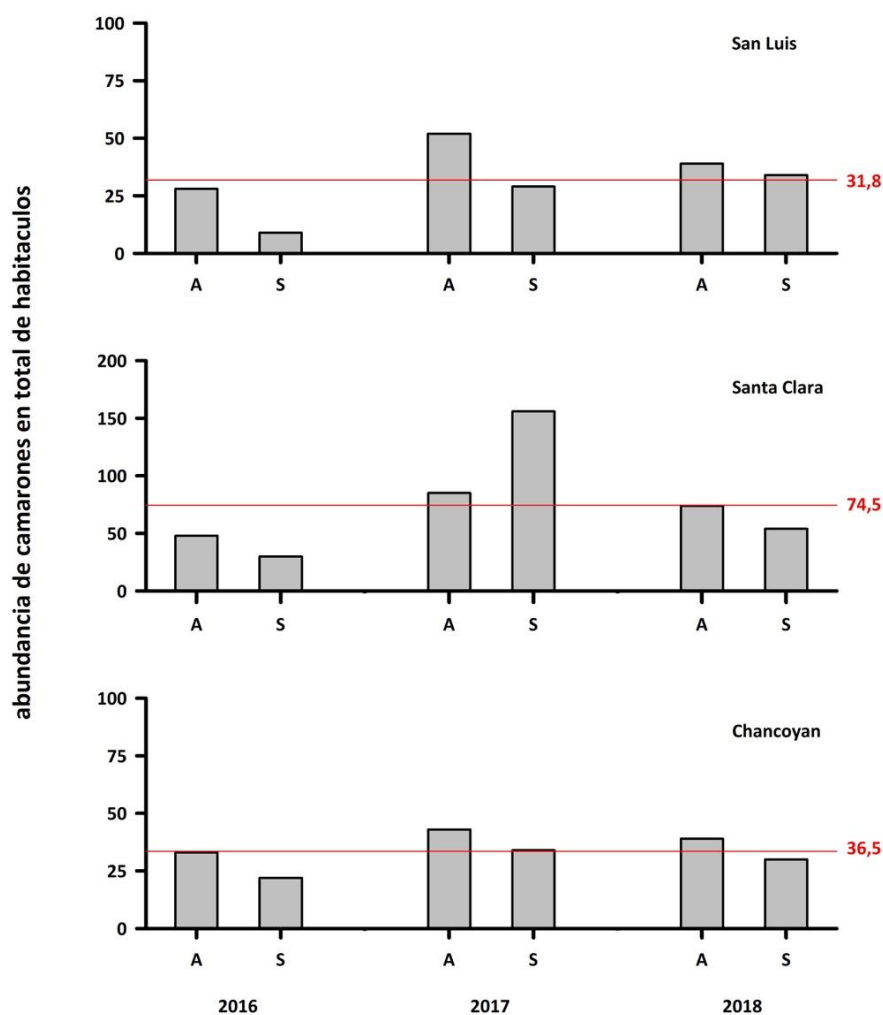
La Figura 4.2.4.4. muestra la variabilidad temporal en las abundancias relativas del Camarón de vega, estimada en base al número de habitáculos ocupados en relación al número total de habitáculos examinados y expresados en porcentaje. Las abundancias relativas más altas se detectaron en Santa Clara, con porcentajes de ocupación que variaron aproximadamente entre 67 y 100 % (promedio general = 82 %). Tales rangos de ocupación (*i.e.* abundancias relativas), fueron seguidos por los estimados para Chancoyán (*ca.* 62 - 83 %) y San Luis (*ca.* 27 y 71 %) (promedios generales de abundancias = 75 y 57 %).



**Figura 4.2.4.4.** Abundancia relativa de *Parastacus nicoleti* en San Luis, Santa Clara (río Cruces) y Chancoyán (río Cayumapu). Los valores se refieren al número de habitáculos ocupados en relación al número total de habitáculos examinados y expresados en porcentajes. Las líneas rojas y los valores al costado derecho de las mismas corresponden al promedio total de esas abundancias obtenidas durante agosto (A) y septiembre (S) de los años 2016 al 2018.



El número de camarones encontrados en el total de habitáculos ocupados fue otra aproximación para evaluar la abundancia del Camarón de vega en el área de estudio (Fig. 4.2.4.5). De nuevo, Santa Clara fue el sector con mayor abundancia de camarones (30 a 156; promedio general = 75 animales), a la vez que Chancoyán y San Luis mostraron abundancias similares (22 a 43 y 9 a 52 camarones; promedios generales cercanos a 34 y 32 animales, respectivamente) (Fig. 4.2.4.5).



**Figura 4.2.4.5.** Abundancia relativa de *Parastacus nicoleti* en San Luis, Santa Clara (río Cruces) y Chancoyán (río Cayumapu). Los valores se refieren al número de camarones recolectado en el total de habitáculos ocupados. Las líneas rojas y los valores al costado derecho de las mismas corresponden al promedio total de esas abundancias obtenidas durante agosto (A) y septiembre (S) de los años 2016 al 2018.

## **Elementos y compuestos químicos en *Samastacus spinifrons***

### **Metales pesados**

#### **Comparaciones en base a muestreos otoñales del período 2014-2019 en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle**

Las Tablas 4.2.4.2 a 4.2.4.4 y la Figura 4.2.4.6, muestran las concentraciones de metales pesados en ejemplares completos de *S. spinifrons* recolectados en las estaciones Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, durante el período 2014-2019.

Durante todas las campañas, los metales pesados más comunes (*i.e.*, mayores concentraciones) en los tejidos analizados fueron Hierro, Aluminio y Manganeso, respectivamente (Tabla 4.2.4.2 y Fig. 4.2.4.6). Estos metales fueron seguidos por Cobre, Zinc, Plomo (Tabla 4.2.4.3 y Fig. 4.2.2.6) y Mercurio (Tabla 4.2.4.4 y Fig. 4.2.4.6). En la mayoría de las muestras analizadas, las concentraciones de Cadmio estuvieron bajo el límite de detección del método utilizado, a la vez que no se detectó Arsénico en esos tejidos (Tabla 4.2.4.4 y Fig. 4.2.4.6).

**Tabla 4.2.4.2.** Concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeseo en tejidos de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

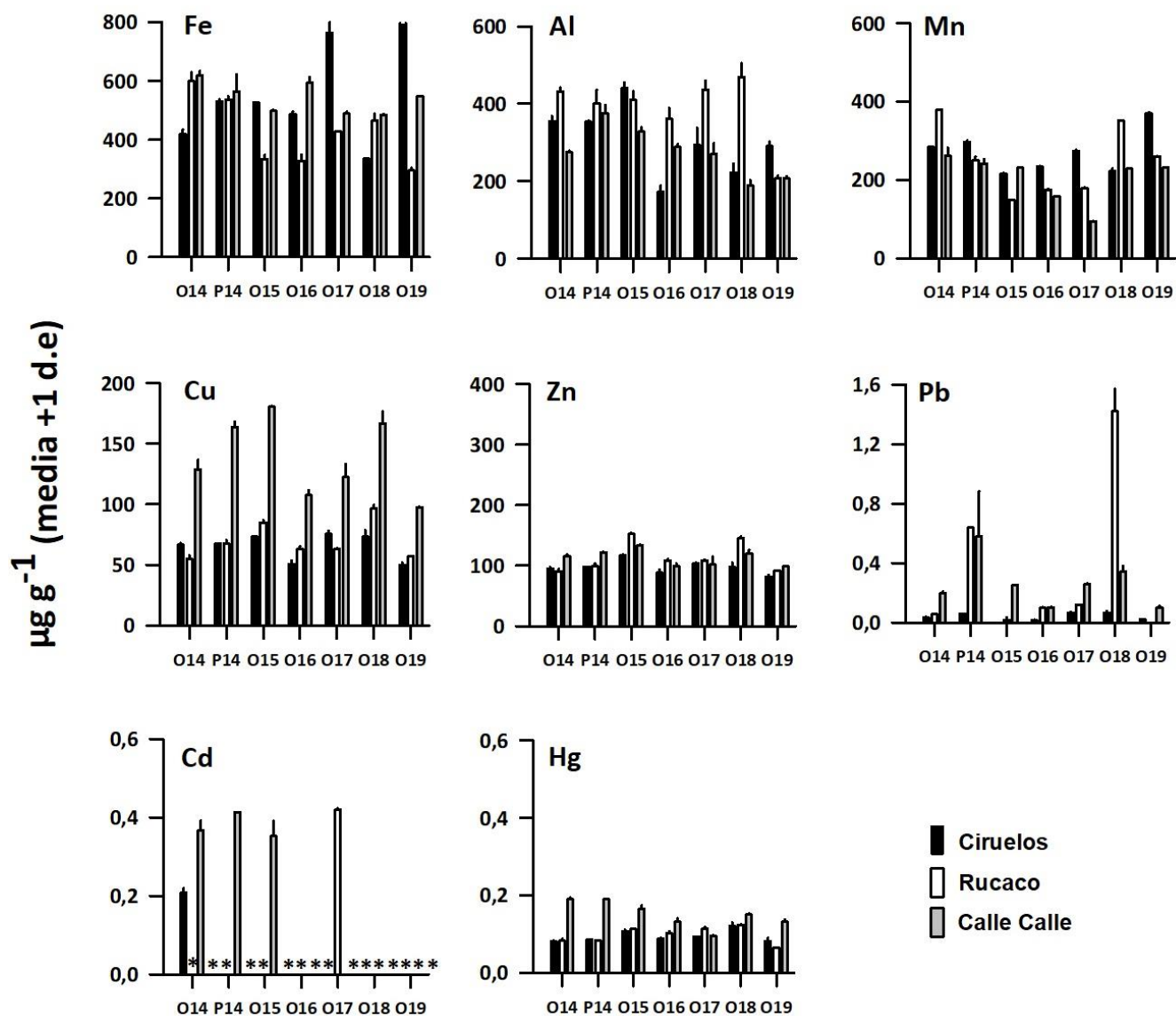
estaciones	campana	Hierro ( $\mu\text{g/g}$ )	Aluminio ( $\mu\text{g/g}$ )	Manganeseo ( $\mu\text{g/g}$ )
<b>Eje central río Cruces (área límnic)</b> sector Ciruelos	otoño 2014	418,6 (14,9)	354,3 (13,9)	283,5 (0,4)
	otoño 2015	526,3 (0,7)	441,1 (14,4)	214,5 (4,0)
	otoño 2016	485,4 (11,0)	172,2 (16,9)	234,0 (1,9)
	otoño 2017	764,0 (42,0)	293,1 (44,2)	273,4 (3,5)
	otoño 2018	334,6 (1,6)	222,4 (23,3)	222,4 (7,5)
	otoño 2019	1107,2 (38,2)	291,2 (10,8)	370,2 (3,0)
sector Rucaco	otoño 2014	599,4 (30,6)	431,6 (10,5)	378,5 (0,1)
	otoño 2015	334,0 (13,9)	410,6 (21,6)	148,9 (0,5)
	otoño 2016	327,0 (22,6)	361,1 (28,3)	174,2 (2,5)
	otoño 2017	426,8 (0,8)	437,1 (22,4)	179,5 (2,2)
	otoño 2018	465,1 (23,0)	468,9 (36,0)	351,0 (0,9)
	otoño 2019	294,8 (9,7)	208,0 (5,7)	260,2 (0,2)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b> río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	619,1 (15,4)	275,5 (3,1)	261,1 (20,9)
	otoño 2015	497,6 (3,9)	328,2 (11,5)	230,7 (1,5)
	otoño 2016	593,3 (20,3)	288,0 (7,8)	158,5 (0,4)
	otoño 2017	488,0 (7,9)	270,3 (28,5)	94,3 (0,7)
	otoño 2018	483,9 (3,6)	188,8 (14,5)	228,5 (0,2)
	otoño 2019	547,5 (0,3)	207,4 (5,5)	231,0 (1,7)

**Tabla 4.2.4.3.** Concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo en tejidos de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, i.e., bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	campana	Cobre ( $\mu\text{g/g}$ )	Zinc ( $\mu\text{g/g}$ )	Plomo ( $\mu\text{g/g}$ )	
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>	otoño 2014	66,5 (1,5)	95,3 (2,0)	0,03 (0,0)	
	otoño 2015	73,2 (0,4)	116,4 (1,6)	*	
	sector Ciruelos	otoño 2016	50,6 (2,9)	88,3 (5,0)	0,02 (0,0)
		otoño 2017	75,5 (2,7)	103,3 (1,3)	0,07 (0,0)
		otoño 2018	73,2 (5,7)	97,2 (8,2)	0,07 (0,0)
		otoño 2019	49,9 (1,8)	81,6 (3,0)	0,02 (0,0)
sector Rucaco	otoño 2014	54,8 (2,7)	90,9 (3,5)	0,06 (0,0)	
	otoño 2015	85,0 (1,8)	152,2 (1,9)	0,03	
	otoño 2016	62,7 (2,7)	108,4 (2,6)	0,10 (0,0)	
	otoño 2017	63,1 (0,4)	108,7 (1,5)	0,12 (0,0)	
	otoño 2018	96,7 (3,0)	145,3 (2,8)	1,42 (0,15)	
	otoño 2019	57,1 (0,3)	91,9 (0,4)	*	
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>	otoño 2014	128,8 (7,9)	115,0 (3,3)	0,20 (0,0)	
	otoño 2015	180,5 (0,9)	133,1 (1,5)	0,25 (0,0)	
	otoño 2016	107,6 (4,1)	99,5 (3,5)	0,10 (0,0)	
	río Calle Calle, sector	otoño 2017	122,4 (10,6)	101,9 (13,1)	0,26 (0,0)
	Chumpullo	otoño 2018	166,7 (10,1)	119,8 (5,9)	0,34 (0,0)
	otoño 2019	97,6 (0,4)	98,4 (0,5)	0,10 (0,0)	

**Tabla 4.2.4.4.** Concentraciones de Cadmio, Arsénico y Mercurio en tejidos de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, i.e., bajo el límite de detección del método utilizado.

<b>Estaciones</b>	<b>campañas</b>	<b>Cadmio (µg/g)</b>	<b>Arsénico (µg/g)</b>	<b>Mercurio (µg/g)</b>
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b> sector Ciruelos	otoño 2014	0,208 (0,0)	*	0,080 (0,0)
	otoño 2015	*	*	0,107 (0,0)
	otoño 2016	*	*	0,088 (0,0)
	otoño 2017	*	*	0,093 (0,0)
	otoño 2018	*	*	0,120 (0,0)
	otoño 2019	*	*	0,082 (0,0)
sector Rucaco	otoño 2014	*	*	0,083 (0,0)
	otoño 2015	*	*	0,113 (0,0)
	otoño 2016	*	*	0,102 (0,0)
	otoño 2017	0,420 (0,0)	*	0,113 (0,0)
	otoño 2018	*	*	0,124 (0,0)
	otoño 2019	*	*	0,064 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b> río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	0,367 (0,0)	*	0,190 (0,0)
	otoño 2015	0,353 (0,0)	*	0,165 (0,0)
	otoño 2016	*	*	0,132 (0,0)
	otoño 2017	*	*	0,096 (0,0)
	otoño 2018	*	*	0,150 (0,0)
	otoño 2019	*	*	0,131 (0,0)



**Figura 4.2.4.6.** Concentración de metales pesados en especímenes de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, durante el período 2014-2019. Los valores son promedios más desviación estándar. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

### **Análisis estadísticos**

Los resultados de los análisis de ANDEVA factorial y test a posteriori de Tukey, llevados a cabo para evaluar el efecto de los factores Año y Estación, en las concentraciones de metales pesados presentes en los tejidos de *Samastacus spinifrons*, se muestran en la Tabla 4.2.4.5. No se incluyó al Cadmio ni al Arsénico en este análisis, por no ser detectado en muchas muestras el primero y por no ser detectado en ninguna prueba, el segundo.

En términos generales, aun cuando se detectaron diferencias inter-anales significativas, no se encontraron tendencias definidas de variación al comparar años de muestreo (Tabla 4.2.4.5).

Cosa similar es la observada con la variabilidad espacial de estos metales: el Hierro y Manganeso tuvieron concentraciones significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en los camarones de Ciruelos, Aluminio y Plomo en los de Rucaco, Cobre y Mercurio en aquellos del Calle Calle y Zinc en los de Rucaco y Calle Calle (Tabla 4.2.4.5).

**Tabla 4.2.4.5.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de metales pesados registrados en ejemplares completos de *Samastacus spinifrons*. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Fe (*) (***)	Año (A)	5	0,085	0,017	78,195	<0,001	2019=2017=2014>2016=2015>2018
	Estación (E)	2	0,161	0,080	367,326	<0,001	Ci > CC > Ru
	A × S	10	0,423	0,042	193,421	<0,001	
	Error	18	0,001	0,001			
	Total	35	0,672	0,019			
Al (*) (**)	Año (A)	5	0,219	0,044	48,340	<0,001	2015=2014=2017>2018=2016>2019
	Estación (E)	2	0,177	0,089	98,033	<0,001	Ru > Ci > CC
	A × S	10	0,245	0,025	27,076	<0,001	
	Error	18	0,016	0,001			
	Total	35	0,657	0,019			
Mn (*) (***)	Año (A)	5	0,349	0,070	760,652	<0,001	2014>2019>2018>2015>2016>2017
	Estación (E)	2	0,118	0,059	640,676	<0,001	Ci > Ru > CC
	A × S	10	0,296	0,030	321,986	<0,001	
	Error	18	0,002	0,001			
	Total	35	0,764	0,022			
Cu (*) (**)	Año (A)	5	0,227	0,045	124,353	<0,001	2018=2015>2017=2014>2016=2019
	Estación (E)	2	0,706	0,353	966,721	<0,001	CC > Ru > Ci
	A × S	10	0,051	0,006	13,889	<0,001	
	Error	18	0,001	0,001			
	Total	35	0,991	0,028			
Zn (*) (***)	Año (A)	5	0,113	0,023	59,422	<0,001	2015>2018>2017=2014=2016>2019
	Estación (E)	2	0,036	0,018	46,834	<0,001	Ru = CC > Ci
	A × S	10	0,036	0,004	9,441	<0,001	
	Error	18	0,007	0,003			
	Total	35	0,192	0,005			
Pb (*) (***)	Año (A)	5	1,382	0,276	197,323	<0,001	2018>2017=2014=2015=2016=2019
	Estación (E)	2	0,399	0,199	142,217	<0,001	Ru > CC > Ci
	A × S	10	1,912	0,181	129,341	<0,001	
	Error	18	0,025	0,001			
	Total	35	3,618	0,103			



**Continuación Tabla 4.2.4.5**

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Hg (*)(**)	Año (A)	5	0,118	0,024	57,418	<0,001	2018=2015>2014=2016=2017>2019
	Estación (E)	2	0,224	0,112	273,357	<0,001	CC > Ci = Ru
	A × S	10	0,145	0,015	35,503	<0,001	
	Error	18	0,007	0,001			
	Total	35	0,494	0,014			

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$  o raíz cuadrada (\*\*)= Cumple al menos un supuesto de ANDEVA; (\*\*\*) No cumple supuestos de ANDEVA.

#### **Comparaciones en base a muestreos otoñales de los años 2014 y 2017 en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle**

Las Tablas 4.2.4.6 a 4.2.4.8 y Figura 4.2.4.7 muestran las concentraciones de metales pesados en ejemplares completos de *S. spinifrons* recolectados en las estaciones de Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 (Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC) y 2017 (3º Año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC).

Durante ambas campañas, los metales pesados más representados (*i.e.*, mayores concentraciones) en los tejidos analizados fueron Hierro, Aluminio y Manganeso (Tabla 4.2.4.6), seguidos del Cobre, Zinc, Plomo (Tabla 4.2.4.7) y Mercurio (Tabla 4.2.4.8) (Fig. 4.2.4.7). En varias de las muestras analizadas, las concentraciones de Cadmio estuvieron bajo el límite de detección del método utilizado, a la vez que no se detectó Arsénico en esos tejidos (Tabla 4.2.4.8).

**Tabla 4.2.4.6.** Concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeseo en tejidos de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

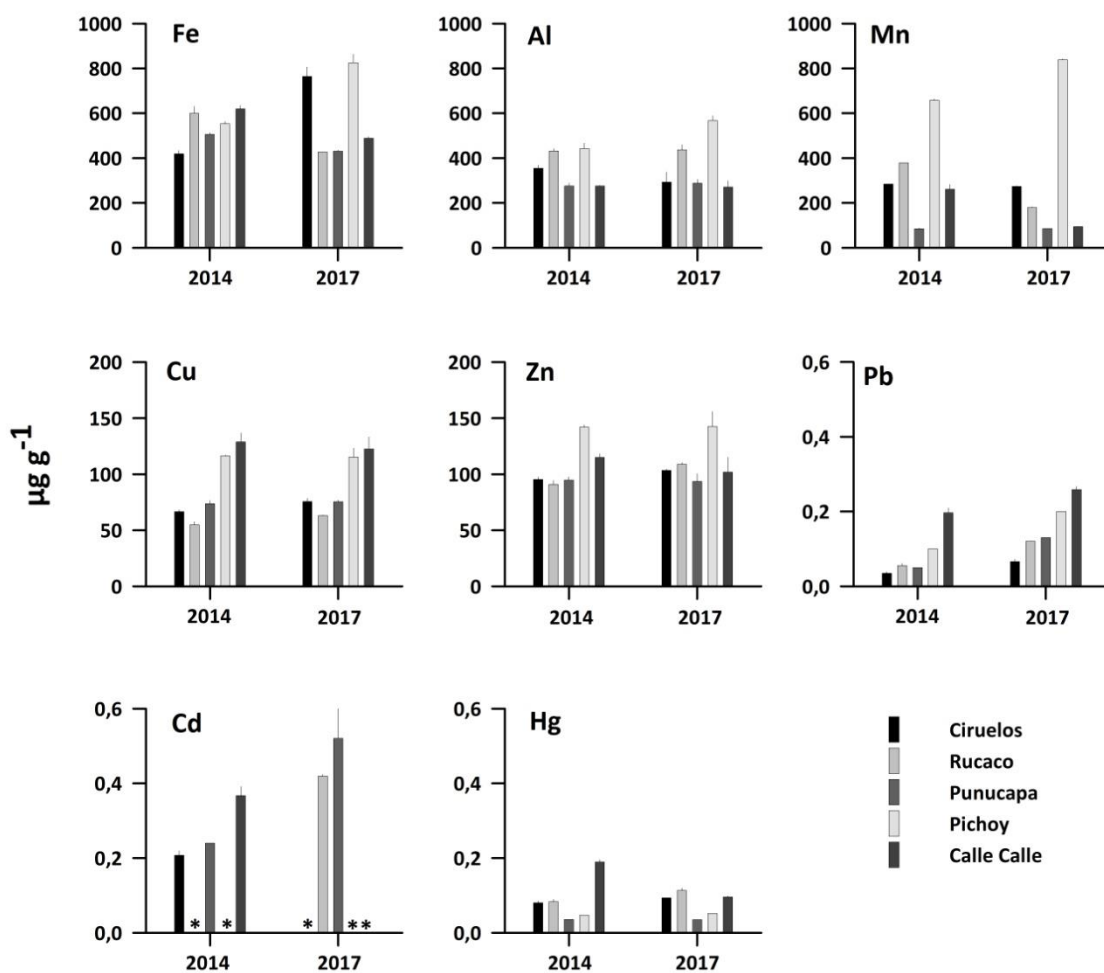
estaciones	campañas	Hierro ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Aluminio ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Manganeseo ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
<b>Eje central río Cruces (sector límnic)</b>				
sector Ciruelos	otoño 2014	418,6 (14,9)	354,3 (13,9)	283,5 (0,4)
	otoño 2017	764,0 (42,0)	293,1 (44,2)	273,4 (3,5)
sector Rucaco	otoño 2014	599,4 (30,6)	431,6 (10,5)	378,5 (0,1)
	otoño 2017	426,8 (0,8)	437,1 (22,4)	179,5 (2,2)
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>				
sector Punucapa	otoño 2014	505,9 (6,4)	275,1 (12,9)	84,7 (2,5)
	otoño 2017	430,9 (4,0)	287,8 (18,2)	85,4 (0,4)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>				
sector río Pichoy	otoño 2014	553,4 (9,7)	442,2 (23,9)	657,9 (5,9)
	otoño 2017	824,5 (37,7)	567,4 (21,0)	838,4 (4,5)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>				
río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	619,1 (15,4)	275,5 (3,1)	261,1 (20,9)
	otoño 2017	488,0 (7,9)	270,3 (28,5)	94,3 (0,7)

**Tabla 4.2.4.7.** Concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo en tejidos de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	campañas	Cobre ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Zinc ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Plomo ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
<b>Eje central río Cruces (sector límnico)</b>				
sector Ciruelos	otoño 2014	66,5 (1,5)	95,3 (2,0)	0,03 (0,0)
	otoño 2017	75,5 (2,7)	103,3 (1,3)	0,07 (0,0)
sector Rucaco	otoño 2014	54,8 (2,7)	90,9 (3,5)	0,06 (0,0)
	otoño 2017	63,1 (0,4)	108,7 (1,5)	0,12 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>				
sector Punucapa	otoño 2014	73,6 (2,8)	94,8 (2,7)	0,05 (0,0)
	otoño 2017	75,3 (1,4)	93,6 (6,9)	0,13 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>				
sector río Pichoy	otoño 2014	116,2 (0,8)	141,9 (1,9)	0,10 (0,0)
	otoño 2017	115,2 (7,9)	142,5 (13,3)	0,20 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>				
río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	128,8 (7,9)	115,0 (3,3)	0,20 (0,0)
	otoño 2017	122,4 (10,6)	101,9 (13,1)	0,26 (0,0)

**Tabla 4.2.4.8.** Concentraciones de Cadmio, Arsénico y Mercurio en tejidos de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis. \*= no detectado, i.e., bajo el límite de detección del método.

estaciones	campañas	Cadmio ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Arsénico ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Mercurio ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
<b>Eje central río Cruces (sector límnic)</b>				
sector Ciruelos	otoño 2014	0,21 (0,0)	*	0,080 (0,0)
	otoño 2017	*	*	0,093 (0,0)
sector Rucaco	otoño 2014	*	*	0,083 (0,0)
	otoño 2017	0,42 (0,0)	*	0,113 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>				
sector Punucapa	otoño 2014	0,24 (0,0)	*	0,036 (0,0)
	otoño 2017	0,52 (0,1)	*	0,035 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>				
sector río Pichoy	otoño 2014	*	*	0,047 (0,0)
	otoño 2017	*	*	0,052 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>				
río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	0,37 (0,0)	*	0,190 (0,0)
	otoño 2017	*	*	0,096 (0,0)



**Figura 4.2.4.7.** Concentración de metales pesados en especímenes de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios más desviación estándar. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

### **Análisis estadísticos**

Los resultados de los análisis de ANDEVA factorial y test *a posteriori* de Tukey, llevados a cabo para comparar el efecto de los factores Año y Estación, en las concentraciones de metales pesados presentes en los tejidos de *Samastacus spinifrons*, se muestran en la Tabla 4.2.4.9. No se incluyó al Cadmio en estos análisis, debido a que en la mayoría de las muestras este metal no fue detectado (*i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado).

Las concentraciones de Hierro y Plomo fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el año 2017, las de Manganeso durante el año 2014, mientras que no se encontraron diferencias inter-anales significativas ( $p > 0,05$ ) en las concentraciones de Aluminio, Cobre, Zinc y Mercurio (Tabla 4.2.4.9).

Las concentraciones de Hierro, Manganeso y Zinc fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en los camarones de Pichoy, las de Aluminio en Pichoy y Rucaco, las de Cobre en Pichoy y Calle Calle y las de Plomo y Mercurio en los especímenes de Calle Calle (Tabla 4.2.4.9).

**Tabla 4.2.4.9.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las concentraciones de metales pesados registrados en ejemplares completos de *Samastacus spinifrons*. Los factores son Año de muestreo (2014 y 2017) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; CC=Calle Calle). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Fe (*) (**)	Año (A)	1	0,002	0,002	13,1	<b>0,005</b>	2017 > 2014
	Estación (E)	4	0,057	0,014	73,5	<b>&lt;0,001</b>	Pi > Ci = CC > Ru > Pu
	A × S	4	0,133	0,033	168,6	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	10	0,001	0,000			
	Total	19	0,195	0,010			
Al (*) (**)	Año (A)	1	1181,9	1181,9	2,3	0,159	
	Estación (E)	4	165987,6	41496,9	81,5	<b>&lt;0,001</b>	Pi = Ru > Ci = Pu = CC
	A × S	4	18438,4	4609,6	9,0	<b>0,002</b>	
	Error	10	5089,8	508,9			
	Total	19	190697,7	10036,7			
Mn (*) (***)	Año (A)	1	0,090	0,090	564,3	<b>&lt;0,001</b>	2014 > 2017
	Estación (E)	4	1,930	0,480	3017,7	<b>&lt;0,001</b>	Pi > Ci = Ru > CC > Pu
	A × S	4	0,220	0,050	345,3	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	10	0,000	0,000			
	Total	19	2,240	0,110			
Cu (*) (**)	Año (A)	1	0,001	0,002	4,76	0,054	
	Estación (E)	4	0,326	0,082	196,39	<b>&lt;0,001</b>	Pi = CC > Ci = Pu > Ru
	A × S	4	0,005	0,001	3,27	<b>0,058</b>	
	Error	10	0,004	0,001			
	Total	19	0,338	0,018			
Zn (*) (**)	Año (A)	1	0,001	0,001	0,87	0,373	
	Estación (E)	4	0,081	0,020	31,00	<b>&lt;0,001</b>	Pi > CC = Ci = Ru = Pu
	A × S	4	0,009	0,002	3,69	<b>0,043</b>	
	Error	10	0,007	0,001			
	Total	9	0,098	0,005			

Continuación **Tabla 4.2.4.9**

<b>Parámetro</b>	<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>	<b>Prueba de Tukey</b>
Pb (*)(**)	Año (A)	1	0,432	0,432	463,67	<0,001	2017 > 2014
	Estación (E)	4	1,056	0,264	283,22	<0,001	CC > Pi > Ru = Pu > Ci
	A × S	4	0,047	0,120	12,83	<0,001	
	Error	10	0,009	0,001			
	Total	19	1,546	0,081			
Hg (*)(**)	Año (A)	1	0,001	0,001	3,15	0,106	
	Estación (E)	4	0,870	0,217	755,29	<0,001	CC > Ru > Ci > Pi > Pu
	A × S	4	0,110	0,027	95,56	0,001	
	Error	10	0,003	0,000			
	Total	19	0,983	0,052			

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a log<sub>10</sub>. (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA; (\*\*\*) No cumple supuestos de ANDEVA.

### **Ácidos grasos, Ácidos resínicos y Compuestos Órgano-Halogenados Adsorbibles (AOX)**

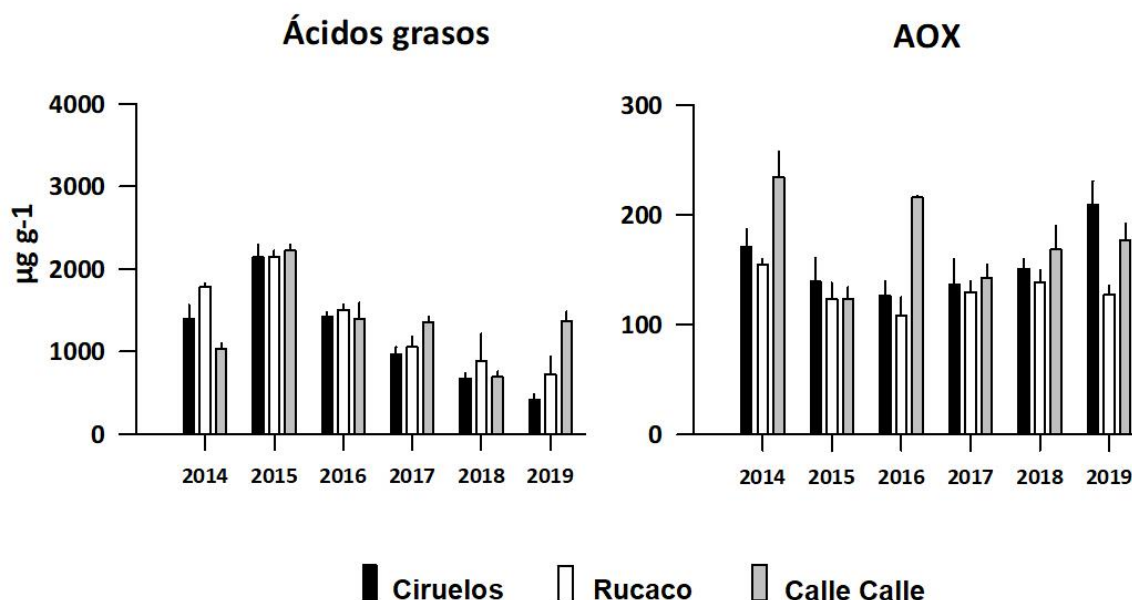
#### **Comparaciones en base a muestreos otoñales del período 2014 - 2019 en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle**

La Tabla 4.2.4.10 y la Figura 4.2.4.8, muestran las concentraciones de Ácidos grasos y AOX en los especímenes de *S. spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante el período 2014-2019. No se registraron Ácidos resínicos en los camarones estudiados (Tabla 4.2.4.10).



**Tabla 4.2.4.10.** Concentraciones de Ácidos grasos; Ácidos resínicos y AOX en tejidos de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	campañas	Ácidos grasos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Ácidos resínicos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	AOX ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b> sector Ciruelos	otoño 2014	1393,3 (171,1)	*	170,1 (16,8)
	otoño 2015	2140,9 (150,6)	*	139,0 (21,7)
	otoño 2016	1426,3 (55,0)	*	126,7 (13,0)
	otoño 2017	965,8 (86,5)	*	136,9 (23,0)
	otoño 2018	674,7 (62,7)	*	150,8 (8,8)
	otoño 2019	418,6 (62,7)	*	208,6 (21,8)
sector Rucaco	otoño 2014	1785,6 (40,0)	*	154,7 (5,2)
	otoño 2015	2150,6 (75,3)	*	123,1 (14,9)
	otoño 2016	1506,2 (65,6)	*	107,8 (17,5)
	otoño 2017	1054,9 (127,0)	*	129,8 (9,1)
	otoño 2018	880,8 (340,5)	*	138,2 (11,5)
	otoño 2019	720,2 (215,0)	*	127,0 (8,7)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b> río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	1035,8 (67,2)	*	234,0 (23,7)
	otoño 2015	2220,5 (74,8)	*	123,6 (10,5)
	otoño 2016	1398,6 (190,5)	*	215,8 (1,2)
	otoño 2017	1359,9 (60,2)	*	142,4 (12,1)
	otoño 2018	692,2 (64,3)	*	168,2 (21,9)
	otoño 2019	1363,0 (121,2)	*	176,7 (15,5)



**Figura 4.2.4.8.** Concentración de Ácidos grasos y compuestos halogenados adsorbibles (AOX) en especímenes de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014-2019. Los valores son promedios más desviación estándar.

### Análisis estadísticos

Los resultados de los análisis de ANDEVA factorial y test *a posteriori* de Tukey, llevados a cabo para evaluar el efecto de los factores Año y Estación, indican que las concentraciones de Ácidos grasos presentes en los tejidos de *Samastacus spinifrons*, fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el año 2015 y en camarones recolectados en la estación Calle Calle (Tabla 4.2.4.11).

A su vez, las concentraciones de AOX fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en camarones recolectados durante el año 2014 y en especímenes capturados en las estaciones Calle Calle y Ciruelos (Tabla 4.2.4.11).

**Tabla 4.2.4.11.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Ácidos grasos y AOX en ejemplares completos de *Samastacus spinifrons*. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Ácidos Grasos (*)(**)	Año (A)	5	1,001	0,200	51,511	<b>&lt;0,001</b>	2015>2016=2014>2017>2019=2018
	Estación (E)	2	0,062	0,031	7,994	0,003	Ru = CC > Ci
	A x S	10	0,297	0,029	7,647	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	18	0,070	0,004			
	Total	35	1,431	0,041			
AOX (*)(**)	Año (A)	5	0,100	0,020	9,774		2014>2015=2017=2016; 2014=2018=2019
	Estación (E)	2	0,095	0,048	23,222		CC > Ci > Ru
	A x S	10	0,101	0,010	4,913		
	Error	18	0,037	0,003			
	Total	35	0,334	0,010			

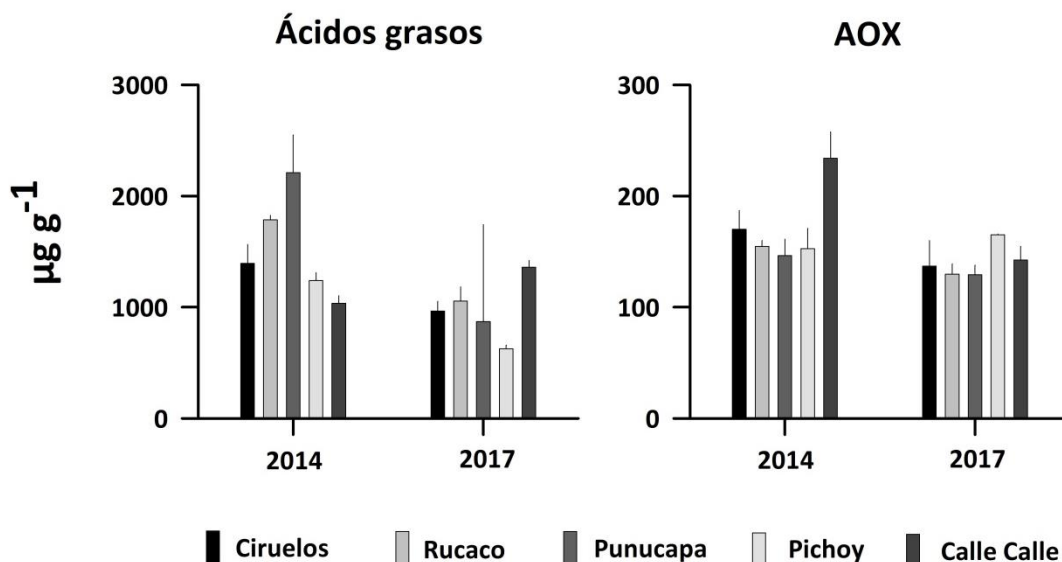
GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = Razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a log<sub>10</sub>. (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA.

#### **Comparaciones en base a muestreos otoñales de los años 2014 y 2017 en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle.**

La Tabla 4.2.4.12 y la Figura 4.2.4.9, muestran las concentraciones de Ácidos grasos y compuestos halogenados adsorbibles (AOX) en los especímenes de *S. spinifrons* recolectados durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017 en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle. No se registraron Ácidos resínicos en los camarones estudiados (Tabla 4.2.4.12).

**Tabla 4.2.4.12.** Concentraciones de Ácidos grasos, Ácidos resínicos y AOX en tejidos de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.  
\* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	campañas	Ac. grasos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Ac. resínicos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	AOX ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
<b>Eje central río Cruces (sector límnic)</b>				
sector Ciruelos	otoño 2014	1393,3 (171,9)	*	170,1 (16,8)
	otoño 2017	965,8 (86,5)	*	136,9 (23,0)
sector Rucaco	otoño 2014	1785,6 (40,0)	*	154,7 (5,2)
	otoño 2017	1054,9 (127,0)	*	129,8 (9,1)
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>				
sector Punucapa	otoño 2014	2210,6 (337,4)	*	146,4 (14,8)
	otoño 2017	870,9 (69,4)	*	129,2 (8,5)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>				
sector río Pichoy	otoño 2014	1238,7 (72,1)	*	152,6 (18,3)
	otoño 2017	626,3 (32,0)	*	165,0 (0,8)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>				
río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	1035,8 (67,2)	*	234,0 (23,7)
	otoño 2017	1359,9 (60,2)	*	142,4 (12,1)



**Figura 4.2.4.9.** Concentración de Ácidos grasos y AOX en especímenes de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios más desviación estándar.

### Análisis estadísticos

Los resultados de los análisis de ANDEVA factorial y test *a posteriori* de Tukey, llevados a cabo para evaluar el efecto de los factores Año y Estación, indican que las concentraciones de Ácidos grasos presentes en los tejidos de *Samastacus spinifrons*, fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el año 2014 y en los camarones de Ciruelos, Rucaco, Punucapa y Calle Calle con relación a los de la estación Pichoy (Tabla 4.2.4.13). A su vez, las concentraciones de AOX fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el año 2014 en camarones del río Calle Calle (Tabla 4.2.4.13).

**Tabla 4.2.4.13.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Ácidos grasos y AOX en ejemplares completos de *Samastacus spinifrons*. Los factores son Año de muestreo (2014 y 2017) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Ácidos grasos (*)(**)	Año (A)	1	0,188	0,188	123,7	<b>&lt;0,001</b>	2014 > 2017
	Estación (E)	4	0,101	0,025	16,6	<b>&lt;0,001</b>	Ci = Ru = Pu = CC > Pi
	A × S	4	0,154	0,038	25,4	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	10	0,015	0,001			
	Total	19	0,458	0,024			
AOX (*)(**)	Año (A)	1	0,0331	0,0331	19,2	<b>0,001</b>	2014 > 2017
	Estación (E)	4	0,0372	0,0093	5,4	<b>0,014</b>	CC > Ci = Ru = Pu = Pi
	A × S	4	0,0326	0,0081	4,7	<b>0,021</b>	
	Error	10	0,0172	0,0017			
	Total	19	0,120	0,0063			

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a log<sub>10</sub>. (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA.

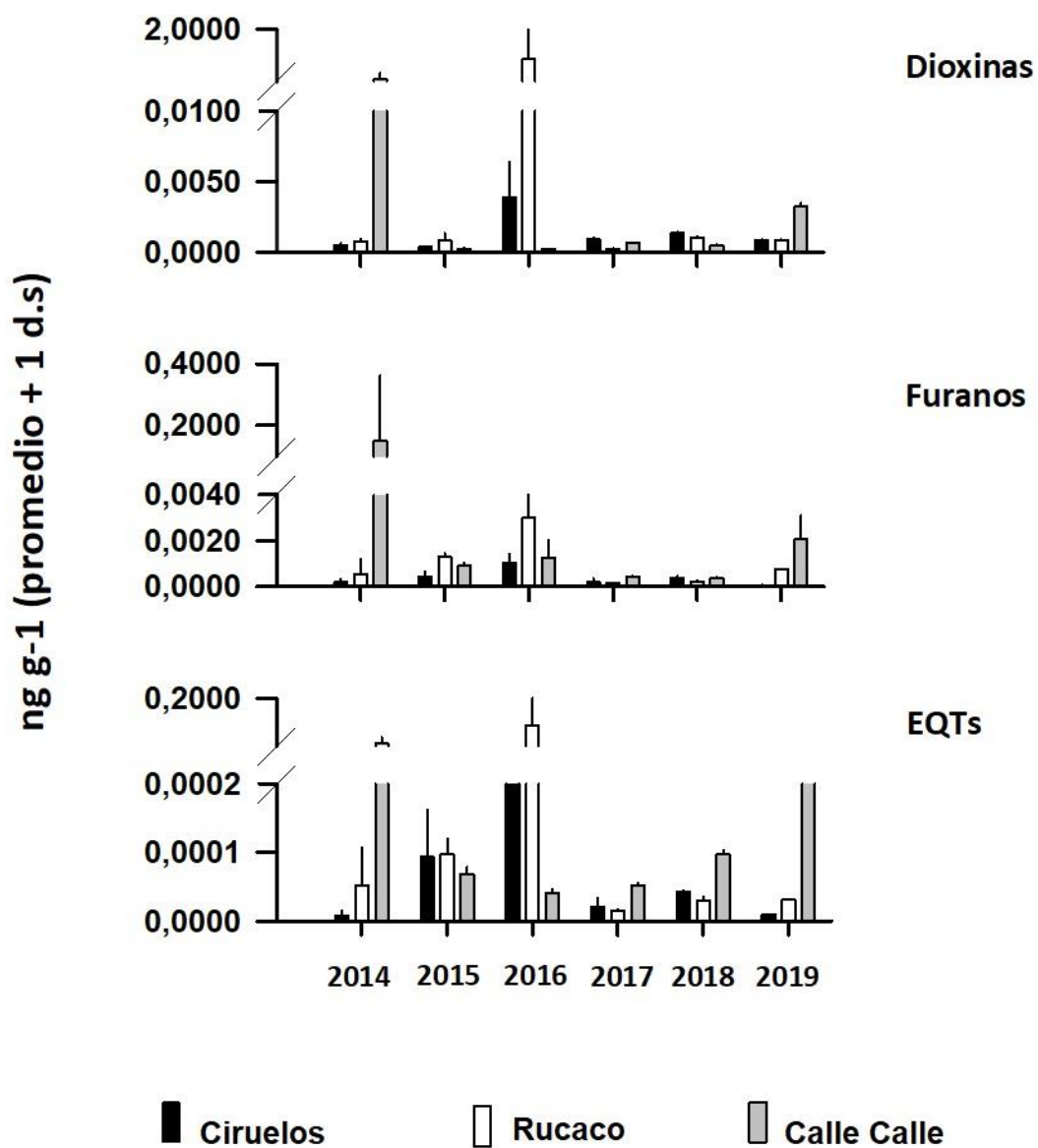
### Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos

#### Comparaciones en base a muestreos otoñales del período 2014- 2019 en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle.

La Tabla 4.2.4.14 y la Figura 4.2.4.10 muestran las concentraciones de Dioxinas, Furanos y sus Equivalentes Tóxicos (EQTs) en especímenes de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante el período 2014- 2019.

**Tabla 4.2.4.14.** Concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs en tejidos de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	campañas	Dioxinas (ng g <sup>-1</sup> )	Furanos (ng g <sup>-1</sup> )	EQTs (ng g <sup>-1</sup> )
<b>Eje central del río Cruces (área límnico)</b>				
sector Ciruelos	otoño 2014	0,00050 (0,00014)	0,00020 (0,00014)	0,00001 (0,00000)
	otoño 2015	0,00035 (0,00007)	0,00045 (0,00021)	0,00009 (0,00006)
	otoño 2016	0,00385 (0,00247)	0,00105 (0,00035)	0,00032 (0,00003)
	otoño 2017	0,00089 (0,00013)	0,00021 (0,00015)	0,00002 (0,00001)
	otoño 2018	0,00137 (0,00009)	0,00039 (0,00009)	0,00004 (0,00000)
	otoño 2019	0,00081 (0,00009)	0,00007 (0,00000)	0,00001 (0,00000)
sector Rucaco	otoño 2014	0,00075 (0,00021)	0,00055 (0,00063)	0,00005 (0,00005)
	otoño 2015	0,00085 (0,00049)	0,00130 (0,00014)	0,00010 (0,00002)
	otoño 2016	0,90505 (1,27936)	0,00300 (0,00113)	0,09031 (0,12767)
	otoño 2017	0,00021 (0,00006)	0,00014 (0,00002)	0,00002 (0,00000)
	otoño 2018	0,00101 (0,00010)	0,00022 (0,00001)	0,00003 (0,00001)
	otoño 2019	0,00088 (0,00000)	0,00078 (0,00000)	0,00003 (0,00000)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
río Calle Calle, sector	otoño 2014	0,15015 (0,21192)	0,15015 (0,21192)	0,01879 (0,02655)
Chumpullo	otoño 2015	0,00025 (0,00007)	0,00090 (0,00014)	0,00007 (0,00001)
	otoño 2016	0,00020 (0,00000)	0,00125 (0,00078)	0,00004 (0,00001)
	otoño 2017	0,00067 (0,00001)	0,00043 (0,00004)	0,00005 (0,00000)
	otoño 2018	0,00047 (0,00007)	0,00038 (0,00003)	0,00010 (0,00001)
	otoño 2019	0,00324 (0,00024)	0,00204 (0,00104)	0,00026 (0,00018)



**Figura 4.2.4.10.** Concentración de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (ETQs) en especímenes de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios más desviación estándar.



### Análisis estadísticos

La Tabla 4.2.4.15, muestra los resultados del ANDEVA factorial utilizado para evaluar el efecto de los factores Año y Estación en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y equivalentes tóxicos (EQTs) en los tejidos de *Samastacus spinifrons*. No se detectaron diferencias inter-anales significativas ( $p > 0,05$ ) en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs (Tabla 4.2.4.15); tampoco en las concentraciones de Dioxinas y EQTs al comparar camarones de Ciruelos, Rucaco y Calle Calle (Tabla 4.2.4.15). Para el caso de los Furanos, se detectaron concentraciones significativamente más bajas en camarones de Ciruelos ( $p < 0,05$ ) (Tabla 4.2.4.15).

**Tabla 4.2.4.15.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (ETQs) registradas en ejemplares completos de *Samastacus spinifrons*. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Dioxinas (*)(***)	Año (A)	5	2,880	0,576	0,906	0,499	
	Estación (E)	2	0,136	0,068	0,107	0,899	
	A × S	10	7,751	0,775	1,220	0,342	
	Error	18	11,439	0,635			
	Total	35	22,205	0,634			
Furanos (*)(***)	Año (A)	5	2,742	0,548	1,791	0,165	
	Estación (E)	2	2,594	1,297	4,236	<b>0,031</b>	CC > Ci; CC = Ru
	A × S	10	4,049	0,405	1,323	0,291	
	Error	18	5,510	0,306			
	Total	35	14,895	0,426			
EQTs (*)(***)	Año (A)	5	4,225	0,845	1,089	0,400	
	Estación (E)	2	1,984	0,992	1,279	0,302	
	A × S	10	8,470	0,847	1,092	0,417	
	Error	18	13,965	0,776			
	Total	35	28,643	0,818			

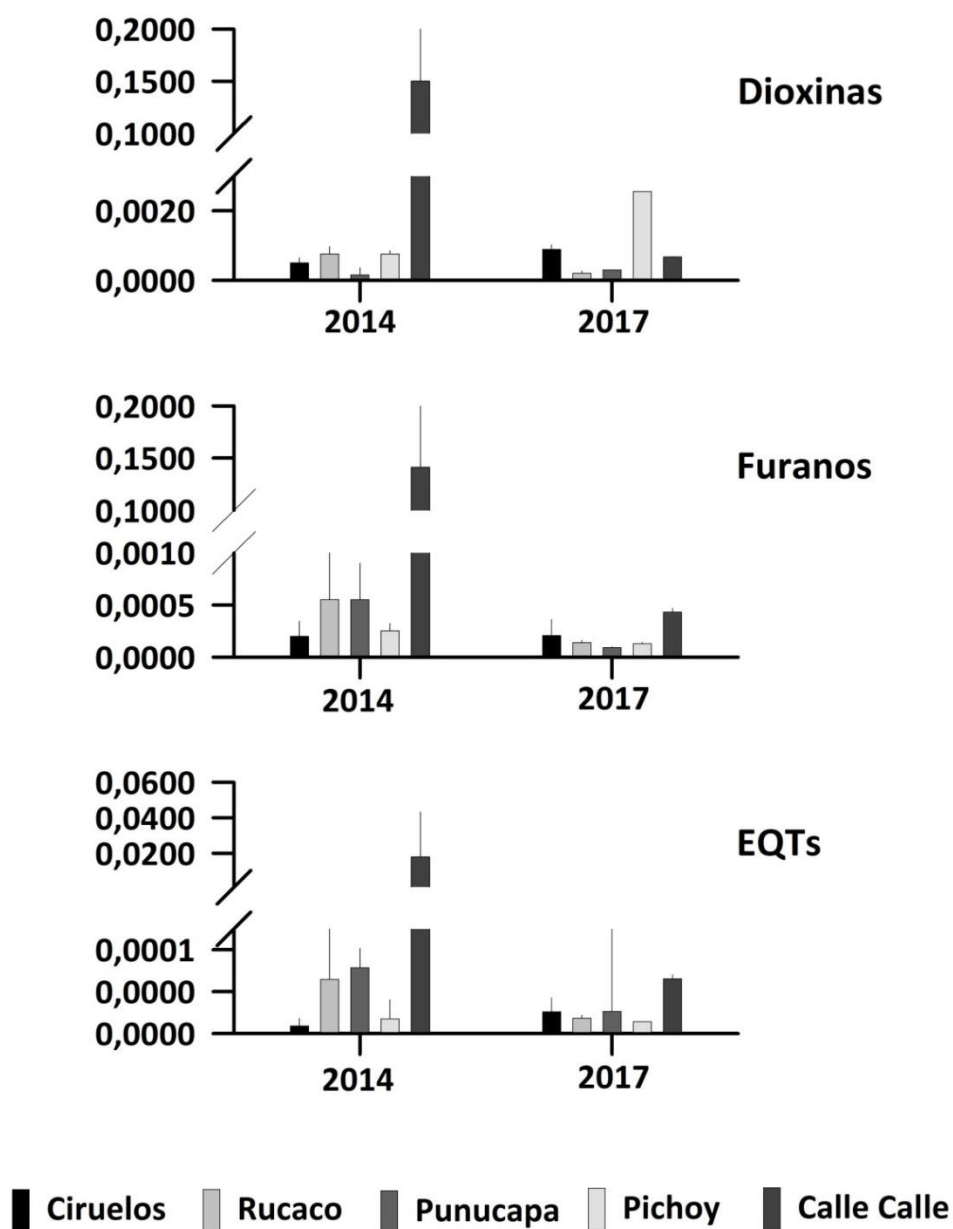
GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*\*) No cumple supuestos de ANDEVA.

**Comparaciones en base a muestreos otoñales de los años 2014 y 2017 en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, río Pichoy y río Calle Calle.**

La Tabla 4.2.4.16 y la Figura 4.2.4.11, muestran las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes tóxicos (EQTs) en los especímenes de *S. spinifrons* recolectados durante las campañas otoñales de los años 2014 (Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC) y 2017 (3º Año Programa de Monitoreo Ambiental del HRC).

**Tabla 4.2.4.16.** Concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs en tejidos de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	campañas	Dioxinas (ng g <sup>-1</sup> )	Furanos (ng g <sup>-1</sup> )	EQTs (ng g <sup>-1</sup> )
<b>Eje central río Cruces (sector límnico)</b>				
sector Ciruelos	otoño 2014	0,00050 (0,0001)	0,00020 (0,0001)	0,00001 (0,0001)
	otoño 2017	0,00089 (0,0001)	0,00021 (0,0002)	0,00002 (0,0000)
sector Rucaco	otoño 2014	0,00075 (0,0002)	0,00055 (0,0006)	0,00005 (0,0001)
	otoño 2017	0,00021 (0,0001)	0,00014 (0,0000)	0,00002 (0,0000)
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>				
sector Punucapa	otoño 2014	0,00015 (0,0002)	0,00055 (0,0004)	0,00006 (0,0000)
	otoño 2017	0,00030 (0,0000)	0,00009 (0,0000)	0,00002 (0,0001)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>				
sector río Pichoy	otoño 2014	0,00075 (0,0001)	0,00025 (0,0001)	0,00001 (0,0000)
	otoño 2017	0,00255 (0,0000)	0,00013 (0,0000)	0,00001 (0,0000)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>				
río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	0,15015 (0,2119)	0,14115 (0,1992)	0,01879 (0,0266)
	otoño 2017	0,00067 (0,0000)	0,00043 (0,0000)	0,00005 (0,0000)



**Figura 4.2.4.11.** Concentración de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) en especímenes de *Samastacus spinifrons* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios más desviación estándar.

### Análisis estadísticos

La Tabla 4.2.4.17 muestra los resultados del ANDEVA factorial llevados a cabo para comparar el efecto de los factores Año y Estación en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes tóxicos (EQTs) en los tejidos de *Samastacus spinifrons*. No se detectaron diferencias inter-anales y espaciales significativas ( $p > 0,05$ ) en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs (Tabla 4.2.4.17).

**Tabla 4.2.4.17.** Resumen de ANDEVA Factorial para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs en tejidos de *Samastacus spinifrons*. Los factores son Año de muestreo (2014 y 2017) y Estaciones.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p
Dioxinas (*)(***)	Año (A)	1	1,437	1,437	1,335	0,275
	Estación (E)	4	4,511	1,128	1,048	0,430
	A × S	4	1,115	0,279	0,259	0,898
	Error	10	10,764	1,076		
	Total	19	17,827	0,938		
Furanos (*)(***)	Año (A)	1	1,426	1,426	2,701	0,131
	Estación (E)	4	3,338	0,847	1,605	0,248
	A × S	4	0,970	0,242	0,459	0,764
	Error	10	5,279	0,528		
	Total	19	11,063	0,582		
EQTs (*)(***)	Año (A)	1	0,388	0,388	0,571	0,467
	Estación (E)	4	3,976	0,994	1,464	0,284
	A × S	4	1,954	0,488	0,719	0,598
	Error	10	6,790	0,679		
	Total	19	13,108	0,690		

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$ ; (\*\*\*) No cumple supuestos de ANDEVA.

### **Presencia & ausencia de congéneres de Dioxinas y Furanos**

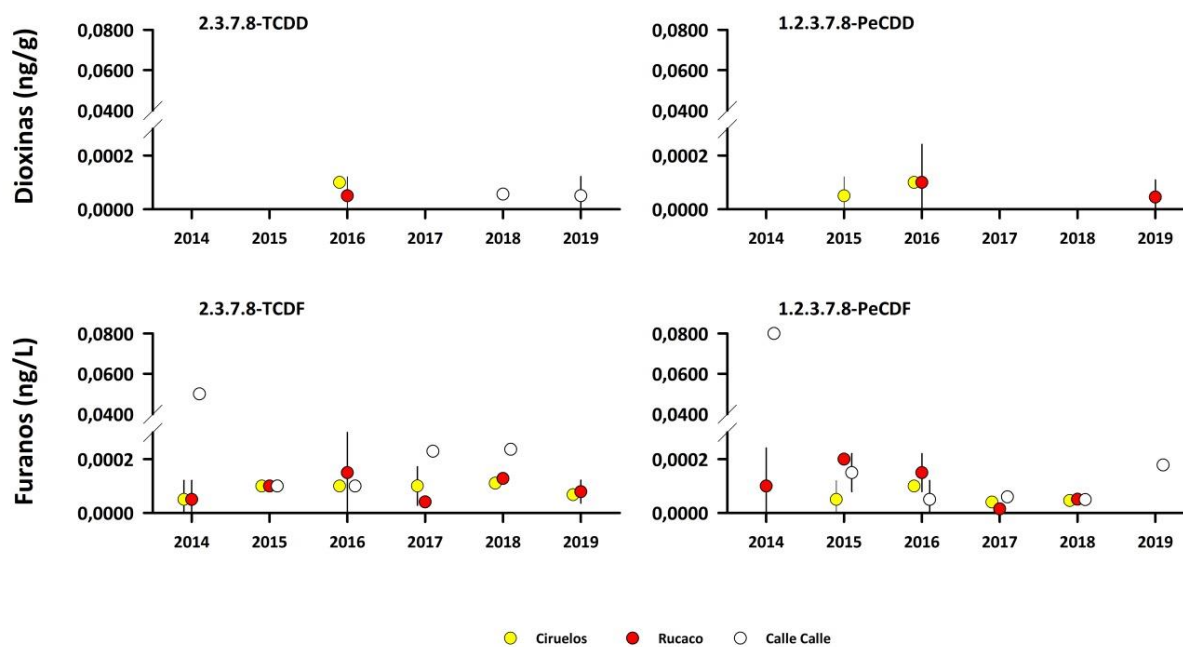
La Tabla 4.2.4.18 muestra el número de detecciones de congéneres de Dioxinas y Furanos en los camarones de Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante el período 2014-2019 y ordenados de mayor a menor toxicidad. Ese número es en relación al número total de muestreos y estaciones: 6 y 3, respectivamente. A su vez, la Figura 4.2.4.12 muestra las concentraciones anuales de las Dioxinas y Furanos 2.3.7.8 (TCDD) y 1.2.3.7.8 (PeCDD) en los camarones estudiados.

La Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó en camarones de las tres estaciones (Ciruelos, Rucaco y Calle Calle) y en tres muestreos (2016, 2018 y 2019), a la vez que la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue detectada en dos de tres estaciones (Ciruelos y Rucaco) y en tres muestreos (2015, 2016 y 2019) (Tabla 4.2.4.18 y Fig. 4.2.4.12). En general, el resto de las dioxinas detectadas tuvo mayor frecuencia de aparición espacial y temporal, que las dos anteriormente mencionadas (Tabla 4.2.4.18).

Los furanos 2.3.7.8 (TCDF) y 1.2.3.7.8 (PeCDF) se detectaron en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle y en todos los muestreos del período 2014-2019 (Tabla 4.2.4.18 y Fig. 4.2.4.12). En general, el resto de los furanos detectados tuvo mayor frecuencia de aparición espacial y temporal, que los dos anteriormente mencionados (Tabla 4.2.4.18). Destacan para ambos furanos, las altas concentraciones detectadas en los camarones recolectados durante el año 2014 en Calle Calle; de hecho, tales valores fueron los más altos registrados para ambos compuestos (Figura 4.2.4.12).

**Tabla 4.2.4.18.** Número de detecciones de congéneres de Dioxinas y Furanos en los camarones de río del área de estudio. Número en relación al total de muestreos realizados (6) durante el período 2014-2019. Congéneres de Dioxinas y Furanos ordenados de mayor a menor toxicidad. L=sector límnic y F=fuera del HRC.

	sectores		L		F	
	estaciones	Ciruelos	Rucaco	Calle Calle		
<b>Dioxinas &amp; congéneres</b>						
2.3.7.8 Tetra Cloro Dibenzo <i>Dioxina (TCDD)</i>		1	1			2
1.2.3.7.8 Penta Cloro Dibenzo Dioxina (PeCDD)		2	2			
1.2.3.4.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Dioxina (HxCDD)		1	2			1
1.2.3.6.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Dioxina (HxCDD)		3	3			2
1.2.3.7.8.9 Hexa Cloro Dibenzo Dioxina (HxCDD)		4	3			3
1.2.3.4.6.7.8 Hepta Cloro Dibenzo Dioxina (HpCDD)		5	5			6
OCDD Opta Cloro Dibenzo Dioxina (OCDD)		6	6			6
<b>Furanos &amp; congéneres</b>						
2.3.7.8 Tetra Cloro Dibenzo Furano (TCDF)		6	6			6
1.2.3.7.8 Penta Cloro Dibenzo Furano (PeCDF)		4	5			6
2.3.4.7.8 Penta Cloro Dibenzo Furano (PeCDF)		3	5			5
1.2.3.4.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Furano (HxCDF)		3	3			4
1.2.3.6.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Furano (HxCDF)		4	4			5
1.2.3.7.8.9 Hexa Cloro Dibenzo Furano (HxCDF)		1	1			2
2.3.4.6.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Furano (HxCDF)		3	4			4
1.2.3.4.6.7.8 Hepta Cloro Dibenzo Furano (HpCDF)		5	5			6
1.2.3.4.7.8.9 Hepta Cloro Dibenzo Furano (HpCDF)		1	1			2
OCDF Opta Cloro Dibenzo Dioxina (OCDD)		3	4			4



**Figura 4.2.4.12.** Concentraciones de las Dioxinas 2.3.7.8-TCDD y 1.2.3.7.8-PeCDD (ng/g) (paneles superiores) y los Furanos 2.3.7.8-TCDF y 1.2.3.7.8-PeCDF (paneles inferiores) en los camarones del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

#### 4.2.4.5. Conclusiones más relevantes

- Las abundancias del camarón de río *Samastacus spinifrons* han disminuido en los sectores de Ciruelos, Rucaco y Pichoy, tendencia debida probablemente a modificaciones de las riberas o a afectación por esfuerzo pesquero. A su vez, los camarones del río Calle Calle muestran una tendencia al aumento de sus abundancias, pero sin significancia estadística.
- Las abundancias del Camarón de vega *Parastacus nicoleti* fueron más altas en Santa Clara, sitio aledaño al eje central del río Cruces.

- Los metales pesados más abundantes detectados en tejidos de *Samastacus spinifrons* han sido Hierro, Aluminio y Manganeso. No se detectó Arsénico en los camarones recolectados en el área de estudio.
- Aun cuando se detectaron diferencias inter-anales significativas en las concentraciones de metales pesados detectadas en camarones de Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, no se encontraron tendencias definidas de variación al analizar el período 2014-2019. Tampoco se detectaron tendencias espaciales definidas: el Hierro y Manganeso tuvieron concentraciones significativamente más altas en los camarones de Ciruelos, Aluminio y Plomo en los de Rucaco, Cobre y Mercurio en aquellos del Calle Calle y Zinc en los de Rucaco y Calle Calle.
- La inclusión de camarones de Pichoy y Punucapa en la comparación 2014-2017 de metales pesados, mostró que las concentraciones de Hierro y Plomo fueron significativamente más altas durante el año 2017, las de Manganeso durante el año 2014, mientras que no se encontraron diferencias inter-anales significativas en las concentraciones de Aluminio, Cobre, Zinc y Mercurio. En cuanto a variabilidad espacial, se encontró que las concentraciones de Hierro, Manganeso y Zinc fueron significativamente más altas en los camarones de Pichoy, las de Aluminio en Pichoy y Rucaco, las de Cobre en Pichoy y Calle Calle y las de Plomo y Mercurio en los especímenes de Calle Calle. Es decir, la inclusión de más estaciones de muestreo en este tipo de análisis, modificó las conclusiones basadas en menos sitios de estudio.
- No se detectaron Ácidos resínicos en los camarones recolectados en todos los sectores y fechas de muestreo.
- Las concentraciones de AOX, muestran que estas fueron significativamente más altas durante el año 2014 y en los camarones recolectados en Calle Calle.



- La comparación inter-anual de los datos, mostró que las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes tóxicos (EQTs) no difirieron estadísticamente ( $p > 0,05$ ). Similarmente, no se detectaron diferencias significativas al comparar las concentraciones de Dioxinas y EQTs pero sí entre Furanos, compuestos cuyas concentraciones fueron significativamente más altas en los camarones de Calle versus los de Ciruelos.
- La Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó en camarones de Ciruelos, Rucaco y Calle Calle y en tres muestreos (2016, 2018 y 2019), a la vez que la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue detectada en dos de tres estaciones (Ciruelos y Rucaco) y en tres muestreos (2015, 2016 y 2019).
- Se detectó la presencia de Los Furanos 2.3.7.8-TCDF y 1.2.3.7.8-PeCDF en los camarones recolectados en todas las estaciones y años de muestreo.

#### 4.2.4.6. Referencias

Corales ES, Figueroa RA (1999) Observaciones sobre la dieta del huairavo (*Nycticorax nycticorax*) en el sur de Chile. IV Congreso Nacional de Ornitología y VI Encuentro Nacional de Ornitólogos, Antofagasta

Dalannais R (1984) Contribución al conocimiento de la biología y ecología del camarón de vega *Parastacus pugnax* (Poeppig) (Crustacea, Parastacidae) en la zona de Talcahuano. Seminario de título, Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Talcahuano, p 37

Figueroa R, Corales E (1997) Dieta de la garza grande (*Casmerodius albus*) durante el período de crianza en agroecosistemas del sur de Chile. III Congreso Chileno de Ornitología, Santiago

Franco M, Guevara G, Correa L, Soto-Gamboa M (2013) Trophic interactions of the endangered Southern river otter (*Lontra provocax*) in a Chilean Ramsar wetland inferred from prey sampling, fecal analysis, and stable isotopes. *Naturwissenschaften* 100(4):299-310

Medina G (1997) A comparison of the diet and distribution of southern river otter (*Lutra provocax*) and mink (*Mustela vison*) in southern Chile. *Journal of Zoology* 242(2):291-297

Rudolph E (1984) Perspectivas del cultivo de camarones de agua dulce en Chile. *Memorias de la Asociación Latinoamericana Acuicultura* 5(3):769-773

Rudolph EH (2002) New records of intersexuality in the freshwater crayfish *Samastacus spinifrons* (Decapoda, Parastacidae). *Journal of Crustacean Biology* 22(2):377-389

Rudolph EH (2010) Sobre la distribución geográfica de las especies chilenas de Parastacidae (Crustacea: Decapoda: Astacidea). *Boletín de Biodiversidad de Chile* 3:32-46

Sharma MP, Sharma S, Goel V, Sharma P, Kumar A (2006) Water quality assessment of Behta River using benthic macroinvertebrates. *Life Science Journal* 3(4):68-74

Suárez-Serrano A, Alcaraz C, Ibañez C, Trobajo R, Barata C (2010) *Procambarus clarkii* as a bioindicator of heavy metal pollution sources in the lower Ebro River and Delta. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73(3):280-288

Webb D (2011) Freshwater shrimp (*Palaemonetes australis*) as a potential bioindicator of crustacean health. *Environmental Monitoring and Assessment* 178(1-4):537-544

## 4.2.5. ICTIOFAUNA

### 4.2.5.1. Antecedentes

La ictiofauna chilena se caracteriza por estar constituida de una riqueza moderada de especies en relación a otras áreas de Sudamérica y por un alto grado de endemismo (Vila *et al.*, 1999; Dyer, 2000; Habit *et al.*, 2006), mostrando los peces de aguas continentales un claro patrón de incremento en el número de especies presentes desde los extremos norte y sur hacia la zona centro sur (Vila *et al.*, 1999). De acuerdo a la fauna de peces de agua dulce que habita en Chile, Dyer (2000) definió tres provincias biogeográficas: Atacameña, Chilena y Patagónica, siendo la segunda la que contiene mayor diversidad, de manera que las cuencas hidrográficas con mayor número de especies nativas son aquellas ubicadas entre los ríos Itata (Región del Bío Bío) y Bueno (Región de los Ríos), tramo en el que se ubica el área de estudio incluida en este Programa de Monitoreo Ambiental.

El humedal del río Cruces (HRC) y sus ríos tributarios, posee un número importante de especies de peces nativas e introducidas (Arismendi & Penaluna, 2009; Habit *et al.*, 2006; <http://ceachile.cl/Cruces/Fauna.htm#peces>). Estas especies requieren de hábitats como los presentes en este humedal para su desarrollo temprano, dado que allí encuentran abundante material orgánico particulado el cual es arrastrado por el río y termina por depositarse en los fondos del mismo. Los juveniles de esas especies encuentran en ese material, el alimento imprescindible para su desarrollo pues éste contiene proteínas, grasas, minerales, hidratos de carbono y otras sustancias básicas para la nutrición, crecimiento y desarrollo de los mismos. Alguno de estos peces son habitantes permanentes del HRC, mientras que otros son transitorios; debido a lo mismo, estos vertebrados acuáticos constituyen bioindicadores apropiados para evaluar el estado ambiental de este tipo de ambiente acuático, ya que interactúan con todos los elementos abióticos y bióticos del ecosistema.

Los peces han sido utilizados como indicadores de la calidad del agua en diversos países (Aguilar, 2005; Velázquez-Velázquez & Vega-Candejas, 2004) y han sido considerados como un vector de comunicación útil para sensibilizar al público y a las autoridades sobre la necesidad de preservar la calidad de ríos y lagos (Cowx & Collares Pereira, 2002). Debido a lo anterior, la caracterización de la ictiofauna de cualquier cuerpo acuático es importante, porque la misma es una buena herramienta de ayuda para la toma de decisiones en materia ambiental (Boulton, 1999) y puede ser utilizada en la confección de índices de la calidad del medio acuático (*e.g.*, Soto Galera *et al.*, 1998; Kestemont *et al.*, 2000; McDowall & Taylor, 2000; Oberdorff *et al.*, 2002), para identificar diversos niveles de degradación ambiental (Faush *et al.*, 1990; Scott & Hall, 1997; Wichert & Rapport, 1998), así como para definir el éxito de restauración de los ecosistemas acuáticos (Paller *et al.*, 2000).

La ventaja de utilizar a los peces para evaluar la calidad ambiental de un cuerpo acuático, radica en el hecho de que estos vertebrados acuáticos son organismos relativamente fáciles de identificar y manipular (Aguilar, 2005); más aún, la respuesta societaria a conceptos como integridad biótica o estado ambiental de un ecosistema, es más rápida o fluida cuando se mencionan los peces como sujetos de estudio que cuando se utilizan por ejemplo, organismos del plancton o invertebrados acuáticos (Davis, 1995).

Una forma de evaluar cómo los cambios en la calidad de agua, afectan la estructura comunitaria de la ictiofauna, es a través de estudios de índices que entregan información sobre la riqueza de especies, diversidad y abundancias poblacionales de la misma. Esto permite conocer el comportamiento de una comunidad íctica (qué especies están presentes y en qué abundancias) y la “calidad” de un hábitat; asimismo, el efecto de diversos fenómenos ambientales (*e.g.*, sequías, inundaciones) pueden explicarse a través de la evaluación de la presencia o ausencia de especies indicadoras de peces (Chediack, 2009). Por consiguiente, un monitoreo espacio - temporal de la ictiofauna es una aproximación adecuada para analizar la dinámica de los ecosistemas, ya que, por ejemplo, el efecto de las fluctuaciones de los componentes abióticos de los mismos, resulta en disminución en las

abundancias de especies sensibles a cambios en calidad de agua (Wang *et al.*, 2000; Vila-Gispert *et al.*, 2002).

Por otra parte, los cambios en la calidad del agua pueden resultar en consecuencias significativas para el estado sanitario de la ictiofauna; consecuentemente, el análisis de la salud de la misma es de importancia relevante, ya que permite evaluar la eventual presencia de agentes patógenos asociados a cambios en la estructura macro y microscópica de órganos y tejidos de los peces. Esto último permite establecer el estado de salud o enfermedad en las poblaciones naturales, como también deformaciones y trastornos de la reproducción. Del mismo modo, los cambios microscópicos de los tejidos pueden asociarse a la presencia de sustancias tóxicas, resultantes de productos exógenos introducidos en la columna de agua. Adicionalmente, estos productos impactan la capacidad de los peces para responder defensivamente a los patógenos, por lo que la medición de la respuesta defensiva, se constituye en una herramienta para determinar su estado de salud.

Algunos productos exógenos pueden ser transportados a grandes distancias por las corrientes atmosféricas y el agua, afectando la calidad de los ambientes acuáticos impactados. Tales productos tienden a acumularse en los tejidos grasos de los animales, ya que por lo general son sustancias lipofílicas (Spacie *et al.*, 1979). Esto resulta particularmente importante en los organismos bentónicos de los ecosistemas acuáticos, los que pueden absorber las partículas en suspensión de la columna del agua, bio-acumulando ese tipo de productos. Posteriormente, depredadores como peces bentófagos podrían bio-magnificar las concentraciones de estos compuestos. Tal es así, que los análisis de concentraciones de metales en especies de peces especialmente seleccionadas, compuestos orgánicos persistentes y evaluación de la eventual presencia de Dioxinas y Furanos, son relevantes, ya que permiten evaluar la eventual bio-magnificación de tales elementos y compuestos en los mismos.

Con el objetivo de analizar la variabilidad espacio temporal de la ictiofauna de las riberas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC), se realizaron muestreos

estacionales de la misma durante el período 2014-2019 con el objetivo de estimar su diversidad y abundancia y analizar la variabilidad en abundancias, tamaños corporales, presencia y concentración de elementos y compuestos orgánicos persistentes y estado sanitario de *Galaxias maculatus* (Puye), el pez más representativo de esa ictiofauna en el HRC.

#### **4.2.5.2. Objetivos**

Estimar la variabilidad espacial e inter-anual de:

- Riqueza específica y abundancia de la ictiofauna de las riberas del HRC.
- Tamaños corporales del Puye.
- Concentraciones de metales pesados (Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio) en tejidos corporales de puyes.
- Concentraciones de compuestos orgánicos persistentes (Ácidos grasos, Ácidos resínicos, AOX, Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos) en tejidos corporales de puyes.
- Eventuales enfermedades infecto-contagiosas (de origen bacteriano, viral, parasitario o micótico) y de agentes patógenos y/o potencialmente patógenos en puyes.

#### **4.2.5.3. Material y métodos**

##### **Obtención de las muestras de ictiofauna**

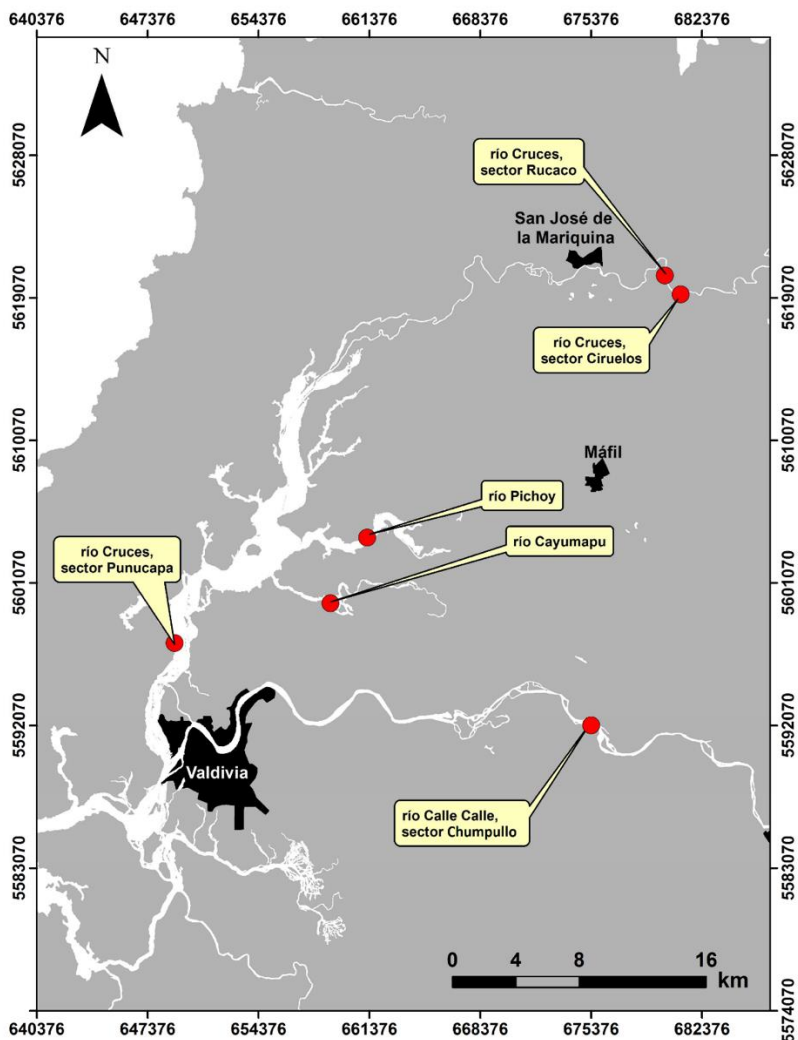
Durante los meses de abril & mayo y octubre & noviembre del período comprendido entre los años 2014 y 2019, se realizaron los muestreos destinados a recolectar especímenes de peces correspondientes a las campañas de otoño y primavera de los Programas de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC (2014 y 2015-2019, respectivamente). Estos muestreos fueron realizados en seis estaciones: Ciruelos, Rucaco y

Punucapa (eje central del río Cruces), río Pichoy y Cayumapu (ríos tributarios del HRC) y río Calle Calle (fuera del humedal o estación control) (Fig. 4.2.5.1).

Para la recolección de los peces, se realizaron transectos de muestreo de 15 m de largo en cuatro secciones de las riberas seleccionadas aleatoriamente; el tiempo de trabajo en cada sección fue de 10 minutos aproximadamente y a una profundidad inferior a un metro. Las capturas se realizaron con un equipo de pesca eléctrica EFKO-Elektrofischfanggeräte GMBH, Typ FEG 1500. Posterior a la captura, los peces recolectados fueron guardados en bolsas Ziploc y llevados al laboratorio para luego realizar la identificación taxonómica y recuento de los mismos y la medición de los tamaños corporales de los puyes. Durante la primavera del año 2018 y otoño del año 2019, no se pudo utilizar el equipo de pesca eléctrica en las estaciones de Cayumapu y Punucapa, debido a que los valores de conductividad del agua en las mismas fueron muy altos para su uso.

#### **Análisis taxonómicos**

La identificación taxonómica de los peces capturados se realizó en base a su morfología externa, considerando los estudios de Arratia (1981, 1987), Campos (1982, 1984), Campos & Gavilán (1996), Campos *et al.*, (1993), Dyer (1997), Pequeño (1981), Ruiz & Marchant (2004).



**Figura 4.2.5.1.** Ubicación de las estaciones de muestreo seleccionadas para los estudios de la ictiofauna ribereña del área de estudio.

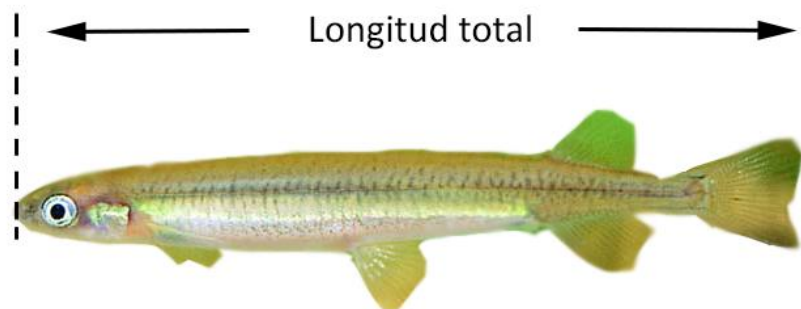
### Estimaciones de abundancias

Los datos de abundancia fueron promediados para realizar análisis de estructura comunitaria de la ictiofauna. Se estimaron, además, las abundancias de las dos especies más representativas de las riberas del área de estudio: *Galaxias maculatus* o Puye y *Gambusia affinis* o Gambusia.



### Estimaciones de tamaños corporales de *Galaxias maculatus* (Puye)

Se analizaron especímenes de la especie numéricamente dominante *Galaxias maculatus*, donde se les midió la longitud total (distancia entre el extremo del hocico y el extremo distal de la aleta caudal) (Fig. 4.2.5.2).



**Figura 4.2.5.2.** Mediciones de longitud total realizadas en los especímenes de peces recolectados en este estudio. Estas se indican sobre el esquema del Puye (*Galaxias maculatus*).

### Análisis de metales pesados y compuestos orgánicos en *Galaxias maculatus* (Puye)

Debido a la necesidad de contar con una biomasa adecuada para realizar los análisis químicos, se trabajó con ejemplares completos de Puye. Estos fueron lavados con abundante agua des-ionizada, para luego sonicar a fin de eliminar los restos de sedimento que pudieran haber quedado adheridos a los Puyes. Los especímenes así tratados se secaron por liofilización y pulverizaron. Las muestras así preparadas para análisis de metales pesados (*i.e.*, Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio) se atacaron mediante digestión ácida en microondas y posteriormente se analizaron por Espectroscopia de Absorción Atómica de Llama. Debido a su baja concentración en esta matriz, el Plomo se analizó por ICP-MS y/o Espectroscopía de Absorción Atómica con horno de grafito.

Las muestras para análisis de AOX se analizaron mediante titulación micro-coulombimétrica (Norma Europea EN ISO 9562 y EN 1485, respectivamente), luego de la adsorción de los compuestos halogenados en carbón activado y extracción con un solvente, respectivamente.

Las muestras para análisis de Dioxinas y Furanos recolectadas durante los años 2014 y 2015, fueron analizadas en los laboratorios Marschwood Scientific Service (Inglaterra) y LOQ (Universidad de Concepción), mediante Cromatografía Gaseosa de Alta Resolución-Espectrometría de Masa de Alta Resolución (HRGC-HRMS), de acuerdo al método EPA 1613. Las muestras de los años 2016 a 2019 fueron analizadas en el Laboratorio de Oceanografía Química (LOQ) siguiendo el mismo método EPA 1613.

Se realizaron dos tipos de análisis comparativos en relación a la concentración de elementos y compuestos químicos persistentes en Puyes: i) comparación de datos recolectados durante las campañas otoñales del período 2014-2019 en Ciruelos, Rucaco (eje central del río Cruces) y Calle Calle (fuera del HRC) (Fig. 4.2.5.1), y ii) comparación de datos recolectados durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017 en Ciruelos, Rucaco, Punucapa (eje central del río Cruces), Pichoy, Cayumapu (ríos tributarios del HRC) y Calle Calle (fuera del HRC) (Fig. 4.2.5.1). Los análisis comparativos se realizaron mediante uso de ANDEVA Factorial de dos factores (Año y Estaciones).

### **Evaluación del estado sanitario**

Los puyes capturados se estudiaron en el Laboratorio de Biotecnología y Patología Acuática, Laboratorio de Anatomía Patológica y Laboratorio de Parasitología del Instituto de Patología Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Austral de Chile.

Los peces muestreados fueron ingresados al Laboratorio donde se les asignó un n° de caso, con fecha de ingreso, identificación de la especie y número de especímenes recolectados. Se realizó un examen clínico y necropsia de cada pez, con determinación del

peso húmedo y longitud, condición gonádica y toma de muestras de tejidos para análisis de laboratorio (bacteriología, virología y parasitología) por grupo de muestreo y tomando nota de toda anomalía clínica en una ficha de necropsia. Aparte de lo anterior, se obtuvieron muestras de tejidos para análisis histopatológicos. Todos los procedimientos e instructivos están normalizados y forman parte del SOP (“Standard Operational Procedures”) del Laboratorio de Biotecnología y Patología Acuática del Instituto de Patología Animal y están basados en el Manual of “Diagnostic Tests for Aquatic Animals” de la OIE (Organización Mundial de Salud Animal (OIE 2012).

### **Análisis histopatológicos**

Los exámenes histológicos se realizaron en puyes completos, posterior a la fijación de los especímenes en formalina al 10%. Las muestras se procesaron en el Laboratorio de Anatomía Patológica del Instituto de Patología Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Austral de Chile, donde se les asignó un número de laboratorio. Los puyes completos fueron introducidos en casetes plásticos, los que se procesaron de acuerdo a lo descrito por Luna (1968), en un equipo con frascos conteniendo alcoholes graduados en forma ascendente, pasando por solventes y terminando en parafina líquida, con el fin de deshidratar e impregnar en parafina los tejidos. Finalmente, los Puyes se incluyeron en parafina sólida, para luego ser cortados mediante micrótopo a cinco micras de grosor, obteniéndose láminas muy delgadas. Estas se montaron en portaobjetos para ser teñidas con hematoxilina eosina y ser cubiertas con un cubreobjetos, para posteriormente ser analizadas mediante el uso de microscopio óptico.

Mediante la observación microscópica y en base a Ferguson (2006), Roberts (2012) y Bruno *et al.* (2013), se evaluaron las características histopatológicas del sistema nervioso central (SNC), hígado, riñón, páncreas, corazón, branquias, estómago, intestino, gónadas y piel. Dado el grosor de las láminas cortadas y el pequeño tamaño de los peces estudiados, no siempre se obtuvieron muestras de todos los tejidos.

Este examen permite evaluar las características microscópicas de los tejidos, estableciéndose evidencias de normalidad o alteraciones patológicas (*e.g.*, inflamaciones, degeneraciones, alteraciones circulatorias, necrosis, malformaciones o neoplasias). Por otra parte, en peces tan pequeños como los Puyes, la histopatología es una forma apropiada para observar la presencia de parásitos en los tejidos (Gardiner & Poynton, 1999), metodología utilizada en este estudio para identificar los parásitos presentes en los peces analizados.

#### **4.2.5.4. Resultados**

##### **4.2.5.4.1. Estudios comunitarios y poblacionales**

###### **Composición taxonómica de la ictiofauna de las riberas**

La Tabla 4.2.5.1 muestra el número de especies de peces recolectados durante las campañas de otoño y primavera del período 2014- 2019, correspondiente a los Programas de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC.

En total se recolectaron doce especies de peces (siete nativas y cinco introducidas) durante todo el período de estudio. El Puye, la Gambusia y la Lamprea de bolsa, fueron las especies con las mayores frecuencias de aparición en los muestreos ( $n=12$ ), a la vez que la Tenca y la Carpa fueron los peces con menor representación en estos muestreos ( $n=1$ ) (Tabla 4.2.5.1). En general, se observó mayor riqueza de especies durante las campañas de otoño: 7 vs. 5, 10 vs. 7, 10 vs. 8 y 8 vs. 7 especies durante los otoños y primaveras de los años 2014, 2015, 2016 y 2018, respectivamente (Tabla 4.2.5.1). Se observó también que, durante el período de estudio disminuyó el número de especies (particularmente durante las campañas de otoño (Tabla 4.2.5.1). Sin embargo, tal tendencia no tiene significancia estadística ( $p>0,05$ ).

**Tabla 4.2.5.1.** Nombre científico, nombre común y origen (**N**=especie nativa; **I**=especie introducida) de las especies recolectadas en las riberas de los sitios de muestreo, durante las campañas de otoño y primavera del período 2014-2019. O =otoño, P =primavera, X =presencia.

nombre científico	nombre común	origen	campañas											
			O14	P14	O15	P15	O16	P16	O17	P17	O18	P18	O19	P19
<i>Galaxias maculatus</i> (Jenyns, 1842)	Puye, Puye chico	<b>N</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gambusia affinis</i> (Baird & Girard, 1853)	Gambusia, Pez mosquito	<b>I</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Percichthys trucha</i> (Valenciennes, 1833)	Perca trucha	<b>N</b>		X	X		X	X	X	X		X	X	X
<i>Percilia gillissi</i> (Girard, 1855)	Carmelita, Carmelia común, Coloradita	<b>N</b>		X	X	X	X	X	X	X		X		X
<i>Cheirodon sp.</i>	Pocha, Pocha del sur	<b>N</b>	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Geotria australis</i> (Gray, 1851)	Lamprea de bolsa, Anguila blanca, Lamprea de agua dulce	<b>N</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Trichomycterus areolatus</i> (Valenciennes, 1833)	Bagre de agua dulce	<b>N</b>	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	Trucha arcoiris	<b>I</b>	X		X		X			X	X	X	X	X
<i>Basilichthys australis</i> (Eigenmann, 1928)	Pejerrey, Pejerrey Chileno	<b>N</b>	X		X		X		X	X			X	
<i>Tinca sp</i>	Tenca	<b>I</b>			X							X		X
<i>Salmo trutta</i>	Trucha café	<b>I</b>				X		X	X	X				
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	<b>I</b>					X							

### **Abundancia de la ictiofauna de las riberas**

La Tabla 4.2.5.2 y Figura 4.2.5.3 muestran la abundancia total de los peces recolectados en las riberas del río Cruces (sectores Ciruelos, Rucaco, y Punucapa), ríos tributarios (Pichoy y Cayumapu) y río Calle Calle (fuera del humedal) (*cf.* Fig. 4.2.5.1), durante las campañas otoñales y primaverales del período 2014-2019. Además, se presentan las abundancias de los dos peces más comunes (en cuanto a presencia y abundancia) en las riberas del área de estudio: el Puye (*Galaxias maculatus*) y la Gambusia (*Gambusia affinis*). Antes de cualquier comparación, se hace hincapié en la gran variabilidad (*i.e.*, desviación estándar) en los valores de abundancia intra-sitios *i.e.*, entre muestras o secciones de muestro.

Durante el período de estudio (2014-2019), los valores más altos y más bajos de abundancias totales promedio de peces, se registraron en Ciruelos (~45 especímenes) y Calle Calle (~9 especímenes), respectivamente (*cf.* Tabla 4.2.5.2 y Figura 4.2.5.3). Por otra parte, se observó que en general, las abundancias generales de los peces fueron más altas durante los muestreos de otoño (*cf.* Tabla 4.2.5.2 y Figura 4.2.5.3).

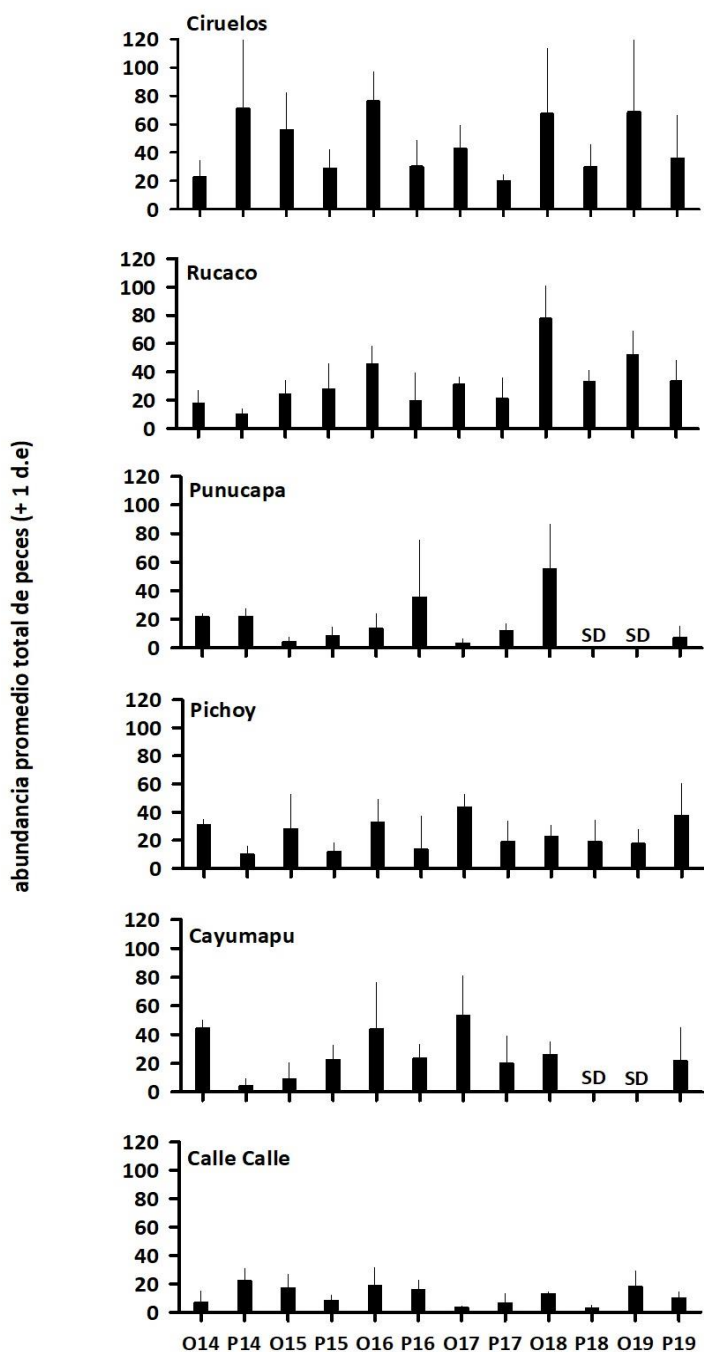
**Tabla 4.2.5.2.** Abundancia total de la ictiofauna, abundancia de *Galaxias maculatus* (Puye) y *Gambusia affinis* (Gambusia) en el área de estudio, durante el período 2014-2019. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis. SD= sin datos (ver Material y Métodos).

<b>río Cruces</b>	<b>fecha</b>	<b>abundancia total</b>	<b><i>G. maculatus</i></b>	<b><i>G. affinis</i></b>	
<b>Eje central del río Cruces (sector límnico)</b>	otoño 2014	22,3 (12,7)	<b>9,7 (4,9)</b>	<b>7,7 (0,6)</b>	
	primavera 2014	71,0 (56,2)	<b>61,3 (50,5)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
	sector Ciruelos	otoño 2015	55,5 (27,1)	<b>48,5 (21,0)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
		primavera 2015	28,3 (14,1)	<b>22,0 (15,2)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
		otoño 2016	75,8 (21,8)	<b>63,8 (22,2)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
		primavera 2016	29,8 (19,4)	<b>21,3 (16,4)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
		otoño 2017	42,5 (17,2)	<b>30,3 (20,4)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
		primavera 2017	19,5 (5,2)	<b>12,5 (7,8)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
		otoño 2018	67,0 (46,8)	<b>55,3 (41,7)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
		primavera 2018	29,3 (16,6)	<b>14,5 (12,0)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
		otoño 2019	68,3 (54,1)	<b>57,8 (54,6)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
		primavera 2019	35,5 (30,9)	<b>24,5 (27,2)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
sector Rucaco	otoño 2014	18,0 (8,9)	<b>14,3 (8,1)</b>	<b>2,7 (0,6)</b>	
	primavera 2014	10,0 (4,4)	<b>9,0 (4,4)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
	otoño 2015	24,3 (10,1)	<b>17,3 (11,9)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
	primavera 2015	28,0 (18,1)	<b>19,3 (14,5)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
	otoño 2016	45,5 (13,0)	<b>32,5 (11,0)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
	primavera 2016	19,8 (19,6)	<b>16,5 (20,0)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
	otoño 2017	31,0 (5,6)	<b>16,0 (14,3)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
	primavera 2017	21,5 (14,8)	<b>13,3 (8,1)</b>	<b>1,8 (2,9)</b>	
	otoño 2018	77,8 (22,8)	<b>62,3 (17,3)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
	primavera 2018	33,3 (8,2)	<b>16,5 (8,9)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
	otoño 2019	51,8 (17,5)	<b>27,8 (6,6)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
	primavera 2019	33,5 (15,3)	<b>26,0 (16,1)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>	otoño 2014	21,7 (2,5)	<b>20,7 (2,3)</b>	<b>0,3 (0,6)</b>	
	primavera 2014	21,7 (6,4)	<b>17,0 (10,5)</b>	<b>2,0 (3,5)</b>	
sector Punucapa	otoño 2015	4,0 (3,6)	<b>3,0 (2,4)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
	primavera 2015	8,5 (6,0)	<b>4,8 (3,9)</b>	<b>2,8 (4,9)</b>	
	otoño 2016	13,5 (10,5)	<b>5,5 (3,3)</b>	<b>7,3 (11,4)</b>	
	primavera 2016	35,3 (40,9)	<b>12,8 (5,0)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>	
	otoño 2017	3,3 (3,3)	<b>0,5 (0,6)</b>	<b>2,3 (3,3)</b>	
	primavera 2017	11,8 (5,6)	<b>10,3 (4,5)</b>	<b>0,8 (1,5)</b>	
	otoño 2018	55,3 (31,4)	<b>55,0(30,9)</b>	<b>0,3 (0,5)</b>	
	primavera 2018	SD	<b>SD</b>	<b>SD</b>	
	otoño 2019	SD	<b>SD</b>	<b>SD</b>	
	primavera 2019	7,0 (8,2)	<b>5,0 (4,3)</b>	<b>0,0,(0,0)</b>	

Continuación **Tabla 4.2.5.2.**

<b>río Cruces</b>	<b>fecha</b>	<b>abundancia total</b>	<b><i>G. maculatus</i></b>	<b><i>G. affinis</i></b>
río Pichoy, sector interior	otoño 2014	31,0 (4,0)	<b>11,3 (3,8)</b>	<b>19,0 (2,0)</b>
	primavera 2014	10,0 (6,1)	<b>10,0 (6,1)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
	otoño 2015	28,3 (24,9)	<b>5,8 (4,1)</b>	<b>17,8 (26,3)</b>
	primavera 2015	11,8 (6,8)	<b>2,5 (5,0)</b>	<b>2,0 (4,0)</b>
	otoño 2016	32,5 (16,8)	<b>3,5 (7,0)</b>	<b>24,8 (13,3)</b>
	primavera 2016	13,8 (23,6)	<b>0,0 (0,0)</b>	<b>2,5 (4,4)</b>
	otoño 2017	43,5 (9,7)	<b>7,3 (5,3)</b>	<b>33,5 (12,7)</b>
	primavera 2017	18,8 (14,7)	<b>4,0 (4,2)</b>	<b>8,0 (12,7)</b>
	otoño 2018	22,3 (8,3)	<b>4,0 (1,2)</b>	<b>14,0 (3,5)</b>
	primavera 2018	18,8 (15,7)	<b>7,5 (12,4)</b>	<b>4,0 (5,4)</b>
	otoño 2019	17,5 (10,4)	<b>6,8 (1,3)</b>	<b>10,3 (9,5)</b>
	primavera 2019	37,5 (23,2)	<b>24,3 (20,4)</b>	<b>3,5 (2,6)</b>
río Cayumapu, sector interior	otoño 2014	44,3 (5,9)	<b>10,0 (1,7)</b>	<b>34,3 (7,6)</b>
	primavera 2014	4,3 (5,1)	<b>1,7 (1,5)</b>	<b>1,3 (2,3)</b>
	otoño 2015	9,3 (11,6)	<b>1,8 (1,7)</b>	<b>7,0 (12,7)</b>
	primavera 2015	22,5 (10,5)	<b>5,3 (6,2)</b>	<b>13,8 (9,9)</b>
	otoño 2016	44,0 (33,0)	<b>6,0 (4,2)</b>	<b>37,0 (36,2)</b>
	primavera 2016	23,5 (9,5)	<b>4,5 (2,4)</b>	<b>10,8 (6,2)</b>
	otoño 2017	53,3 (27,8)	<b>0,3 (0,5)</b>	<b>52,8 (28,6)</b>
	primavera 2017	19,8 (19,9)	<b>15,0 (21,9)</b>	<b>4,8 (8,8)</b>
	otoño 2018	26,0 (9,1)	<b>10,5 (6,6)</b>	<b>8,5 (9,0)</b>
	primavera 2018	SD	<b>SD</b>	<b>SD</b>
	otoño 2019	SD	<b>SD</b>	<b>SD</b>
	primavera 2019	21,5 (23,6)	<b>20,0 (23,0)</b>	<b>1,3 (1,9)</b>
<b>Fuera del humedal del río y sus ríos tributarios</b> río Calle Calle, sector Chumpuyo	otoño 2014	7,0 (7,9)	<b>4,7 (4,7)</b>	<b>0,3 (0,6)</b>
	primavera 2014	22,0 (9,2)	<b>22,0 (6,1)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
	otoño 2015	17,0 (9,8)	<b>12,5 (7,6)</b>	<b>2,0 (3,4)</b>
	primavera 2015	8,3 (4,1)	<b>7,5 (4,7)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
	otoño 2016	19,0 (12,6)	<b>13,8 (8,6)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
	primavera 2016	15,8 (6,9)	<b>9,5 (6,7)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
	otoño 2017	3,3 (1,7)	<b>1,3 (1,3)</b>	<b>0,8 (1,0)</b>
	primavera 2017	6,5 (6,9)	<b>2,8 (4,2)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
	otoño 2018	13,0 (1,4)	<b>10,0 (3,6)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
	primavera 2018	2,5 (2,4)	<b>0,0 (0,0)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
	otoño 2019	18,0 (11,4)	<b>16,3 (11,5)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>
	primavera 2019	100 (4,7)	<b>5,3 (4,8)</b>	<b>0,0 (0,0)</b>



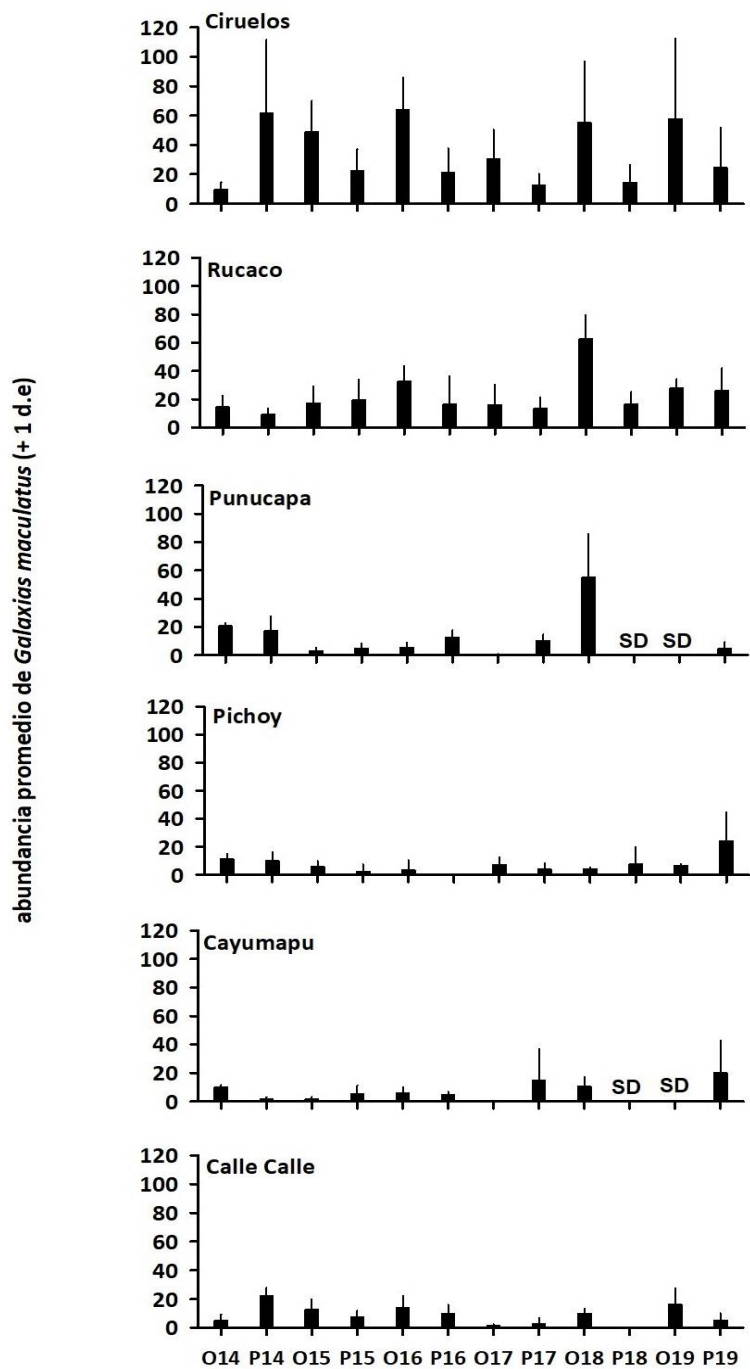


**Figura 4.2.5.3.** Abundancia promedio total de peces durante las campañas de otoño (O) y primavera (P) del período 2014-2019. Los valores son promedios más 1 desviación estándar. SD= sin datos.

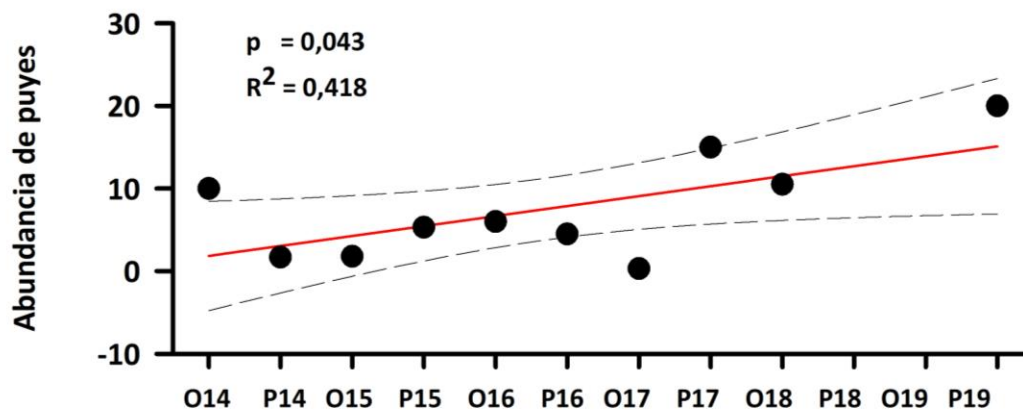
**Abundancias de *Galaxias maculatus* (Puye)**

La Tabla 4.2.5.2 y Figura 4.2.5.4, muestran la abundancia promedio del Puye en las riberas del río Cruces (sectores Ciruelos, Rucaco, y Punucapa), ríos tributarios del humedal (Pichoy y Cayumapu) y río Calle Calle (fuera del humedal) (cf. Fig. 4.2.5.1), durante las campañas otoñales y primaverales del período 2014-2019.

Las abundancias promedio más altas de puyes, se registraron en Ciruelos (~35 especímenes), a la vez que las abundancias promedio más bajas ocurrieron en los ríos Pichoy y Cayumapu (~7 y 8 especímenes, respectivamente) (cf. Tabla 4.2.5.2 y Figura 4.2.5.4). Durante el período 2014-2019, la abundancia promedio de puyes se mantuvo estable con variabilidad estacional en todas las estaciones de muestreo, con excepción de Cayumapu (cf. Tabla 4.2.5.2 y Figura 4.2.5.4). Durante el período de estudio, la abundancia promedio de puyes en esta estación aumentó significativamente ( $p < 0,05$ ) (Figura 4.2.5.5).



**Figura 4.2.5.4.** Abundancia promedio total de *Galaxias maculatus* (Puye) durante las campañas de otoño (O) y primavera (P) del período 2014-2019. Los valores son promedios más 1 desviación estándar. SD= sin datos.

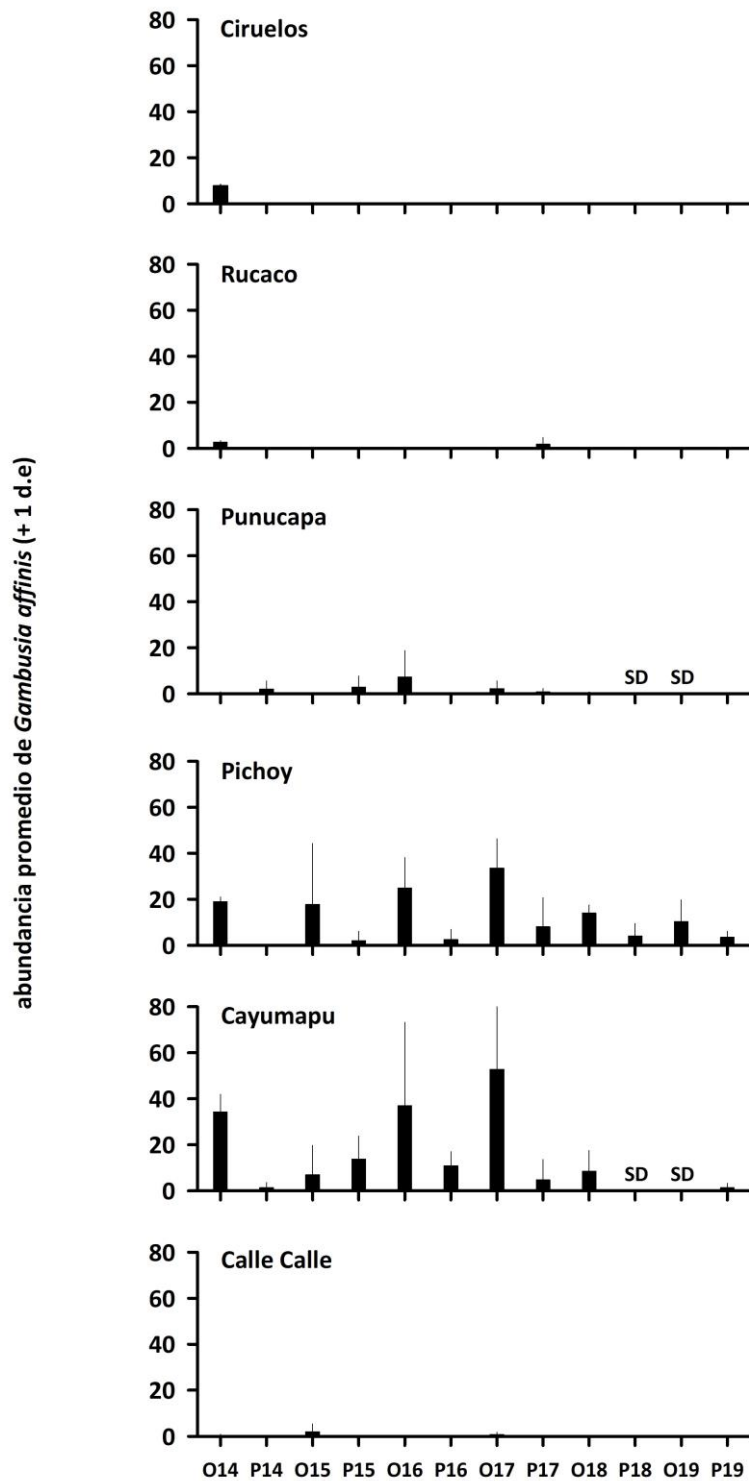


**Figura 4.2.5.5.** Abundancias promedio de *Galaxias maculatus* (Puye) en el río Cayumapu versus campañas otoñales y primaverales del período 2014-2019. La línea roja corresponde a la ecuación de la recta resultante del análisis de regresión que mostró significancia estadística ( $p < 0,05$ ), a la vez que las líneas segmentadas corresponden a los intervalos de confianza del 95%. O=Otoño, P=Primavera.

#### **Abundancias de *Gambusia affinis* (Gambusia)**

La Tabla 4.2.5.2 y Figura 4.2.5.6, muestran la abundancia promedio de la Gambusia en las riberas del río Cruces (sectores Ciruelos, Rucaco, y Punucapa), ríos tributarios del humedal (Pichoy y Cayumapu) y río Calle Calle (fuera del humedal) (cf. Fig. 4.2.5.1), durante las campañas otoñales y primaverales del período 2014-2019.

Las abundancias promedio más altas de gambusias, se registraron en los ríos Pichoy y Cayumapu (~12 y 17 especímenes, respectivamente), a la vez que las abundancias promedio más bajas ocurrieron en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle (< 1 espécimen en cada una de esas estaciones) (cf. Tabla 4.2.5.2 y Figura 4.2.5.6). No se detectó variación inter-anual significativa en las abundancias de este pez en el área de estudio.



**Figura 4.2.5.6.** Abundancia promedio total de *Gambusia affinis* (*Gambusia*) durante las campañas de otoño (O) y primavera (P) del período 2014-2019. Los valores son promedios más 1 desviación estándar. SD= sin datos.

### **Riqueza de especies de la ictiofauna en las riberas del HRC**

La Tabla 4.2.5.3 y Figura 4.2.5.7 muestran los valores de riqueza de especies en las riberas del río Cruces (sectores Ciruelos, Rucaco, y Punucapa), ríos tributarios del humedal (Pichoy y Cayumapu) y río Calle Calle (fuera del humedal) (cf. Fig. 4.2.5.1), durante las campañas otoñales y primaverales del período 2014-2019.

Los valores promedio más altos de riqueza de especies ocurrieron en Ciruelos, Rucaco y Pichoy (~ 3, 4 y 3 especies, respectivamente), a la vez que los valores más bajos se detectaron en Punucapa, Cayumapu y Calle Calle (~ 2 especies en cada una de estas estaciones) (Tabla 4.2.5.3 y Figura 4.2.5.7). Solo la riqueza de especies de Punucapa mostró variabilidad inter-anual significativa ( $p < 0,05$ ) en el tiempo: disminución temporal durante el período 2014-2019 (Fig. 4.2.5.8).

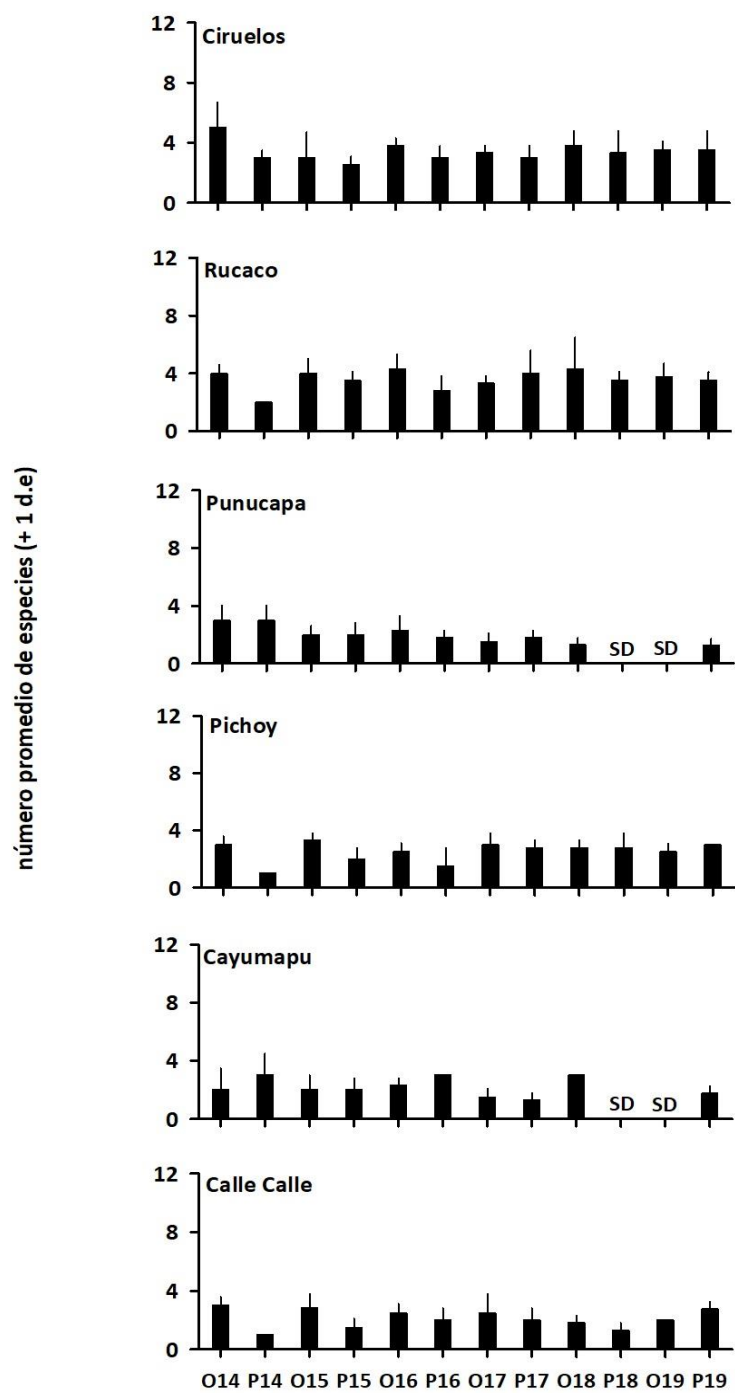
**Tabla 4.2.5.3.** Valores promedio del número de especies (n) durante las campañas otoñales y primaverales del período 2014-2019. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis. n= número de especie, SD = sin datos (ver Material y Métodos).

	fecha	número de especies
<b>Eje central del río Cruces</b> <b>(sector límnic)</b> Ciruelos	otoño 2014	5,0 (1,7)
	primavera 2014	3,0 (0,5)
	otoño 2015	3,0 (1,7)
	primavera 2015	2,5 (0,6)
	otoño 2016	3,8 (0,5)
	primavera 2016	3,0 (0,8)
	otoño 2017	3,3 (0,5)
	primavera 2017	3,0 (0,8)
	otoño 2018	3,8 (1,0)
	primavera 2018	3,3 (1,5)
	otoño 2019	3,5 (0,6)
	primavera 2019	3,5 (1,3)
<b>Eje central del río Cruces</b> <b>(sector límnic)</b> Rucaco	otoño 2014	4,0 (0,6)
	primavera 2014	2,0 (0,0)
	otoño 2015	4,0 (1,0)
	primavera 2015	3,5 (0,6)
	otoño 2016	4,3 (1,0)
	primavera 2016	2,8 (1,0)
	otoño 2017	3,3 (0,5)
	primavera 2017	4,0 (1,6)
	otoño 2018	4,3 (2,2)
	primavera 2018	3,5 (0,6)
	otoño 2019	3,8 (1,0)
	primavera 2019	3,5 (0,6)
<b>Eje central del río Cruces</b> <b>(sector estuarial)</b> Punucapa	otoño 2014	3,0 (1,0)
	primavera 2014	3,0 (1,0)
	otoño 2015	2,0 (0,6)
	primavera 2015	2,0 (0,8)
	otoño 2016	2,3 (1,0)
	primavera 2016	1,8 (0,5)
	otoño 2017	1,5 (0,6)
	primavera 2017	1,8 (0,5)
	otoño 2018	1,3 (0,5)
	primavera 2018	SD
	otoño 2019	SD
	primavera 2019	1,3 (0,5)

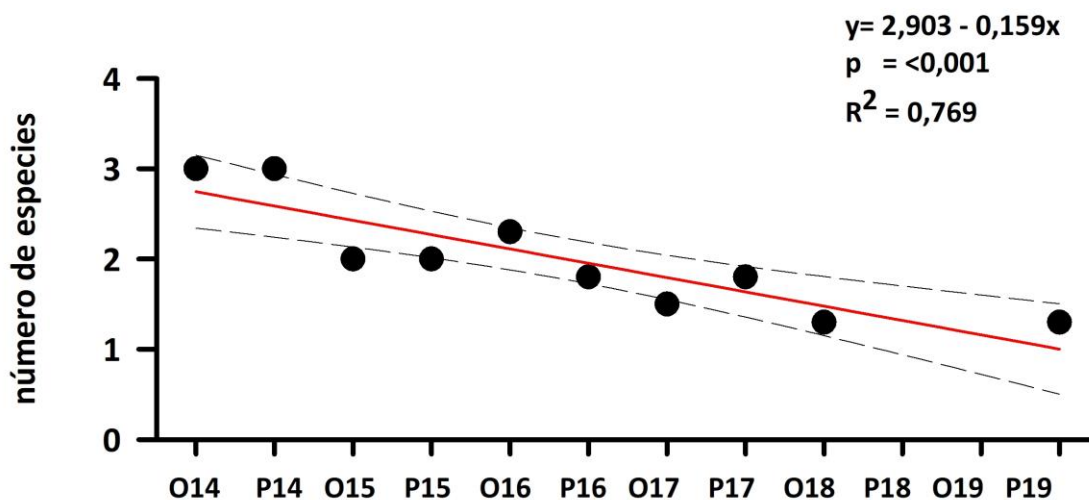
Continuación **Tabla 4.2.5.3**

	<b>fecha</b>	<b>número de especies</b>
<b>Ríos tributario del humedal (sector estuarial)</b> río Pichoy	otoño 2014	3,0 (0,6)
	primavera 2014	1,0 (0,0)
	otoño 2015	3,3 (0,5)
	primavera 2015	2,0 (0,8)
	otoño 2016	2,5 (0,6)
	primavera 2016	1,5 (1,3)
	otoño 2017	3,0 (0,8)
	primavera 2017	2,8 (0,5)
	otoño 2018	2,8 (0,5)
	primavera 2018	2,8 (1,0)
	otoño 2019	2,5 (0,6)
	primavera 2019	3,0 (0,0)
río Cayumapu,	otoño 2014	2,0 (1,5)
	primavera 2014	3,0 (1,5)
	otoño 2015	2,0 (1,0)
	primavera 2015	2,0 (0,8)
	otoño 2016	2,3 (0,5)
	primavera 2016	3,0 (0,0)
	otoño 2017	1,5 (0,6)
	primavera 2017	1,3 (0,5)
	otoño 2018	3,0 (0,0)
	primavera 2018	SD
	otoño 2019	SD
	primavera 2019	1,8 (0,5)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b> río Calle Calle	otoño 2014	3,0 (0,6)
	primavera 2014	1,0 (0,0)
	otoño 2015	2,8 (1,0)
	primavera 2015	1,5 (0,6)
	otoño 2016	2,5 (0,6)
	primavera 2016	2,0 (0,8)
	otoño 2017	2,5 (1,3)
	primavera 2017	2,0 (0,8)
	otoño 2018	1,8 (0,5)
	primavera 2018	1,3 (0,5)
	otoño 2019	2,0 (0,0)
	primavera 2019	2,8 (0,5)





**Figura 4.2.5.7.** Valores promedio del número de especies durante las campañas de otoño (O) y primavera (P) del período 2014-2019. Los valores son promedios más 1 desviación estándar. SD= sin datos. SD = sin datos (ver Material y Métodos).



**Figura 4.2.5.8.** Riqueza promedio de especies en Punucapa *versus* campañas otoñales y primaverales del período 2014-2019. La línea roja corresponde a la ecuación de la recta resultante del análisis de regresión que mostró significancia estadística ( $p < 0,05$ ), a la vez que las líneas segmentadas corresponden a los intervalos de confianza del 95%. O=Otoño, P=Primavera.

### Tamaño corporal del Puye

La Tabla 4.2.5.4 muestra el número de individuos (n), media, moda y rangos de tallas corporales (mínimos y máximos) de los puyes recolectados en las riberas del río Cruces (sectores Ciruelos, Rucaco, y Punucapa), ríos tributarios del humedal (ríos Pichoy y Cayumapu) y río Calle Calle (fuera del humedal), durante las campañas de otoño y primavera del período 2014- 2019.

El análisis de los promedios de medias y modas por estación muestra valores similares de tallas corporales de puyes para toda el área de estudio: promedios entre 4,7 y 4,8 cm para medias y entre 4,2 y 4,7 cm para modas en Ciruelos y Pichoy, respectivamente y promedios entre 5,2 y 5,3 cm para medias y entre 4,9 y 5,0 cm para modas en Rucaco, Punucapa, Cayumapu y Calle Calle (ver datos Tabla 4.2.5.4).

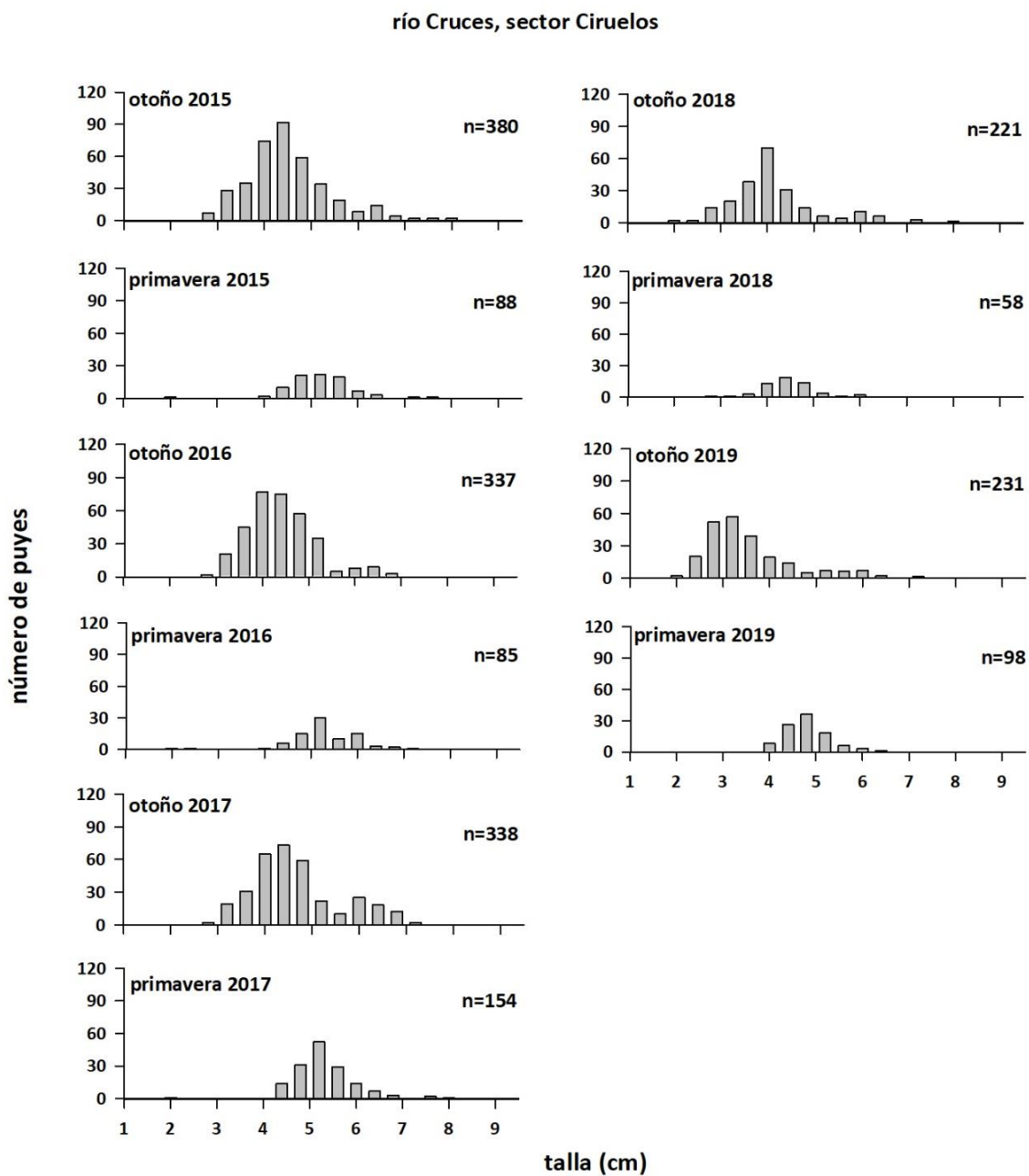
**Tabla 4.2.5.4.** Número de peces recolectados (n) media, moda y rangos de tallas corporales (valores en cm) de *Galaxias maculatus* durante el período 2014-2019. SD =sin datos (ver Material y Métodos).

sectores	campañas	n	media	moda	rango
<b>Eje central río Cruces (sector límnico)</b> sector Ciruelos	otoño 2014	543	4,6	5,0	2,8 - 7,6
	primavera 2014	184	5,4	4,5	3,8 - 8,1
	otoño 2015	380	4,6	4,8	2,9 - 8,1
	primavera 2015	88	5,3	5,3	2,2 - 7,6
	otoño 2016	337	4,5	4,3	3,1 - 7,0
	primavera 2016	85	5,4	5,2	2,2 - 7,5
	otoño 2017	338	4,8	4,0	3,0 - 7,4
	primavera 2017	154	5,5	5,5	2,1 - 8,1
	otoño 2018	221	4,3	4,3	2,2 - 8,2
	primavera 2018	58	4,6	4,8	3,0 - 6,3
	otoño 2019	231	3,5	3,5	2,0 - 7,3
	primavera 2019	98	5,0	5,0	4,0 - 6,7
sector Rucaco	otoño 2014	71	4,8	4,5	2,4 - 7,5
	primavera 2014	140	5,7	5,6	4,1 - 8,6
	otoño 2015	469	4,5	4,6	2,9 - 7,5
	primavera 2015	77	5,7	5,7	4,6 - 7,6
	otoño 2016	511	4,9	5,0	2,7 - 7,8
	primavera 2016	67	5,4	5,6	3,5 - 7,2
	otoño 2017	382	5,0	5,0	2,7 - 7,6
	primavera 2017	146	5,6	5,3	3,6 - 7,9
	otoño 2018	422	4,4	3,9	3,0 - 8,4
	primavera 2018	66	5,5	5,2	4,0 - 8,0
	otoño 2019	111	4,8	4,1	3,0 - 6,8
	primavera 2019	104	5,6	5,5	4,2 - 8,3
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b> sector Punucapa	otoño 2014	66	4,8	5,0	3,5 - 6,5
	primavera 2014	218	5,7	6,0	3,9 - 8,3
	otoño 2015	32	5,1	4,9	4,0 - 7,6
	primavera 2015	19	5,8	5,6	4,5 - 7,1
	otoño 2016	47	6,0	6,2	4,5 - 7,3
	primavera 2016	51	5,8	6,0	1,6 - 7,6
	otoño 2017	300	5,0	5,0	1,6 - 7,9
	primavera 2017	111	4,5	3,5	2,5 - 8,5
	otoño 2018	253	3,7	3,0	2,3 - 6,4
	primavera 2018	SD	SD	SD	SD
	otoño 2019	SD	SD	SD	SD
	primavera 2019	20	5,3	4,5	4,2 - 7,0

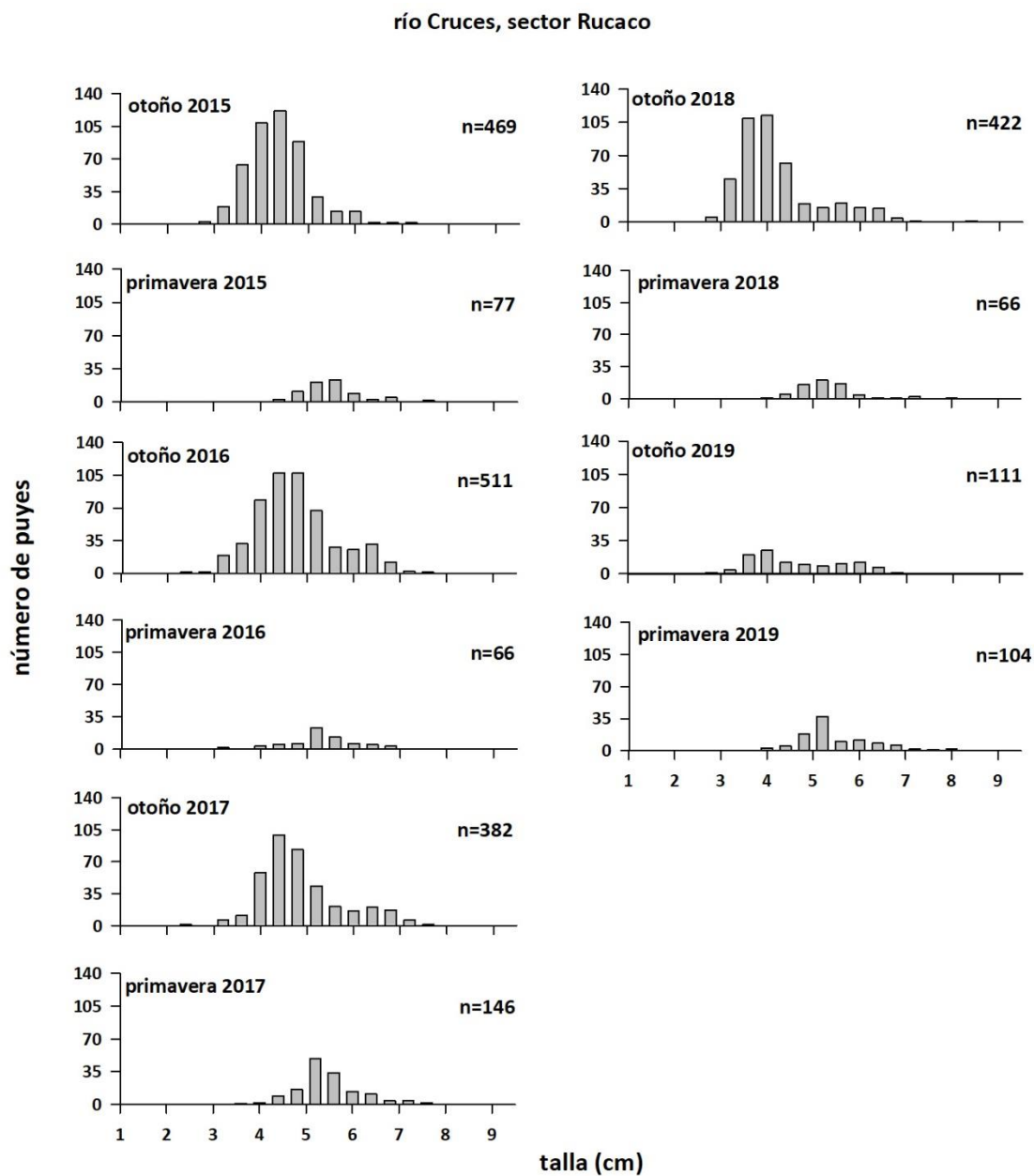
Continuación **Tabla 4.2.5.4**

<b>sectores</b>	<b>campañas</b>	<b>n</b>	<b>media</b>	<b>moda</b>	<b>rango</b>	
<b>Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)</b>	otoño 2014	46	4,1	4,0	3,4 - 6,4	
	primavera 2014	154	5,8	5,5	4,0 - 12,5	
	río Pichoy, sector interior	otoño 2015	49	5,4	5,0	3,9 - 8,6
		primavera 2015	10	6,7	6,2	5,8 - 7,8
		otoño 2016	14	5,0	5,0	3,9 - 5,8
		primavera 2016	0	0,0	0,0	0,0 - 0,0
		otoño 2017	183	5,3	4,8	2,5 - 8,4
		primavera 2017	39	4,1	1,8	1,4 - 7,6
		otoño 2018	27	4,5	4,4	3,1 - 7,0
		primavera 2018	30	5,7	5,6	4,5 - 8,3
		otoño 2019	27	4,0	2,9	2,5 - 6,9
		primavera 2019	97	5,4	5,5	4,3 - 8,4
	río Cayumapu, sector interior	otoño 2014	30	4,7	4,5	3,3 - 6,6
primavera 2014		158	5,5	5,0	4,2 - 7,6	
otoño 2015		28	5,9	5,5	4,2 - 8,5	
primavera 2015		21	5,8	5,6	5,3 - 6,5	
otoño 2016		48	5,9	4,6	3,9 - 9,4	
primavera 2016		18	6,4	6,0	5,7 - 7,4	
otoño 2017		457	4,5	4,5	2,3 - 9,3	
primavera 2017		60	5,2	3,4	2,5 - 8,2	
otoño 2018		66	4,1	4,6	1,6 - 6,5	
primavera 2018		SD	SD	SD	SD	
otoño 2019		SD	SD	SD	SD	
primavera 2019		80	5,3	5,0	4,1 - 7,8	
sector río Calle Calle	otoño 2014	28	5,0	4,6	3,4 - 7,8	
	primavera 2014	148	6,3	6,0	2,4 - 9,5	
	otoño 2015	375	5,2	4,9	3,4 - 7,9	
	primavera 2015	30	6,0	6,2	3,5 - 7,6	
	otoño 2016	279	6,0	5,4	2,6 - 9,4	
	primavera 2016	38	6,2	5,9	1,6 - 8,1	
	otoño 2017	198	5,6	5,1	2,9 - 8,5	
	primavera 2017	13	7,2	6,8	5,8 - 9,7	
	otoño 2018	138	4,9	4,5	3,5 - 7,5	
	primavera 2018	0	0,0	0,0	0,0 - 0,0	
	otoño 2019	65	4,8	4,2	2,5 - 8,9	
	primavera 2019	21	5,2	4,8	4,0 - 8,5	

Las Figuras 4.2.5.9 a 4.2.5.14 muestran la distribución de clases de talla de los puyes recolectados durante las campañas otoñales y primaverales del período 2014-2019. El análisis de tales distribuciones muestra cambios estacionales notorios: desde el otoño a la primavera, las frecuencias de tallas más bajas (< 5 cm) desaparecen o disminuyen en abundancias, quedando en general solo especímenes con tallas superiores a los 5 cm y en abundancias más bajas que las observadas durante el otoño. Esto se observó primariamente en las estaciones de Ciruelos, Rucaco, Pichoy (con excepción del año 2017) y Calle Calle (Fig. 4.2.5.9, 4.2.5.10, 4.2.5.12 y 4.2.5.14). Esto sugiere migraciones estacionales fuera del área de estudio; sin embargo, la baja periodicidad de los muestreos (dos veces al año) impide avanzar más allá de esta sugerencia.

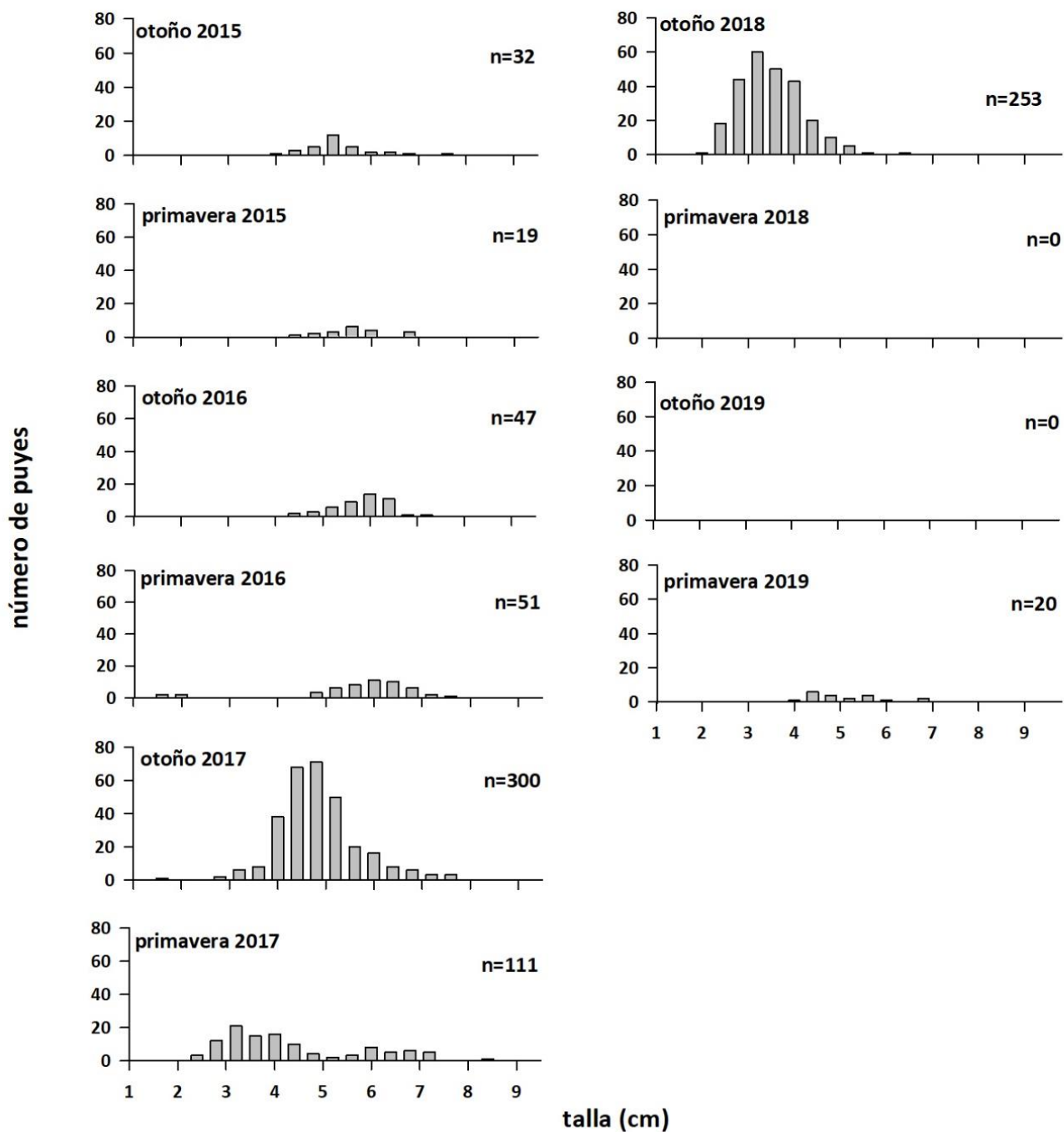


**Figura 4.2.5.9.** Distribución de tallas corporales del Puye en el río Cruces, sector Ciruelos, durante el período 2014-2019.



**Figura 4.2.5.10.** Distribución de tallas corporales del Puye en el río Cruces, sector Rucaco, durante el período 2014-2019.

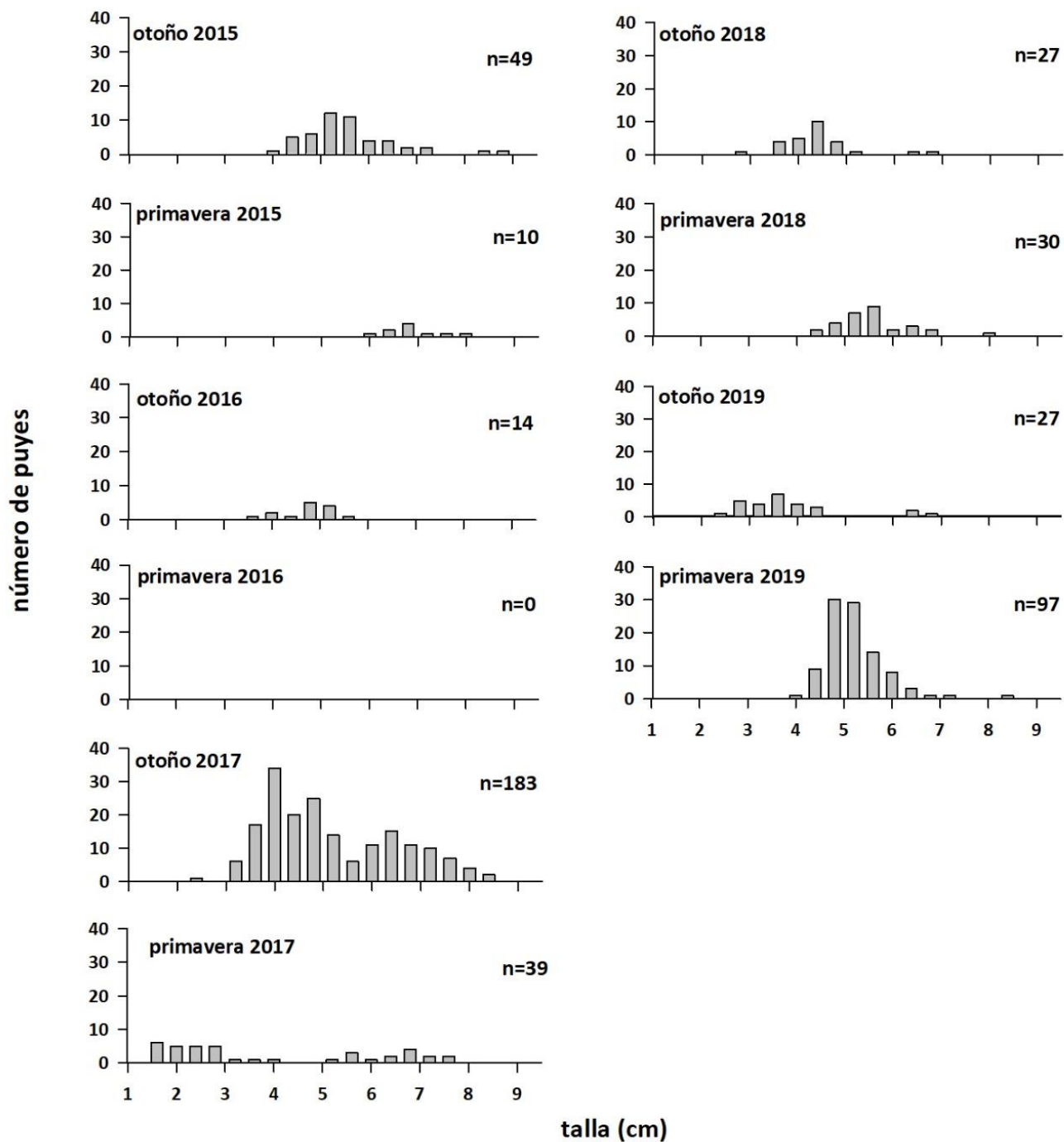
## río Cruces, sector Punucapa



**Figura 4.2.5.11.** Distribución de tallas corporales del Puye en el río Cruces, sector Punucapa, durante el período 2014-2019.

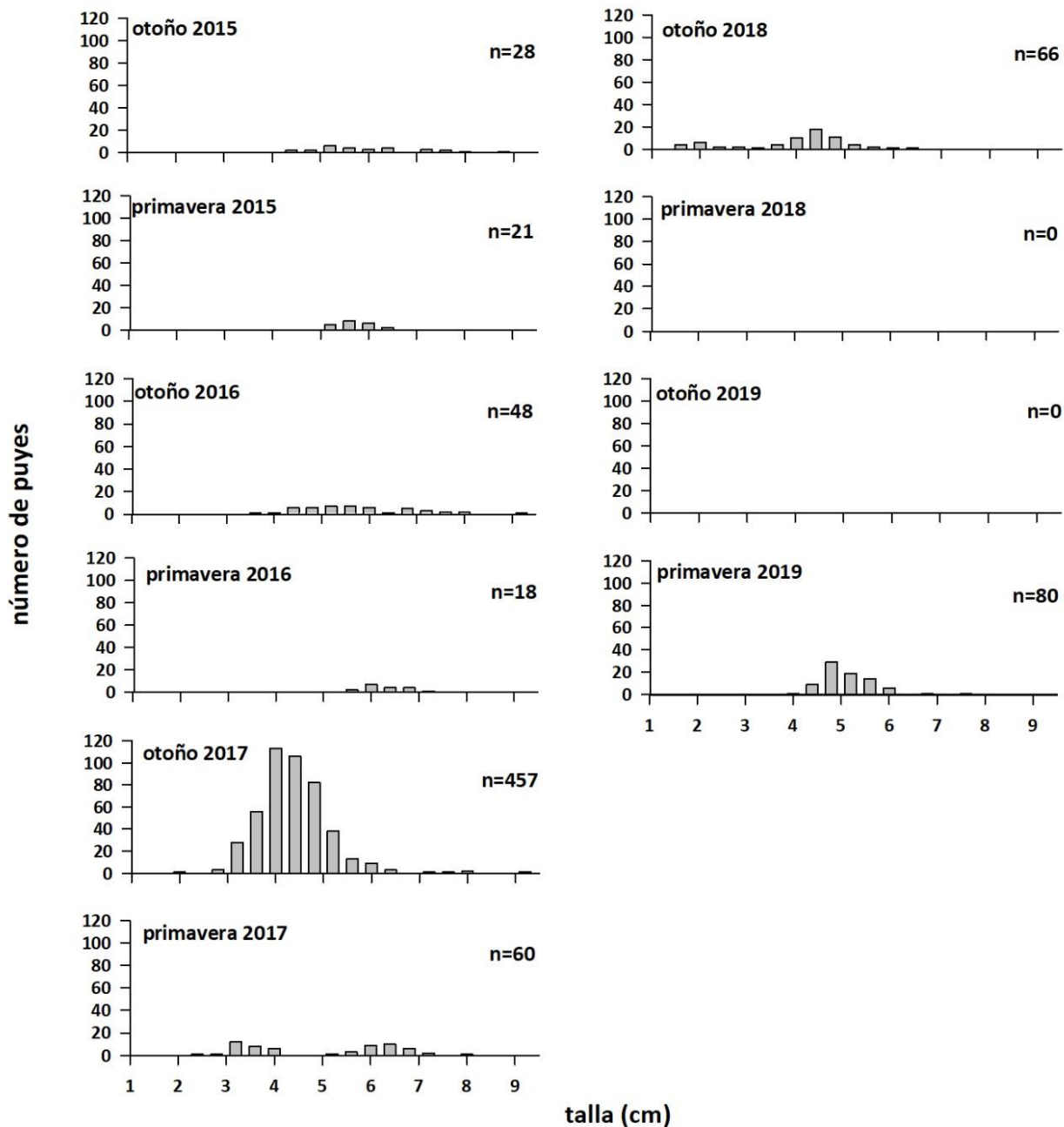


## río Pichoy, sector interior

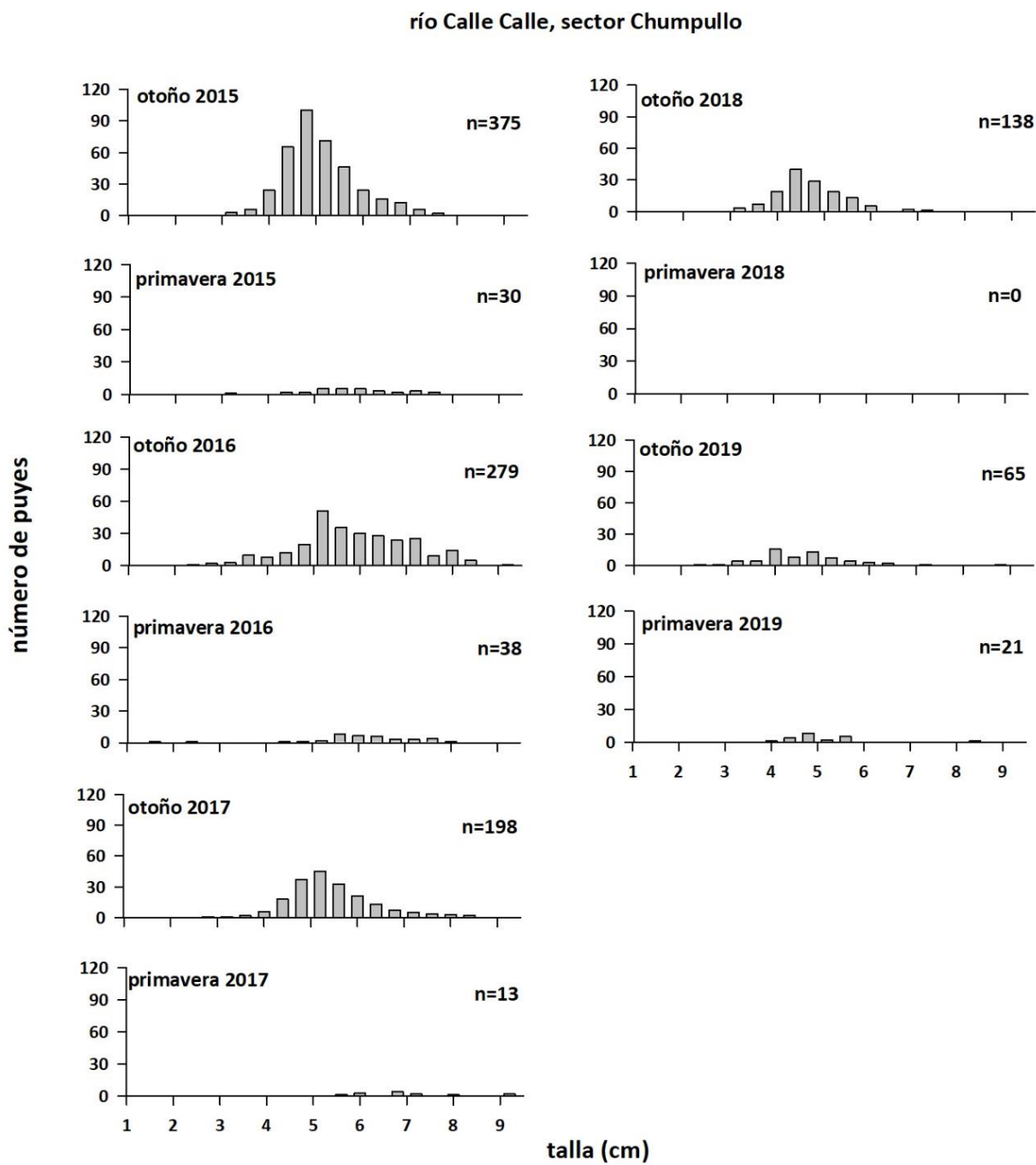


**Figura 4.2.5.12.** Distribución de tallas corporales del Puye en el río Pichoy, durante el período 2014-2019.

## río Cayumapu, sector interior



**Figura 4.2.5.13.** Distribución de tallas corporales del Puye en el río Cayumapu, durante el período 2014-2019.



**Figura 4.2.5.14.** Distribución de tallas corporales del Puye en el río Calle Calle, durante el período 2014-2019.

#### **4.2.5.4.2. Elementos y compuestos químicos en *Galaxias maculatus***

##### **Metales pesados**

##### **Comparaciones en base a muestreos otoñales del período 2014-2019 en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle**

Las Tablas 4.2.5.5 a 4.2.5.7 y la Figura 4.2.5.15, muestran las concentraciones de metales pesados en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en las estaciones Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, durante el período 2014-2019.

Durante todas las campañas, los metales pesados más comunes (*i.e.*, mayores concentraciones) fueron Hierro, Aluminio y Zinc (Tablas 4.2.5.5 y 4.2.5.6). Le siguen el Manganeso (Tabla 4.2.5.5), Cobre (no detectado en varias ocasiones), Plomo y Mercurio (Tablas 4.2.5.6 y 4.2.5.7). No se detectó Cadmio y Arsénico en los puyes examinados (Tabla 4.2.5.7).

**Tabla 4.2.5.5.** Concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso en tejidos de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

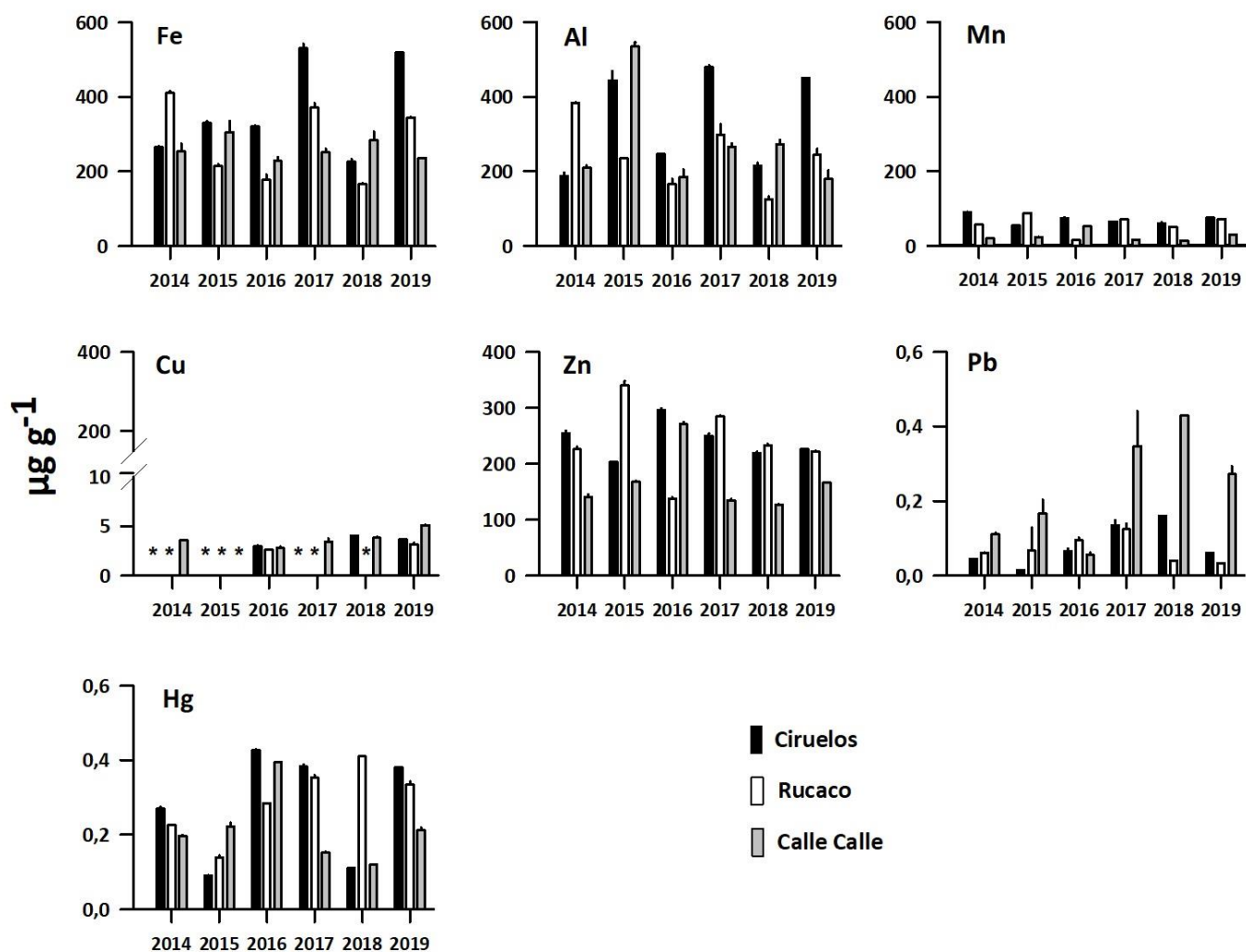
estación	campana	Hierro ( $\mu\text{g/g}$ )	Aluminio ( $\mu\text{g/g}$ )	Manganeso ( $\mu\text{g/g}$ )
<b>Eje central río Cruces (sector límnic)</b> sector Ciruelos	otoño 2014	266,1 (1,5)	186,8 (10,3)	89,9 (1,3)
	otoño 2015	329,1 (5,5)	444,3 (25,4)	55,2 (0,2)
	otoño 2016	321,3 (2,8)	246,2 (0,9)	74,9 (2,2)
	otoño 2017	530,7 (12,2)	480,4 (4,8)	65,3 (0,4)
	otoño 2018	226,6 (7,1)	215,6 (7,5)	61,3 (2,1)
	otoño 2019	519,2	450,4	76,2
sector Rucaco	otoño 2014	410,8 (5,8)	383,5 (2,0)	57,2 (1,4)
	otoño 2015	215, 1 (3,9)	234,2 (2,3)	88,5 (0,4)
	otoño 2016	177,1 (14,5)	165,1 (14,6)	15,2 (1,0)
	otoño 2017	371,4 (12,6)	298,2 (28,8)	70,7 (0,8)
	otoño 2018	166,0 (3,0)	124,6 (8,3)	50,6 (0,9)
	otoño 2019	344,8 (0,9)	244,0 (16,9)	71,8 (0,6)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b> río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	254,0 (20,5)	209,9 (6,1)	21,1 (0,5)
	otoño 2015	305,2 (30,7)	535,4 (10,6)	23,7 (0,8)
	otoño 2016	228,0 (11,0)	184,9 (19,4)	53,1 (0,4)
	otoño 2017	252,1 (8,8)	266,4 (9,1)	15,8 (0,1)
	otoño 2018	283,4 (23,2)	273,2 (11,5)	14,5 (0,2)
otoño 2019	236,4 (0,5)	180,0 (22,1)	29,8 (0,0)	

**Tabla 4.2.5.6.** Concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo en tejidos de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis, \* = no detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	campanias	Cobre (µg/g)	Zinc (µg/g)	Plomo (µg/g)
<b>Eje central río Cruces (sector límnico)</b> sector Ciruelos	otoño 2014	*	254,16 (5,3)	0,05 (0,0)
	otoño 2015	*	203,46 (0,4)	0,01 (0,0)
	otoño 2016	2,95 (0,1)	296,14 (3,1)	0,07 (0,0)
	otoño 2017	*	250,10 (4,0)	0,13 (0,0)
	otoño 2018	4,05 (0,0)	219,06 (2,7)	0,16 (0,0)
	otoño 2019	3,67 (-)	226,7 (-)	0,06 (-)
sector Rucaco	otoño 2014	*	225,99 (4,7)	0,06 (0,0)
	otoño 2015	*	339,90 (7,9)	0,07 (0,0)
	otoño 2016	2,60 (0,0)	138,14 (2,3)	0,09 (0,0)
	otoño 2017	*	284,80 (1,2)	0,12 (0,0)
	otoño 2018	*	232,84 (2,9)	0,04 (0,0)
	otoño 2019	3,16 (0,9)	222,3 (1,5)	0,03 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b> río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	3,54 (0,0)	140,69 (4,7)	0,11 (0,0)
	otoño 2015	*	168,35 (0,8)	0,17 (0,0)
	otoño 2016	2,77 (0,2)	270,94 (3,9)	0,06 (0,0)
	otoño 2017	3,40 (0,4)	134,60 (2,1)	0,35 (0,1)
	otoño 2018	3,81 (0,1)	126,76 (1,3)	0,43 (0,0)
	otoño 2019	5,10 (0,0)	165,9 (0,9)	0,27 (0,0)

**Tabla 4.2.5.7.** Concentraciones de Cadmio, Arsénico y Mercurio en tejidos de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis, \* = no detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	campañas	Cadmio ( $\mu\text{g/g}$ )	Arsénico ( $\mu\text{g/g}$ )	Mercurio ( $\mu\text{g/g}$ )	
<b>Eje central río Cruces (sector límnico)</b>	otoño 2014	*	*	0,27 (0,0)	
	otoño 2015	*	*	0,09 (0,0)	
	sector Ciruelos	otoño 2016	*	*	0,43 (0,0)
		otoño 2017	*	*	0,38 (0,0)
		otoño 2018	*	*	0,11 (0,0)
		otoño 2019	*	*	0,38
sector Rucaco	otoño 2014	*	*	0,23 (0,0)	
	otoño 2015	*	*	0,14 (0,0)	
	otoño 2016	*	*	0,29 (0,0)	
	otoño 2017	*	*	0,35 (0,0)	
	otoño 2018	*	*	0,41 (0,0)	
	otoño 2019	*	*	0,34 (0,0)	
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>	otoño 2014	*	*	0,20 (0,0)	
	otoño 2015	*	*	0,22 (0,0)	
	río Calle Calle, sector chumpullo	otoño 2016	*	*	0,39 (0,0)
		otoño 2017	*	*	0,15 (0,0)
		otoño 2018	*	*	0,12 (0,0)
		otoño 2019	*	*	0,21 (0,0)



**Figura 4.2.5.15.** Concentración de metales pesados en especímenes de *Galaxias maculatus*, recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios más una desviación estándar. \* = no detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.



### **Análisis estadísticos**

Los resultados de los análisis de ANDEVA factorial y test a posteriori de Tukey, llevados a cabo para evaluar el efecto de los factores Año y Estación, en las concentraciones de metales pesados presentes en los tejidos de *Galaxias maculatus*, se muestran en la Tabla 4.2.5.8. No se incluyó el Cobre en estos análisis, ya que el número de detecciones fue muy irregular (3, 2 y 5 detecciones en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, respectivamente; Tabla 4.2.5.6). Tampoco se incluyó al Cadmio y al Arsénico ya que no fueron detectados en ninguna prueba (Tabla 4.2.5.7).

Aún cuando se detectaron diferencias inter-anales significativas ( $p < 0,05$ ), no se encontraron tendencias definidas de variación al comparar años de muestreo (Tabla 4.2.5.8).

Las concentraciones de Hierro, Aluminio, Manganeso y Zinc fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en los tejidos de puyes recolectados en Ciruelos *versus* aquellos de Rucaco y Calle Calle, en tanto que las concentraciones de Plomo y Mercurio fueron significativamente más altas en Calle Calle y Rucaco, respectivamente (Tabla 4.2.5.8).

**Tabla 4.2.5.8.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de metales pesados registrados en ejemplares completos de *Galaxias maculatus*. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; CC= Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Fe (*)(**)	Año (A)	5	0,231	0,046	110,723	< 0,001	2017=2019>2014=2015>2016=2018
	Estación (E)	2	0,112	0,056	134,590	< 0,001	Ci > Ru = CC
	A × E	10	1,300	0,030	72,007	< 0,001	
	Error	17	0,007	0,001			
	Total	34	0,616	0,018			
Al (*)(**)	Año (A)	5	0,434	0,087	121,218	< 0,001	2015>2017>2019=2014>2016=2018
	Estación (E)	2	0,113	0,057	79,180	< 0,001	Ci > CC > Ru
	A × E	10	0,498	0,050	69,553	< 0,001	
	Error	17	0,012	0,001			
	Total	34	1,039	0,031			
Mn (*)(**)	Año (A)	5	0,127	0,026	239,553	< 0,001	2019>2015=2014>2017>2016>2018
	Estación (E)	2	1,325	0,663	6232,867	< 0,001	Ci > Ru > CC
	A × E	10	1,094	0,109	1028,865	< 0,001	
	Error	17	0,002	0,001			
	Total	34	2,578	0,076			
Zn (*)(**)	Año (A)	5	0,030	0,006	128,765	< 0,001	2015=2016>2017>2019=2014>2018
	Estación (E)	2	0,207	0,103	2219,695	< 0,001	Ci > Ru > CC
	A × E	10	0,320	0,032	686,374	< 0,001	
	Error	17	0,001	0,001			
	Total	34	0,563	0,017			
Pb (*)(***)	Año (A)	5	1,335	0,267	17,067	< 0,001	2017=2018>2019=2014=2016=2015
	Estación (E)	2	1,773	0,887	56,659	< 0,001	CC > Ci = Ru
	A × E	10	1,629	0,163	10,408	< 0,001	
	Error	17	0,266	0,016			
	Total	34	5,019	0,148			
Hg (*)(**)	Año (A)	5	0,683	0,137	1293,053	< 0,001	2016>2019>2017>2014>2018>2015
	Estación (E)	2	0,110	0,055	521,908	< 0,001	Ru > Ci > CC
	A × E	10	0,749	0,075	708,863	< 0,001	
	Error	17	0,002	0,001			
	Total	34	1,529	0,045			

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a log<sub>10</sub>; (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA

### **Comparaciones en base a muestreos otoñales de los años 2014 y 2017 en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle**

Las Tablas 4.2.5.9 a 4.2.5.11 y la Figura 4.2.5.16, muestran las concentraciones de metales pesados en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en los sectores de Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 (Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC) y 2017 (3º año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC).

Durante ambas campañas, los metales pesados más representados (*i.e.*, mayores concentraciones) fueron el Hierro, Aluminio y Zinc (Tabla 4.2.5.9 y 4.2.5.10). No se detectó Cobre en los tejidos de puyes capturados en Ciruelos y Rucaco durante ambas campañas (Tabla 4.2.5.10); tampoco Cadmio y Arsénico en todos los puyes examinados (Tabla 4.2.5.11).

**Tabla 4.2.5.9.** Concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso en tejidos de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

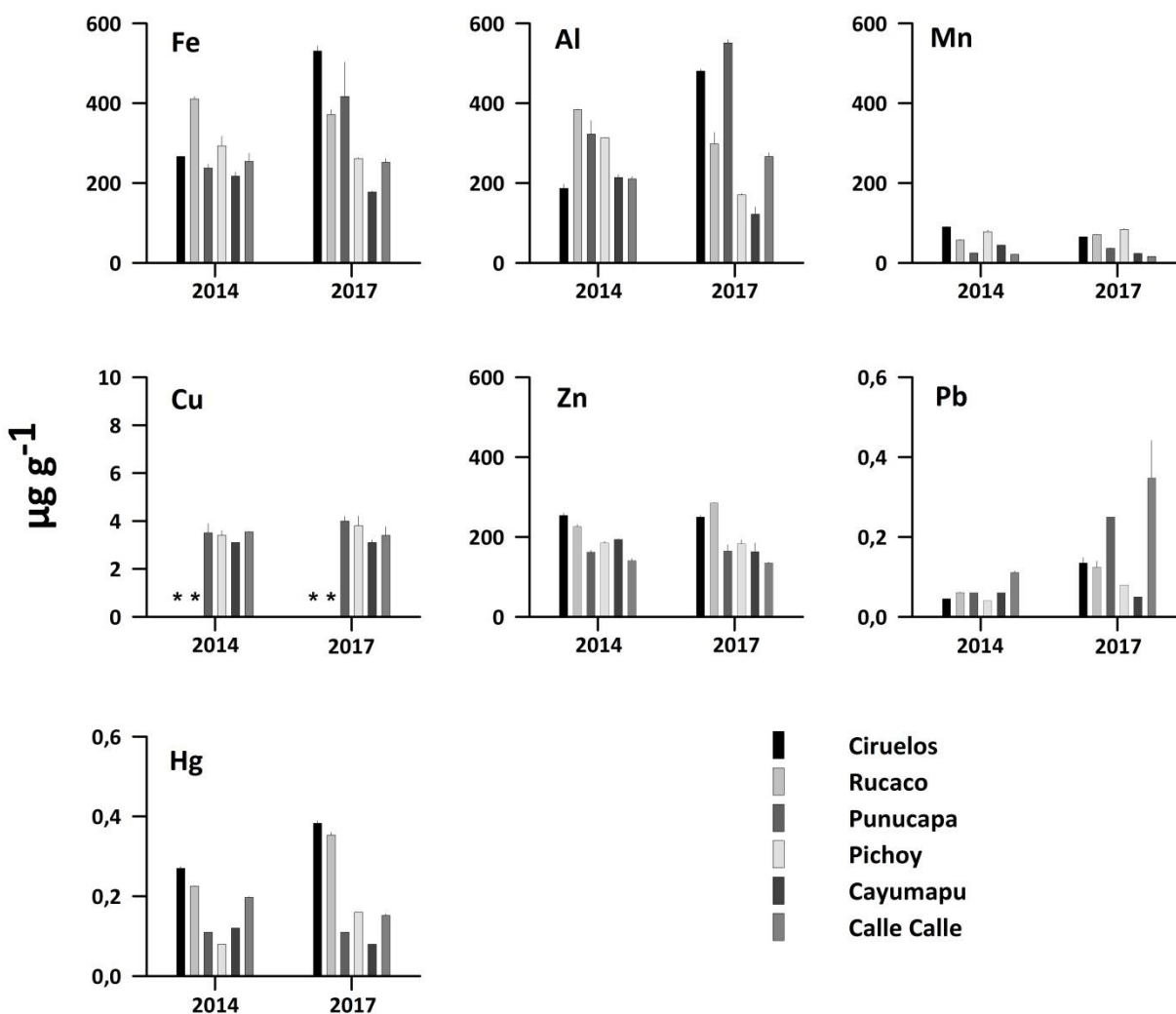
estaciones	campañas	Hierro ( $\mu\text{g/g}$ )	Aluminio ( $\mu\text{g/g}$ )	Manganeso ( $\mu\text{g/g}$ )
<b>Eje central río Cruces (sector límnico)</b>				
sector Ciruelos	otoño 2014	266,1 (1,5)	186,8 (10,3)	89,9 (1,3)
	otoño 2017	530,7 (12,2)	480,4 (4,8)	65,3 (0,4)
sector Rucaco	otoño 2014	410,8 (5,8)	383,5 (2,0)	57,2 (1,4)
	otoño 2017	371,4 (12,6)	298,2 (28,2)	70,7 (0,8)
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>				
sector Punucapa	otoño 2014	237,6 (9,4)	322,4 (33,6)	24,8 (0,3)
	otoño 2017	416,8 (86,0)	551,1 (8,1)	36,3 (1,3)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>				
sector río Pichoy	otoño 2014	293,3 (23,7)	313,0 (0,7)	77,9 (4,2)
	otoño 2017	261,2 (2,6)	170,6 (3,4)	83,8 (2,1)
Sector río Cayumapu	otoño 2014	217,2 (10,3)	213,4 (7,7)	44,4 (0,5)
	otoño 2017	177,4 (2,1)	122,0 (17,8)	23,9 (0,2)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>				
río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	254,0 (20,5)	209,9 (6,1)	21,0 (0,5)
	otoño 2017	252,1 (8,8)	266,4 (9,1)	15,8 (0,1)

**Tabla 4.2.5.10.** Concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo en tejidos de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \*= No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	campanias	Cobre ( $\mu\text{g/g}$ )	Zinc ( $\mu\text{g/g}$ )	Plomo ( $\mu\text{g/g}$ )
<b>Eje central río Cruces (sector límnic)</b>				
sector Ciruelos	otoño 2014	*	254,2 (5,4)	0,05 (0,0)
	otoño 2017	*	250,1 (4,0)	0,13 (0,0)
sector Rucaco	otoño 2014	*	226,0 (4,7)	0,06 (0,0)
	otoño 2017	*	248,8 (1,2)	0,12 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>				
sector Punucapa	otoño 2014	3,5 (0,4)	161,9 (4,1)	0,06 (0,0)
	otoño 2017	4,0 (0,2)	164,7 (15,1)	0,25 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>				
sector río Pichoy	otoño 2014	3,4 (0,2)	184,9 (3,4)	0,04 (0,0)
	otoño 2017	3,8 (0,4)	183,0 (9,2)	0,08 (0,0)
sector río Cayumapu	otoño 2014	3,1 (0,0)	193,7 (1,0)	0,06 (0,0)
	otoño 2017	3,1 (0,1)	163,5 (21,2)	0,05 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>				
río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	3,5 (0,0)	140,7 (4,8)	0,11 (0,0)
	otoño 2017	3,4 (0,4)	134,6 (2,1)	0,35 (0,0)

**Tabla 4.2.5.11.** Concentraciones de Cadmio, Arsénico y Mercurio en tejidos de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. \*= No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	campanñas	Cadmio ( $\mu\text{g/g}$ )	Arsénico ( $\mu\text{g/g}$ )	Mercurio ( $\mu\text{g/g}$ )
<b>Eje central río Cruces (sector límnico)</b>				
sector Ciruelos	otoño 2014	*	*	0,27 (0,0)
	otoño 2017	*	*	0,38 (0,0)
sector Rucaco	otoño 2014	*	*	0,23 (0,0)
	otoño 2017	*	*	0,35 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>				
sector Punucapa	otoño 2014	*	*	0,11 (0,0)
	otoño 2017	*	*	0,11 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>				
sector río Pichoy	otoño 2014	*	*	0,08 (0,0)
	otoño 2017	*	*	0,16 (0,0)
sector río Cayumapu	otoño 2014	*	*	0,12 (0,0)
	otoño 2017	*	*	0,08 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>				
río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	*	*	0,20 (0,0)
	otoño 2017	*	*	0,15 (0,0)



**Figura 4.2.5.16.** Concentración de metales pesados en especímenes de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios con una desviación estándar. \* = No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

### **Análisis estadísticos**

La Tabla 4.2.5.12 muestra los resultados de los análisis de ANDEVA factorial y prueba *a posteriori* de Tukey, efectuados para comparar el efecto de los factores Año y Estación, en las concentraciones de metales pesados presentes en los tejidos de especímenes de *Galaxias maculatus*. No se incluyeron el Cadmio y Arsénico en estos análisis ya que no fueron detectados en ninguno de puyes provenientes de los sitios muestreados en ambos años. Para el análisis factorial de las concentraciones de Cobre, se excluyeron los sitios Ciruelos y Rucaco, ya que no se detectó este metal, en tejidos de puyes analizados durante ambas campañas.

Las concentraciones de Hierro, Plomo y Mercurio fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en puyes analizados durante el año 2017, a la vez que las de Manganeso mostraron lo propio durante el año 2014 (Tabla 4.2.5.12).

Las concentraciones de Hierro, Zinc y Mercurio fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en los puyes de Ciruelos y Rucaco, las de Aluminio en los especímenes de Punucapa, las de Manganeso en puyes de Ciruelos y Pichoy, las de Cobre en peces de Punucapa y Pichoy y las de Plomo en puyes del Calle Calle (Tabla 4.2.5.12).



**Tabla 4.2.5.12.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de metales pesados registrados en ejemplares completos de *Galaxias maculatus*. Los factores son Años de muestreo (2014-2017) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu y CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Fe (*) (***)	Año (A)	1	0,021	0,0211	21,1	<b>&lt;0,001</b>	2017 > 2014
	Estación (E)	5	0,252	0,0505	50,6	<b>&lt;0,001</b>	Ci=Ru>Pu=Pi=CC>Ca
	A × E	5	0,138	0,0277	27,7	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	12	0,012	0,0009			
	Total	23	0,424	0,0184			
Al (*) (***)	Año (A)	1	0,002	0,0027	3,6	0,082	
	Estación (E)	5	0,428	0,0857	111,6	<b>&lt;0,001</b>	Pu>Ru=Ci>Pi=CC>Ca
	A × E	5	0,373	0,0746	97,1	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	12	0,009	0,0007			
	Total	23	0,813	0,0354			
Mn (*) (**)	Año (A)	1	0,009	0,0096	90,8	<b>&lt;0,001</b>	2014 > 2017
	Estación (E)	5	1,378	0,276	2595,2	<b>&lt;0,001</b>	Ci=Pi>Ru>Ca>Pu>CC
	A × E	5	0,134	0,0268	252,5	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	12	0,001	0,0001			
	Total	23	1,523	0,0662			
Cu (*) (**)(1)	Año (A)	1	0,0018	0,0018	1,9	0,203	
	Estación (E)	3	0,0121	0,0040	4,2	<b>0,046</b>	Pu=Pi=CC>Ca
	A × E	3	0,0044	0,0014	1,5	0,278	
	Error	8	0,0076	0,0009			
	Total	15	0,0260	0,0017			
Zn (*) (***)	Año (A)	1	0,0000	0,0000	0,0002	0,987	
	Estación (E)	5	0,224	0,0448	90,5	<b>&gt;0,001</b>	Ci=Ru>Pi=Ca>Pu>CC
	A × E	5	0,0163	0,0032	6,5	<b>0,004</b>	
	Error	12	0,0059	0,0004			
	Total	23	0,246	0,0107			
Pb (*) (**)	Año (A)	1	0,750	0,750	245,5	<b>&lt;0,001</b>	2017 > 2014
	Estación (E)	5	0,846	0,169	55,3	<b>&lt;0,001</b>	CC>Ru=Pu; Ci>Ca=Pi
	A × E	5	0,305	0,060	19,9	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	12	0,036	0,003			
	Total	23	1,938	0,084			

Continuación **Tabla 4.2.5.12**

<b>Parámetro</b>	<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>	<b>Prueba de Tukey</b>
Hg (*)(**)	Año (A)	1	0,0207	0,0207	237,8	<0,001	2017 > 2014
	Estación (E)	5	1,033	0,2070	2379,4	<0,001	Ci>Ru>CC>Pi=Pu>Ca
	A × E	5	0,194	0,0387	446,0	<0,001	
	Error	12	0,001	0,00008			
	Total	23	1,248	0,0543			

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$ . (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA; (\*\*\*) No cumple supuestos de ANDEVA. (1) No se incluyeron los sectores Ciruelos y Rucaco en el análisis, ya que no se detectó Cobre durante estos periodos.

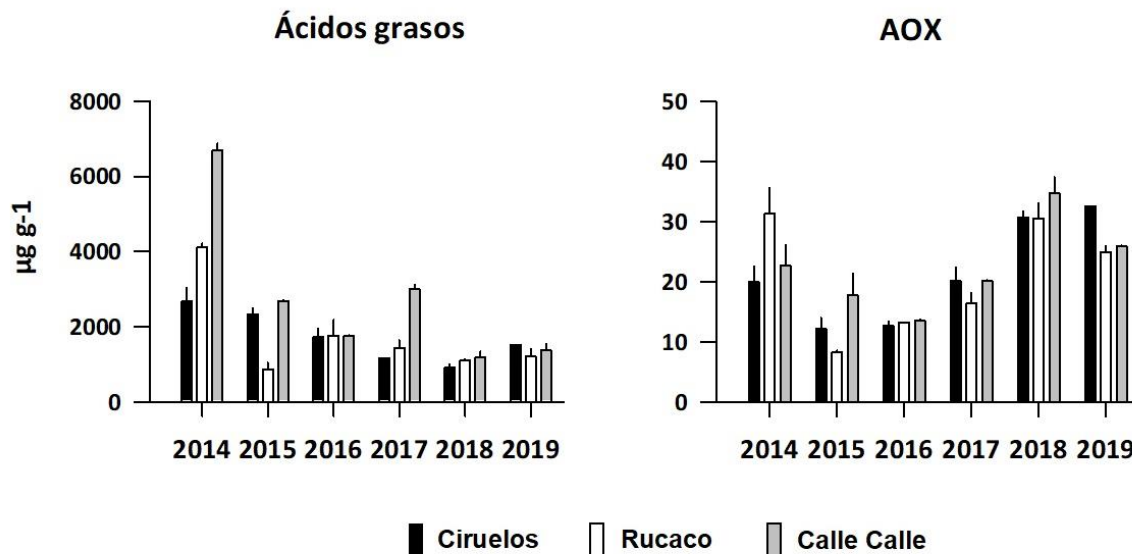
### **Ácidos grasos, Ácidos resínicos y Compuestos Órgano-Halogenados Adsorbibles AOX**

#### **Comparaciones en base a muestreos otoñales del período 2014-2019 en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle**

La Tabla 4.2.5.13 y la Figura 4.2.5.17 muestran las concentraciones de Ácidos Grasos y AOX, en los especímenes de *Galaxias maculatus*, recolectados en el área de estudio (Fig. 4.2.5.1), durante las campañas otoñales del período 2014-2019. No se detectaron Ácidos resínicos en puyes recolectados durante este estudio (Tabla 4.2.5.13).

**Tabla 4.2.5.13.** Concentraciones de Ácidos grasos, Ácidos resínicos y AOX en tejidos de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios con una desviación estándar. \* = no detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	campañas	Ác. grasos ( $\mu\text{g/g}$ )	Ác. Resínicos ( $\mu\text{g/g}$ )	AOX ( $\mu\text{g/g}$ )
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b> sector Ciruelos	otoño 2014	2685,6 (347,3)	*	19,9 (2,6)
	otoño 2015	2330,9 (161,9)	*	12,1 (1,8)
	otoño 2016	1733,7 (218,8)	*	12,6 (0,8)
	otoño 2017	1165,5 (0,0)	*	19,7 (2,3)
	otoño 2018	907,8 (91,9)	*	30,7 (1,0)
	otoño 2019	1514,6	*	32,5
sector Rucaco	otoño 2014	4101,9 (115,1)	*	31,3 (4,2)
	otoño 2015	869,3 (163,7)	*	8,2 (0,3)
	otoño 2016	1763,8 (412,1)	*	13,2 (0,0)
	otoño 2017	1431,7 (197,6)	*	16,4 (1,8)
	otoño 2018	1098,4 (38,0)	*	30,5 (2,6)
	otoño 2019	1197,6 (204,4)	*	24,9 (1,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b> río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	6692,6 (188,9)	*	22,7 (3,4)
	otoño 2015	2682,6 (18,7)	*	17,7 (3,6)
	otoño 2016	1757,5 (14,9)	*	13,5 (0,3)
	otoño 2017	2999,4 (113,7)	*	20,1 (0,1)
	otoño 2018	1181,4 (153,4)	*	34,7 (2,7)
	otoño 2019	1359,7 (175,2)	*	25,9 (0,1)



**Figura 4.2.5.17.** Concentración de Ácidos grasos y compuestos halogenados adsorbibles (AOX) en especímenes de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios más desviación estándar.

#### **Análisis estadísticos**

Los resultados del análisis de ANDEVA factorial y prueba *a posteriori* de Tukey, efectuados para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Ácidos grasos y AOX, entre los factores Año y Estación, indican que las concentraciones de Ácidos grasos fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el año 2014 y en especímenes del río Calle Calle (Tabla 4.2.5.14).

Por su parte, las concentraciones de AOX, fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2014, 2018 y 2019 y en especímenes del río Calle Calle vs los puyes de Rucaco (Tabla 4.2.5.14).

**Tabla 4.2.5.14.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Ácidos grasos y AOX en ejemplares completos de *Galaxias maculatus*. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Ácidos Grasos (*)(**)	Año (A)	5	1,207	0,241	90,609	<b>&lt;0,001</b>	2014>2015=2016=2017=2019>2018
	Estación (E)	2	0,236	0,118	44,231	<b>&lt;0,001</b>	CC > Ci = Ru
	A x E	10	0,389	0,039	14,612	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	16	0,043	0,003			
	Total	33	1,893	0,057			
AOX (*)(**)	Año (A)	5	0,873	0,175	92,212	<b>&lt;0,001</b>	2018=2019=2014>2017>2016=2015
	Sector (S)	2	0,022	0,011	5,842	0,012	CC > Ru; CC = Ci
	A x E	10	0,152	0,015	8,024	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	17	0,032	0,002			
	Total	34	1,072	0,032			

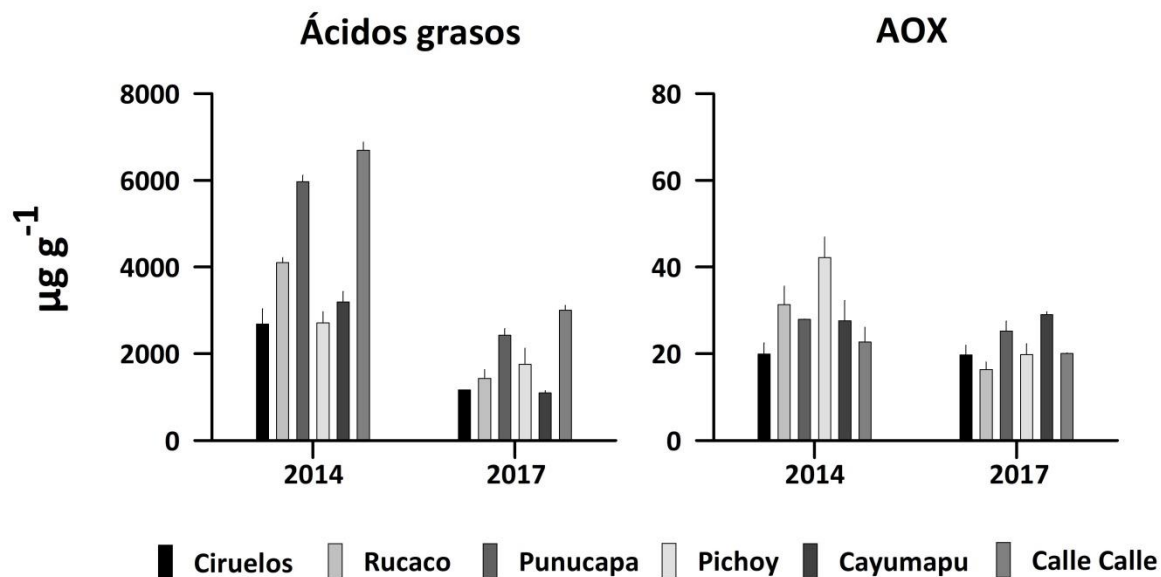
GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$ ; (\*\*) Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA.

#### **Comparaciones en base a muestreos otoñales de los años 2014 y 2017 en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle.**

La Tabla 4.2.5.15 y la Figura 4.2.5.18, muestran las concentraciones de Ácidos grasos y compuestos halogenados adsorbibles (AOX) en los especímenes de *G. maculatus* recolectados durante las campañas otoñales de los años 2014 (Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC) y 2017 (3º Año Programa de Monitoreo ambiental del HRC). No se detectaron Ácidos resínicos en los puyes recolectados en todos los sectores y ambas fechas de muestreo (Tabla 4.2.5.15).

**Tabla 4.2.5.15.** Concentraciones de Ácidos grasos, Ácidos resínicos y AOX en tejidos de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis. \*= No detectado, *i.e.*, bajo el límite de detección del método utilizado.

estaciones	campañas	Ac. grasos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Ac. resínicos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	AOX ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
<b>Eje central río Cruces (sector límnico)</b>				
sector Ciruelos	otoño 2014	2685,6 (347,3)	*	19,9 (2,6)
	otoño 2017	1165,5	*	19,7 (2,3)
sector Rucaco	otoño 2014	4101,9 (115,1)	*	31,3 (4,2)
	otoño 2017	1431,7 (197,6)	*	16,4 (1,8)
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>				
sector Punucapa	otoño 2014	5965,2 (151,8)	*	27,9 (0,1)
	otoño 2017	2422,6 (156,4)	*	25,2 (2,3)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>				
sector río Pichoy	otoño 2014	2710,1 (256,9)	*	42,2 (4,7)
	otoño 2017	1752,5 (376,1)	*	19,8 (2,5)
Sector río Cayumapu	otoño 2014	3191,6 (242,2)	*	27,6 (4,7)
	otoño 2017	1093,1 (53,1)	*	29,0 (0,7)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>				
río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	6692,6 (188,9)	*	22,7 (3,4)
	otoño 2017	2999,4 (113,7)	*	20,1 (0,1)



**Figura 4.2.5.18.** Concentración de Ácidos grasos y AOX en especímenes de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios más desviación estándar.

### Análisis estadísticos

Los resultados de los análisis de ANDEVA factorial y test *a posteriori* de Tukey efectuados para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Ácidos grasos y AOX entre los factores Año y Estación, indican que las concentraciones de Ácidos grasos presentes en tejidos de puyes fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el año 2014 y en especímenes capturados en el río Calle Calle (Tabla 4.2.5.16).

Por su parte, las concentraciones de AOX fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el año 2014, particularmente en puyes recolectados en Punucapa, Pichoy y Cayumapu vs las encontradas en los peces del resto de estaciones (Tabla 4.2.5.16).

**Tabla 4.2.5.16.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Ácidos grasos y AOX registrados en ejemplares completos de *Galaxias maculatus*. Los factores son Año (2014-2017) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu y CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Ácidos grasos (*)(**)	Año (A)	1	0,757	0,757	409,8	<b>&lt;0,001</b>	2014 > 2017
	Estación (E)	5	0,519	0,104	56,1	<b>&lt;0,001</b>	CC>Pu>Ru>Ci=Pi=Ca
	A × E	5	0,049	0,009	5,3	<b>0,010</b>	
	Error	11	0,020	0,001			
	Total	22	1,323	0,060			
AOX (*)(**)	Año (A)	1	0,077	0,077	32,7	<b>&lt;0,001</b>	2014 > 2017
	Estación (E)	5	0,096	0,019	8,1	<b>0,002</b>	Pu=Pi=Ca>Ci=Ru=CC
	A × E	5	0,115	0,023	9,7	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	12	0,028	0,002			
	Total	23	0,316	0,014			

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$ ; (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA.

### Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos

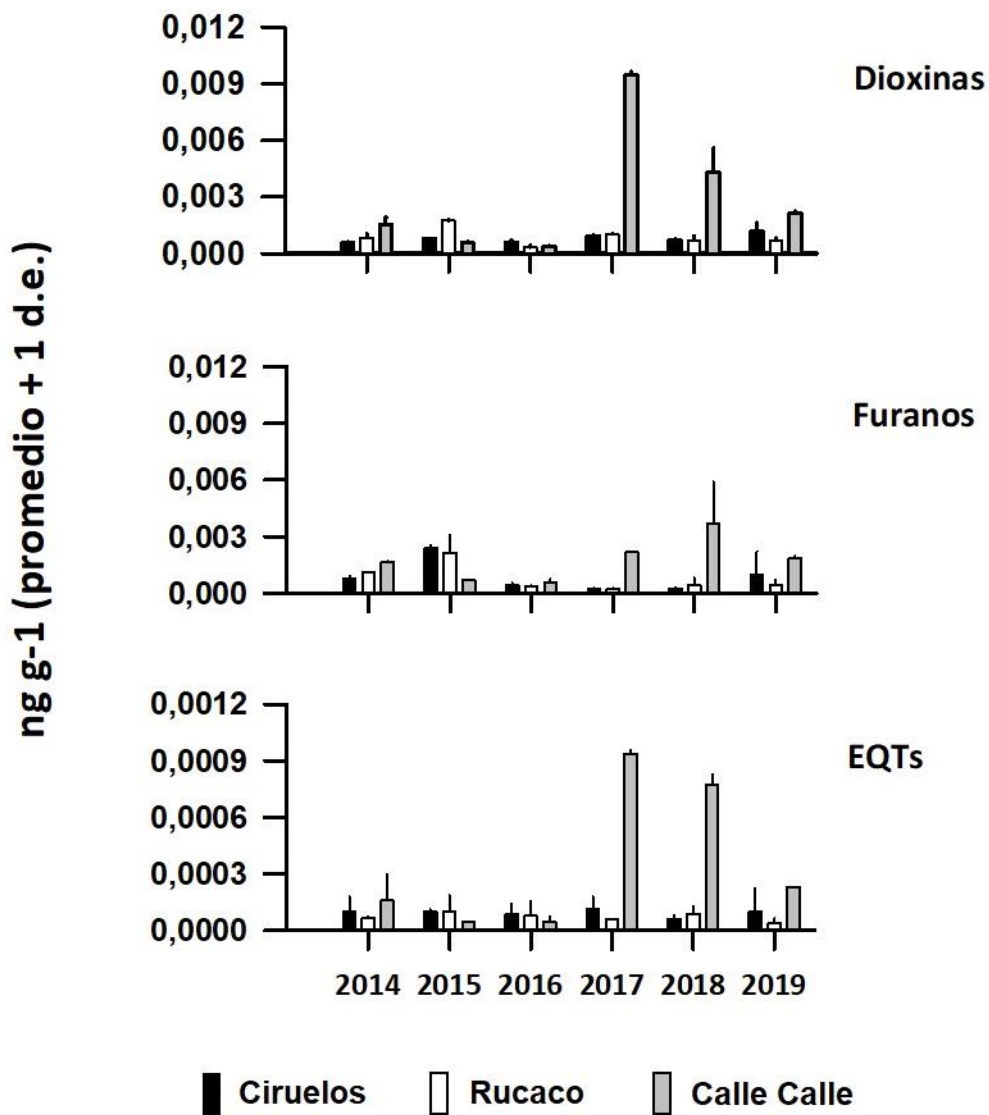
#### Comparaciones en base a muestreos otoñales del período 2014-2019 en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle

La Tabla 4.2.5.17 y la Figura 4.2.5.19 muestran las concentraciones de Dioxinas, Furanos y sus Equivalentes Tóxicos (EQTs), en especímenes de *Galaxias maculatus* capturados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, durante las campañas otoñales del período 2014-2019.



**Tabla 2.4.5.17.** Concentraciones de Dioxinas, Furanos y ETQs en tejidos de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios con una desviación estándar en paréntesis.

estaciones	Campañas	Dioxinas (ng g <sup>-1</sup> )	Furanos (ng g <sup>-1</sup> )	EQTs (ng g <sup>-1</sup> )
<b>Eje central río Cruces (sector límnico)</b> sector Ciruelos	otoño 2014	0,00055 (0,00007)	0,00080 (0,00014)	0,00010 (0,00008)
	otoño 2015	0,00080 (0,00000)	0,00240 (0,00014)	0,00010 (0,00001)
	otoño 2016	0,00060 (0,00014)	0,00040 (0,00014)	0,00009 (0,00005)
	otoño 2017	0,00095 (0,00002)	0,00026 (0,00004)	0,00011 (0,00007)
	otoño 2018	0,00071 (0,00007)	0,00026 (0,00001)	0,00006 (0,00002)
	otoño 2019	0,00117 (0,00047)	0,00099 (0,00124)	0,00010 (0,00012)
sector Rucaco	otoño 2014	0,00085 (0,00021)	0,00110 (0,00000)	0,00007 (0,00001)
	otoño 2015	0,00175 (0,00007)	0,00215 (0,00092)	0,00010 (0,00009)
	otoño 2016	0,00034 (0,00009)	0,00035 (0,00007)	0,00008 (0,00007)
	otoño 2017	0,00104 (0,00001)	0,00025 (0,00003)	0,00006 (0,00000)
	otoño 2018	0,00071 (0,00022)	0,00044 (0,00037)	0,00009 (0,00004)
	otoño 2019	0,00069 (0,00014)	0,00044 (0,00030)	0,00004 (0,00002)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos Tributarios</b> Río Calle Calle Sector Chumpullo	otoño 2014	0,00155 (0,00035)	0,00165 (0,00007)	0,00016 (0,00013)
	otoño 2015	0,00055 (0,00007)	0,00070 (0,00000)	0,00004 (0,00000)
	otoño 2016	0,00035 (0,00007)	0,00055 (0,00021)	0,00004 (0,00003)
	otoño 2017	0,00948 (0,00018)	0,00218 (0,00001)	0,00094 (0,00002)
	otoño 2018	0,00428 (0,00132)	0,00369 (0,00224)	0,00077 (0,00006)
	otoño 2019	0,00211 (0,00015)	0,00185 (0,00013)	0,00023 (0,00000)



**Figura 4.2.5.19.** Concentración de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (ETQs) en especímenes de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, durante las campañas otoñales del período 2014-2019. Los valores son promedios más desviación estándar.

### Análisis estadísticos

La Tabla 4.2.5.18 muestra los resultados del ANDEVA factorial y prueba *a posteriori* de Tukey, utilizados para evaluar el eventual efecto de los factores Año y Estación en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes tóxicos (EQTs) en tejidos de puyes.

Las Dioxinas y EQTs fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2017 y 2018 y en puyes del río Calle Calle *versus* las de peces recolectados en Ciruelos y Rucaco, las cuales no difirieron entre sí (Tabla 4.2.5.18). Las concentraciones de Furanos fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) el año 2015 vs el año 2016 y en ejemplares del río Calle Calle (Tabla 4.2.5.18).

**Tabla 4.2.5.18.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes tóxicos (ETQs), registrados en ejemplares completos de *Galaxias maculatus*. Los factores son Año de muestreo (2014-2019) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; y CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Dioxinas (*)(**)	Año (A)	5	1,665	0,333	42,029	<b>&lt;0,001</b>	2017>2018=2019=2015=2014>2016
	Estación (E)	2	0,934	0,467	58,072	<b>&lt;0,001</b>	CC > Ci = Ru
	A × E	10	1,929	0,193	24,345	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	18	0,143	0,008			
	Total	35	4,671	0,133			
Furanos (*)(***)	Año (A)	5	1,323	0,265	3,997	<b>0,013</b>	2015>2016; 2015=2014=2017=2018=2019
	Estación (E)	2	1,419	0,710	10,717	<b>&lt;0,001</b>	CC > Ci = Ru
	A × E	10	2,254	0,225	3,404	<b>0,012</b>	
	Error	18	1,192	0,066			
	Total	35	6,188	0,177			
EQTs (*)(**)	Año (A)	5	0,00036	0,00007	6,268	<b>0,002</b>	2017=2018>2019=2016=2015=2014
	Estación (E)	2	0,00054	0,00027	23,346	<b>&lt;0,001</b>	CC > Ci = Ru
	A × E	10	0,00076	0,00008	6,539	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	18	0,00021	0,00001			
	Total	35	0,00188	0,00005			

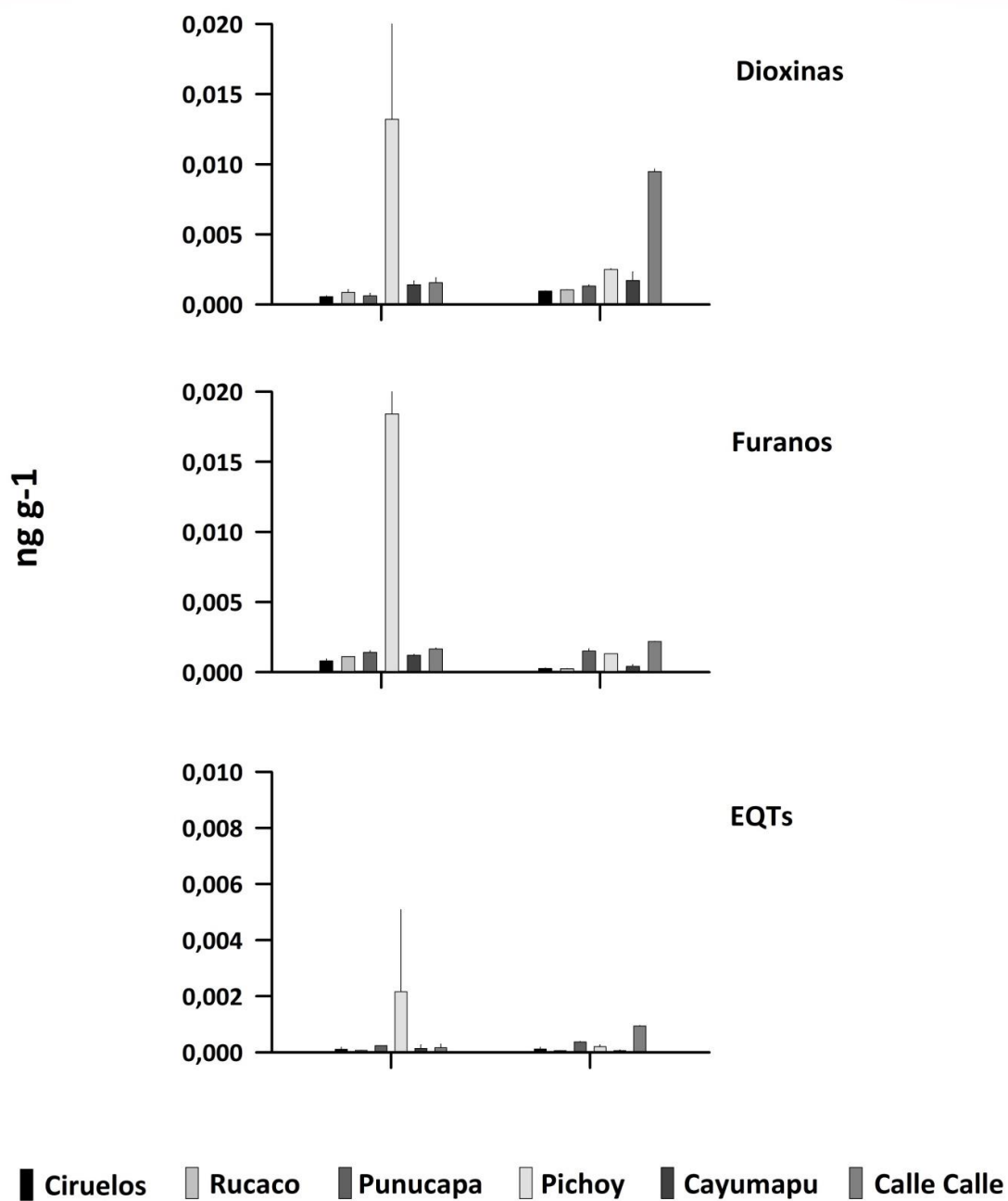
GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada. (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

**Comparaciones en base a muestreos otoñales de los años 2014 y 2017 en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle**

La Tabla 4.2.5.19 y la Figura 4.2.5.20, muestran las concentraciones de Dioxinas, Furanos y equivalentes tóxicos (EQTs) en los especímenes de *Galaxias maculatus* recolectados durante las campañas otoñales de los años 2014 (Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC) y 2017 (3º Año Programa de Monitoreo Ambiental del HRC).

**Tabla 4.2.5.19.** Concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs en tejidos de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	campañas	Dioxinas (ng g <sup>-1</sup> )	Furanos (ng g <sup>-1</sup> )	EQTs (ng g <sup>-1</sup> )
<b>Eje central río Cruces (sector límnic)</b>				
sector Ciruelos	otoño 2014	0,0005 (0,00007)	0,0008 (0,00014)	0,00010 (0,00008)
	otoño 2017	0,0009 (0,00002)	0,0003 (0,00004)	0,00011 (0,00007)
sector Rucaco	otoño 2014	0,0008 (0,00021)	0,0011 (0,00000)	0,00007 (0,00001)
	otoño 2017	0,0010 (0,00001)	0,0002 (0,00003)	0,00006 (0,00000)
<b>Eje central del río Cruces (sector estuarial)</b>				
sector Punucapa	otoño 2014	0,0006 (0,00021)	0,0014 (0,00014)	0,00024 (0,00000)
	otoño 2017	0,0013 (0,00010)	0,0015 (0,00018)	0,00037 (0,00002)
<b>Ríos tributarios del río Cruces</b>				
sector río Pichoy	otoño 2014	0,0132 (0,01754)	0,0184 (0,02404)	0,00216 (0,00292)
	otoño 2017	0,0025 (0,00005)	0,0013 (0,00001)	0,00020 (0,00007)
sector río Cayumapu	otoño 2014	0,0014 (0,00028)	0,0012 (0,00007)	0,00013 (0,00014)
	otoño 2017	0,0017 (0,00062)	0,0004 (0,00014)	0,00006 (0,00002)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios</b>				
río Calle Calle, sector Chumpullo	otoño 2014	0,0015 (0,00035)	0,0017 (0,00001)	0,00016 (0,00013)
	otoño 2017	0,0094 (0,00018)	0,0022 (0,00001)	0,00094 (0,00002)



**Figura 4.2.5.20.** Concentración de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (ETQs) en especímenes de *Galaxias maculatus* recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle, durante las campañas otoñales de los años 2014 y 2017. Los valores son promedios más desviación estándar.

### Análisis estadísticos

La Tabla 4.2.5.20 muestran los resultados del ANDEVA factorial y prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs presentes en los tejidos de *Galaxias maculatus*. No se encontraron diferencias inter-anales o espaciales significativas ( $p < 0,05$ ) al comparar concentraciones de Dioxinas y EQTs, pero sí al comparar Furanos. Las concentraciones de estos compuestos fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en especímenes recolectados durante el año 2014 y en el río Pichoy vs Ciruelos y Rucaco (Tabla 4.2.5.20).

**Tabla 4.2.5.20.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs en tejidos de *Galaxias maculatus*. Los factores son Año de muestreo (2014 y 2017) y Estaciones (Ci=Ciruelos; Ru=Rucaco; Pu=Punucapa; Pi=Pichoy; Ca=Cayumapu; y CC=Calle Calle). Los valores de p en negrilla son significativos ( $< 0,05$ ) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Dioxinas (*)(***)	Año (A)	1	0,276	0,276	2,727	0,554	
	Estación (E)	5	1,923	0,385	3,805	0,117	
	A × E	5	0,588	0,118	1,163	0,287	
	Error	12	1,213	0,101			
	Total	23	3,999	0,174			
Furanos (*)(***)	Año (A)	1	0,818	0,818	9,568	<b>0,009</b>	2014 > 2017
	Estación (E)	5	2,277	0,455	5,331	<b>0,008</b>	Pi>Ci=Ru; Pi=Pu=Ca=CC
	A × E	5	0,622	0,124	1,456	0,274	
	Error	12	1,025	0,086			
	Total	23	4,742	0,206			
EQTs (*)(***)	Año (A)	1	0,026	0,026	0,145	0,710	
	Estación (E)	5	2,623	0,525	2,850	0,064	
	A × E	5	1,068	0,214	1,160	0,383	
	Error	12	2,209	0,184			
	Total	23	5,926	0,258			

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$ ; (\*\*\*) No cumple supuestos de ANDEVA.

### **Presencia & ausencia de Dioxinas y Furanos**

La Tabla 4.2.5.21 muestra el número de detecciones de congéneres de Dioxinas y Furanos en los puyes de Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante el período 2014-2019 y ordenados de mayor a menor toxicidad. Ese número es en relación al número total de muestreos y estaciones: 6 y 3, respectivamente. A su vez, la Figura 4.2.5.21 muestra las concentraciones anuales de las Dioxinas y Furanos 2.3.7.8 (TCDD) y 1.2.3.7.8 (PeCDD) en los puyes estudiados.

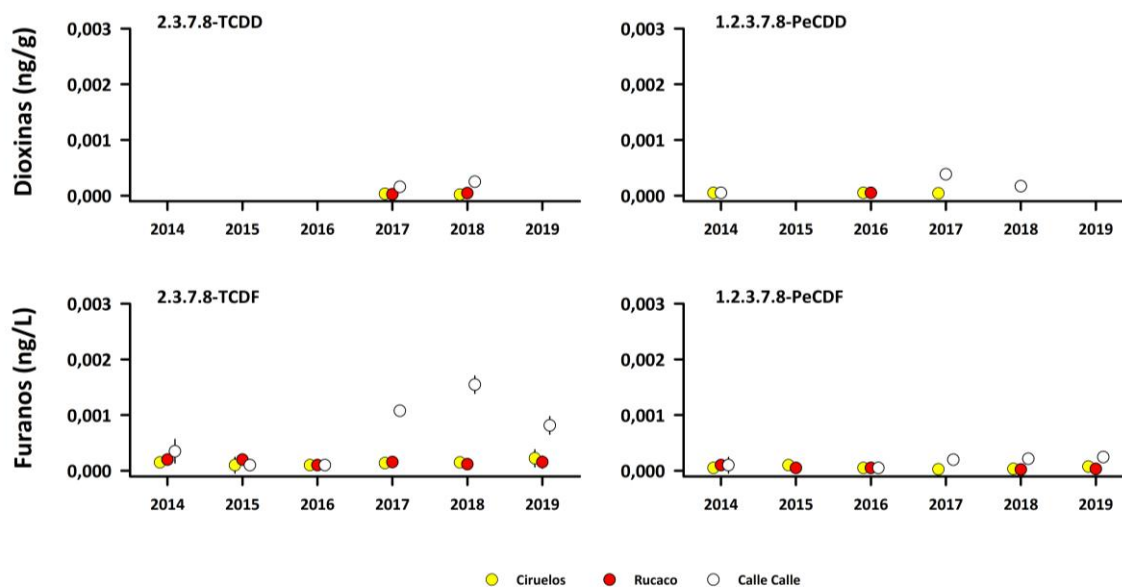
La Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó en peces de Ciruelos, Rucaco y Calle Calle y en dos muestreos (2017 y 2018), a la vez que la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue detectada en las mismas tres estaciones y en cuatro muestreos (2014, 2016, 2017 y 2018) (Tabla 4.2.5.21 y Fig. 4.2.5.21). En general, el resto de las dioxinas detectadas tuvo mayor frecuencia de aparición espacial y temporal, que las dos anteriormente mencionadas (Tabla 4.2.5.21).

Los Furanos 2.3.7.8 (TCDF) y 1.2.3.7.8 (PeCDF) se detectaron en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle y en todos los muestreos del período 2014-2019 (Tabla 4.2.5.21 y Fig. 4.2.5.21). En general, el resto de los furanos detectados tuvo mayor frecuencia de aparición espacial y temporal, que los dos anteriormente mencionados (Tabla 4.2.4.18).

**Tabla 4.2.5.21.** Número de detecciones de Dioxinas y Furanos en Puyes del área de estudio durante el período 2014-2019. El número de muestreos durante el mismo fue 6 (muestreos realizados durante abril de cada año). L = sector límnico, F = fuera del humedal.

sectores estaciones	L		F
	Ciruelos	Rucaco	Calle Calle
Dioxinas & congéneres			
2.3.7.8 Tetra Cloro Dibenzo <i>Dioxina</i> (TCDD)	2	2	2
1.2.3.7.8 Penta Cloro Dibenzo Dioxina (PeCDD)	3	1	3
1.2.3.4.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Dioxina (HxCDD)	2		1
1.2.3.6.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Dioxina (HxCDD)	4	4	4
1.2.3.7.8.9 Hexa Cloro Dibenzo Dioxina (HxCDD)	4	1	5
1.2.3.4.6.7.8 Hepta Cloro Dibenzo Dioxina (HpCDD)	6	6	6
OCDD Opta Cloro Dibenzo Dioxina (OCDD)	6	6	6
Furanos & congéneres			
2.3.7.8 Tetra Cloro Dibenzo Furano (TCDF)	6	6	6
1.2.3.7.8 Penta Cloro Dibenzo Furano (PeCDF)	6	5	5
2.3.4.7.8 Penta Cloro Dibenzo Furano (PeCDF)	5	5	5
1.2.3.4.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Furano (HxCDF)	3	3	3
1.2.3.6.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Furano (HxCDF)	4	3	5
1.2.3.7.8.9 Hexa Cloro Dibenzo Furano (HxCDF)	2	4	4
2.3.4.6.7.8 Hexa Cloro Dibenzo Furano (HxCDF)	2	1	4
1.2.3.4.6.7.8 Hepta Cloro Dibenzo Furano (HpCDF)	4	5	6
1.2.3.4.7.8.9 Hepta Cloro Dibenzo Furano (HpCDF)	2	1	2
OCDF Opta Cloro Dibenzo Dioxina (OCDD)	3	3	5





**Figura 4.1.2.5.21.** Concentraciones de las Dioxinas 2.3.7.8-TCDD y 1.2.3.7.8-PeCDD (ng/g) (paneles superiores) y los Furanos 2.3.7.8-TCDF y 1.2.3.7.8-PeCDF (paneles inferiores) en puyes del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estándar. En algunos casos no se evidencian las barras de las desviaciones estándar, debido a la baja magnitud de las mismas.

#### 4.2.5.4.3. Estado sanitario y análisis histopatológicos de puyes

##### Estado sanitario

La Tabla 4.2.5.22 muestra las fechas de recolección de puyes, durante la campaña realizada en el mes de mayo del año 2019; en la Tabla 4.2.5.23 se resumen los análisis bacteriológicos y virológicos efectuados en las muestras analizadas y se describen los resultados de estos análisis según sector y fecha de muestreo.

**Tabla 4.2.5.22.** Fechas de recepción de los puyes analizados durante mayo de 2019. A cada fecha de ingreso le fue asignado el n° de caso y se indica la cantidad de peces recepcionados según el sector de muestreo.

sectores	n° caso	fecha	especie	n° peces
<b>Eje central del río Cruces (sector límnic)</b>				
sector Ciruelos	02	02-Mayo-2019	<i>G. maculatus</i>	33
sector Rucaco	04	03-Mayo-2019	<i>G. maculatus</i>	24
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
sector Punucapa	06	14-Mayo-2019	<i>G. maculatus</i>	25
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
río Pichoy interior	03	02-Mayo-2019	<i>G. maculatus</i>	20
río Cayumapu interior	07	14-Mayo-2019	<i>G. maculatus</i>	20
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
río Calle Calle	05	09-Mayo-2019	<i>G. maculatus</i>	24

**Tabla 4.2.5.23.** Resumen de resultados de análisis sanitarios de puyes durante la campaña otoñal del año 2019, según sector, número de caso, fecha de muestreo y número de peces (cf. Fig. 4.2.5.1 para ubicación de los sectores, las que están representadas por números). TSA= agar de soya tripticasa; TYES= agar triptona, extracto de levadura y sales; n° = número de animales en la muestra analizada.

Sectores	n° caso	Fechas	Especie	n°	Bacteriología	Resultados	PCR IPNV	Resultados
Ciruelos	02	02-Mayo-19	<i>G. maculatus</i>	33	TSA: Riñón (1) Hígado (3) TYES: Riñón (1) Hígado (3)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: Corazón, riñón, Bazo (5)	negativo 1/1
Rucaco	04	03-Mayo-19	<i>G. maculatus</i>	24	TSA: Hígado (4) TYES: Hígado (4)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: Corazón, hígado, bazo (5)	negativo 1/1
Punucapa	06	14-Mayo-19	<i>G. maculatus</i>	25	TSA: Riñón (4) TYES: Riñón (4)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: Corazón, hígado, bazo (5)	negativo 1/1
río Pichoy	03	02-Mayo-19	<i>G. maculatus</i>	20	TSA: Hígado (4) TYES: Hígado (4)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: Corazón, hígado, bazo (5)	negativo 1/1
río Cayumapu	07	14-Mayo-19	<i>G. maculatus</i>	20	TSA: Riñón (4) TYES: Riñón (4)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: Corazón hígado, bazo (5)	negativo 1/1
río Calle Calle	05	09-Mayo-19	<i>G. maculatus</i>	23	TSA: Riñón (4) TYES: Riñón (4)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: Corazón, riñón, bazo (5)	negativo 1/1

De la Tabla 4.2.5.23 se desprende que no se detectó desarrollo bacteriano como tampoco presencia del virus IPN (Necrosis Pancreática Infecciosa), como indicadores del estado sanitario de las muestras de puyes analizadas para todos los sectores estudiados.

La identificación de parásitos a través de análisis en fresco desde **piel y branquias** de los puyes recolectados durante la campaña otoñal de 2019, según estación y número de caso, se presenta a continuación:

**sector Ciruelos      Caso 02.19**

Branquias (10): Abundante presencia de *Trichodina* en 2/10 y moderada en 5/10, abundante presencia de *Dactylogyrus* 4/10 y escasa en 4/10, abundante presencia de *Epystilis* en 3/10 y escasa en 6/10.

**sector Rucaco      Caso 04.19**

Branquias (10): Escasa presencia de *Trichodina* 9/10, abundante presencia de *Dactylogyrus* 1/10 y escasa 5/10, abundante presencia *Epystilis* en 5/10.

**sector Punucapa      Caso 06.19**

Branquias (10): Escasa presencia de *Trichodina* 1/10, abundante presencia de *Dactylogyrus* 2/10 y moderada 4/10,  
Piel (1): Hifas de hongo no septado.

**sector río Pichoy      Caso 03.19**

Branquias (9): Abundante presencia de *Trichodina* 3/9 y escasa 2/9, abundante presencia de *Dactylogyrus* 5/9 y escasa presencia 2/9, escasa presencia *Epystilis* en 1/9 y escasa presencia de *Costia*.

**sector río Cayumapu            Caso 07.19**

Branquias (10): Escasa presencia de *Trichodina* 4/10, abundante presencia de *Dactylogyrus* 2/10 y escasa presencia 2/10.

**sector río Calle Calle            Caso 05.19**

Branquias (12): Abundante presencia de *Trichodina* 1/12 y moderada 3/12, moderada presencia de *Dactylogyrus* 6/12 y escasa 2/12, abundante presencia de *Epistilus* 2/12 y moderada presencia 2/12.

Se destaca que los parásitos externos *Dactylogyrus* y *Trichodina*, están presentes en las branquias de los puyes muestreados en todos los sectores. Además, el género *Epistilus* estuvo presente en Ciruelos, Rucaco, Pichoy y Calle Calle. Por otra parte, es interesante que el género *Costia*, anteriormente no detectado, se presentó en un ejemplar de Pichoy. De los géneros detectados, el importante por el impacto de la parasitosis es *Dactylogyrus*, el cual aumenta en casos de estrés ambiental, especialmente aumentos bruscos de temperatura y bajas de oxígeno en el agua.

A nivel de piel no se detectaron parásitos, salvo en un ejemplar del sector Punucapa en que se encontraron hifas de un hongo no septado, probablemente *Saprolegnia* sp. que pudiera ser consecuencia de la invasión de una herida cutánea.

No se detectaron puyes con signos clínicos de enfermedad, como tampoco bacterias o el virus IPN; sin embargo, la presencia de parásitos fue un hallazgo constante. Durante las observaciones en fresco se observó daño branquial asociado a la presencia de esos parásitos; sin embargo, las cantidades de parásitos no reflejan una parasitosis clínica. Entre estos organismos predominaron protozoos como *Trichodina* sp. y trematodos monogéneos como *Dactylogyrus* sp, los cuales pueden causar mortalidad de los peces si las condiciones ambientales provocan un estrés crónico especialmente los cambios bruscos de oxígeno y temperatura en el agua.

En síntesis, los hallazgos más remarcables sobre el estado sanitario de los puyes, fueron la importante carga parasitaria, tanto en abundancia como número de especies de parásitos. Se destacó la presencia del trematodo *Dactylogyrus* sp. y del protozoo *Trichodina* sp. en branquias. Con relación al protozoo *Epistilis*, su presencia en branquias no se reporta como de importancia. Ninguno de los parásitos encontrados representa riesgo de salud para las personas.

En las muestras de peces analizadas en forma microscópica se detectó la presencia de hifas de un hongo no septado, compatible con *Saprolegnia* sp., en la piel de un ejemplar del sector Punucapa.

#### **Análisis histopatológicos**

En la Tabla 4.2.5.24 se detallan los hallazgos histopatológicos en los recolectados en los seis sectores durante la campaña del otoño 2019. De cada estación se examinaron cinco ejemplares. El análisis histopatológico realizado en cinco ejemplares recolectados en cada uno de los sectores, se efectuó mediante cortes sagitales de cada uno de los peces, lo que permitió observar la mayoría de los tejidos, ya que, debido a la metodología empleada, según el ángulo del corte sagital de los peces y la ubicación anatómica de cada órgano, es casi imposible que, en un corte histológico o cortes seriados, estén presentes todos los órganos de un pez. En total, para los 30 peces se realizaron 90 láminas histológicas, conteniendo 225 cortes sagitales.

**Tabla 4.2.5.24.** Resumen con el detalle de los hallazgos histopatológicos en los puyes recolectados durante la campaña otoñal del año 2019. Se indican sectores y fechas de muestreo (cinco peces por estación). Los números entre paréntesis indican la frecuencia para cada hallazgo. (cf. Fig. 4.2.5.1 para ubicación de los sectores). SNC = Sistema Nervioso Central, **S/A** = sin alteraciones, **OND** = órgano no disponible, debido al ángulo de corte microscópico y la ubicación anatómica del órgano en el Puye.

sectores	fecha	SNC	cavidad abdominal	hígado	riñón	páncreas	corazón	branquias	estómago	ciegos pilóricos / intestino	bazo	musculatura	gónadas
Ciruelos	02-may-19	S/A (5)	Trematodos (3) S/A (2)	Trematodos (2) S/A (3)	nefritis (1) S/A (4)	Trematodos (1) S/A (3) OND (1)	S/A (4) OND (1)	branquitis (5) <i>Trichodina</i> (3) <i>Ichthyophthirium</i> (2) Trematodos (3)	S/A (5)	Trematodos (1) S/A (3) OND (1)	OND (5)	S/A (5)	testículo (4) ovario (1)
Rucaco	03-may-19	S/A (5)	Trematodos (1) S/A (4)	Trematodos (2) S/A (3)	nefritis (1) S/A (4)	S/A (5)	S/A (2) OND (3)	branquitis (5) <i>Trichodina</i> (5) Trematodos (2)	S/A (5)	Trematodos (3) S/A (1) OND (1)	congestión (2) S/A (1) OND (2)	Trematodos (1) S/A (4)	testículo (3) ovario (1) OND (1)
Punucapa	14-may-19	S/A (5)	Nematodos Anisakidae (1) (Trematodos (2) S/A (2)	Trematodos (1) S/A (4)	nefritis (1) S/A (4)	S/A (5)	S/A (3) OND (2)	branquitis (3) hiperplasia epitelial (2) <i>Trichodina</i> (2) Trematodos (2)	S/A (5)	S/A (5)	congestión (2) S/A (2) OND (1)	Trematodos (1) S/A (4)	testículo (2) ovario (3)
Pichoy	02-may-19	Trematodos (1) S/A (4)	Nematodos Anisakidae (4) Trematodos (1)	Trematodos (1) S/A (2) OND (2)	nefritis (3) S/A (2)	Nematodos Anisakidae (1) S/A (4)	S/A (2) OND (3)	branquitis (5) <i>Trichodina</i> (5) Trematodos (2)	S/A (5)	S/A (5)	congestión (1) S/A (1) OND (3)	Trematodos (2) S/A (3)	testículo (1) ovario (4)
Cayumapu	14-may-19	S/A (5)	Nematodos Anisakidae (2) Trematodos (4)*	S/A (5)	nefritis (2) S/A (3)	S/A (4) OND (1)	S/A (2) OND (3)	branquitis (4) hiperplasia epitelial (1) Trematodos (4)	Trematodos (1) Nematodo <i>Camallanus</i> (1) S/A (3)	S/A (5)	congestión (2) S/A (2) OND (1)	S/A (5)	testículo (4) ovario (1)
Calle Calle	09-may-19	S/A (4) OND (1)	Trematodos (3) S/A (2)	degeneración leve (1) Trematodos (1) S/A (3)	nefritis (1) S/A (4)	S/A (5)	S/A (5)	branquitis (2) hiperplasia epitelial (3) <i>Trichodina</i> (1) <i>Ichthyophthirium</i> (1)	Trematodos (1) S/A (4)	S/A (5)	congestión (3) OND (2)	Trematodo (1) S/A (4)	testículo (1) ovario (3) OND (1)

\*Un pez presentó Trematodos y Nematodos en cavidad abdominal

En ninguno de los especímenes analizados se observó evidencia de características compatibles con un cuadro infeccioso bacteriano o viral específico, así como tampoco se encontraron indicios de daño de origen tóxico o carencial. Sin embargo, al igual que durante las campañas de los años 2014 al 2018, llama la atención el marcado parasitismo encontrado, lo que es interpretado como habitual para *Galaxias maculatus* al ser un pez presa que actúa principalmente como hospedador intermediario (Fernández *et al.*, 2015).

A continuación, se comentan los hallazgos realizados, producto del análisis de los tejidos de treinta peces examinados durante la campaña del otoño 2019 (ver también Tabla 4.2.5.25):

#### **Sistema nervioso central**

El único hallazgo de importancia, lo constituyó la presencia de parásitos en la médula espinal. La identificación parasitológica permitió reconocer a un Trematoda de la Familia Digenea en un pez del sector Pichoy. Esta parasitosis también se presenta en peces de cultivo, como truchas y salmones.

#### **Cavidad abdominal**

El hallazgo de mayor importancia, lo constituyó la presencia de parásitos en la cavidad abdominal en peces de los seis sectores. A diferencia de los años 2017 y 2018, los peces del sector Calle Calle presentaron parásitos a nivel de cavidad abdominal. El parasitismo estuvo presente en 20 ejemplares del total de 30 analizados. La identificación parasitológica permitió reconocer a Trematoda de la Clase Digenea en 14 ejemplares (todos los sectores), así como Nematoda de la Familia Anisakidae en siete peces (sectores Punucapa, Pichoy y Cayumapu).



**Hígado**

En 28 de los 30 peces examinados microscópicamente, se logró observar el hígado. En un ejemplar del sector Calle Calle se presentó degeneración leve de hepatocitos. En siete peces se encontraron parásitos y en 20 peces no se encontró ninguna alteración. Los parásitos encontrados en el hígado fueron de los sectores Ciruelos (dos peces), Rucaco (dos peces), Punucapa (un pez), Pichoy (un pez) y Calle Calle (un pez) se identificaron como metacercarias de Trematodo Clase Digenea. Un pez del sector Calle Calle evidenció degeneración de hepatocitos en grado leve (tumefacción turbia); este trastorno reversible es una respuesta a la acción de un irritante leve a moderado, así como también con una mayor exigencia metabólica del órgano.

**Riñón**

De los 30 peces examinados microscópicamente, 21 no presentaron alteraciones. En los nueve peces restantes se encontró nefritis. La inflamación del parénquima renal (nefritis) fue de tipo mononuclear, con una distribución multifocal y en grado leve a moderado, encontrándose en peces de todos los sectores. Esta reacción del tejido renal pudiera obedecer a una reacción inflamatoria inespecífica. Al respecto, en un pez del año pasado se encontraron restos calcificados de un parásito no identificable. Ninguna muestra de riñón presentó hallazgos compatibles con la acción de elementos o compuestos tóxicos.

**Páncreas**

De los 30 peces examinados microscópicamente, 26 no presentaron alteraciones pancreáticas, un pez evidenció Nematoda de la Familia Anisakidae (sector Pichoy), un ejemplar evidenció metacercarias de Trematoda de la Clase Digenea (sector Ciruelos).

**Corazón**

De los 30 peces examinados microscópicamente, 18 no presentaron alteraciones cardíacas. Por otra parte, en 12 peces no salió incluido tejido cardíaco en los cortes histológicos realizados.

### **Branquias**

De los 30 peces examinados microscópicamente, en 24 de ellos se encontró inflamación (branquitis) en grado leve a moderado y en seis ejemplares se observó hiperplasia de lamelas secundarias. En 23 peces se encontró presencia de parásitos, de los cuales seis ejemplares presentaron dos o más tipos de parásitos. Los parásitos identificados fueron los protozoos ciliados *Trichodina* sp. e *Ichthyophthirius multifiliis*, así como Trematodos de la Clase Monogenea, Familia Ancyrocephalidea y Trematodos de la Clase Digenea. El protozoo *Trichodina* sp. fue encontrado en un total de 16 peces de los sectores Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle. El protozoo *Ichthyophthirius multifiliis* se encontró en tres peces de los sectores Ciruelos y Calle Calle. El Trematodo de la Clase Monogenea Familia Ancyrocephalidea (en siete peces) fue observado en los sectores Ciruelos (un pez, afectado con *Ichthyophthirius multifiliis*), Pichoy (dos peces, ambos con *Trichodina* sp.), Rucaco (un pez, afectado con *Trichodina* sp.), Punucapa (un pez, afectado con *Trichodina* sp.) y Cayumapu (dos peces, ambos con *Trichodina* sp.). El Trematodo de la Clase Digenea fue observado en los sectores Ciruelos (dos peces, con *Trichodina* sp.), Punucapa (un pez), Cayumapu (dos peces, uno de ellos con Trematodo de la Clase Monogenea). En todos los peces en que se observó branquitis, ésta estuvo asociada a la presencia de parásitos, por otra parte, aquellos ejemplares con hiperplasia epitelial de las lamelas secundarias, no presentaron parásitos.

### **Estómago**

De los 30 peces examinados microscópicamente, 27 no presentaron alteraciones gástricas, además, nueve de ellos presentaban abundante contenido alimenticio. El Trematodo de la Clase Digenea fue observado en los sectores Cayumapu (un pez) y Calle Calle (un pez). Adicionalmente, en el sector Cayumapu se encontró un pez con un Nematodo compatible con el género *Camallanus* en el estómago.

**Ciegos pilóricos/intestino**

En 24 de los 30 peces examinados microscópicamente, no se encontraron lesiones histopatológicas a nivel intestinal; un ejemplar presentó una metacercaria de Trematodo Clase Digenea, Familia Diplostomidae (sector Ciruelos), tres peces presentaron Trematodo Clase Digenea (sector Rucaco).

**Bazo**

De los 30 peces examinados microscópicamente, seis ejemplares no evidenciaron lesiones en el bazo, diez peces presentaron congestión (sectores Rucaco, Punucapa, Pichoy, Cayumapu y Calle Calle) y en 14 Puyes no se encontró tejido esplénico en los cortes histológicos realizados (entre ellos los cinco peces del sector Ciruelos). Al igual que lo observado en riñón, la presencia de congestión a nivel esplénico puede asociarse a una activación del sistema inmune por el marcado compromiso parasitario de estos ejemplares, ya que en ninguno de los peces con esta reacción se encontraron signos de una infección viral o bacteriana.

**Musculatura**

De los 30 peces examinados microscópicamente, 25 no evidenciaron lesiones musculares tales como hemorragia, degeneración, inflamación o necrosis. En cinco peces se observaron ejemplares de Trematodo Clase Digenea Familia Diplostomidae a nivel muscular.

**Gónadas**

En 28 de los 30 peces examinados microscópicamente, se logró observar gónadas, encontrándose 15 testículos y 13 ovarios; en dos peces no se encontró tejido gonadal en las láminas histológicas.

**Tabla 4.2.5.25.** Identificación parasitaria histopatológica en puyes durante la campaña del otoño 2019, según sector y tejido afectado. SNC = Sistema Nervioso Central. (cf. Fig. 4.2.5.1 para ubicación de los sectores).

Sectores	Tejido	Identificación
Ciruelos	branquia	Protozoo ciliado <i>Ichthyophthirius multifiliis</i>
Ciruelos	branquia	Protozoo ciliado <i>Trichodina</i> sp.
Ciruelos	branquia	Protozoo ciliado <i>Trichodina</i> sp.
Ciruelos	branquia	Trematodo, Clase Monogenea, Familia Ancyrocephalidea
Ciruelos	branquia	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Ciruelos	cavidad abdominal	Trematodo, Clase Digenea, Familia Diplostomidae
Ciruelos	cavidad abdominal	Trematodo, Clase Digenea, Familia Diplostomidae
Ciruelos	cavidad abdominal	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Ciruelos	intestino	Trematodo, Clase Digenea, Familia Diplostomidae
Ciruelos	páncreas	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Pichoy	branquia	Trematodo, Clase Monogenea, Familia Ancyrocephalidea
Pichoy	branquia	Trematodo, Clase Monogenea, Familia Ancyrocephalidea
Pichoy	cavidad abdominal	Nematodo, Familia Anisakidae, estadios larvarios enquistados
Pichoy	cavidad abdominal	Nematodo, Familia Anisakidae
Pichoy	cavidad abdominal	Nematodo, Familia Anisakidae
Pichoy	cavidad abdominal	Nematodo, Familia Anisakidae
Pichoy	cavidad abdominal	Trematodo, Clase Digenea, Familia Diplostomidae
Pichoy	páncreas	Nematodo, Familia Anisakidae, estadios larvarios enquistados
Pichoy	hígado	Estructura no identificable
Pichoy	médula espinal	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Pichoy	musculatura	Estructura no identificable
Pichoy	musculatura	Trematodo, Clase Digenea

Rucaco	branquia	Trematodo, Clase Monogenea, Familia Ancyrocephalidea
Rucaco	hígado	Estructura no identificable
Rucaco	hígado	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Rucaco	intestino	Estructura no identificable
Rucaco	intestino	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Rucaco	musculatura	Estructura no identificable
Calle Calle	branquia	Protozoo ciliado <i>Ichthyophthirius multifiliis</i>
Calle Calle	cavidad abdominal	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Calle Calle	cavidad abdominal	Trematodo, Clase Digenea, Familia Diplostomidae
Calle Calle	estómago	Trematodo, Clase Digenea
Calle Calle	musculatura	Trematodo, Clase Digenea, Familia Diplostomidae
Punucapa	branquia	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Punucapa	branquia	Trematodo, Clase Monogenea, Familia Ancyrocephalidea
Punucapa	cavidad abdominal	Nematodo, Familia Anisakidae, estadios larvarios enquistados
Punucapa	cavidad abdominal	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Punucapa	hígado	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Cayumapu	branquia	Trematodo, Clase Monogenea, Familia Ancyrocephalidea
Cayumapu	branquia	Estructura no identificable
Cayumapu	branquia	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Cayumapu	branquia	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Cayumapu	branquia	Trematodo, Clase Monogenea, Familia Ancyrocephalidea
Cayumapu	cavidad abdominal	Trematodo, Clase Digenea, Familia Diplostomidae
Cayumapu	cavidad abdominal	Trematodo, Clase Digenea, Familia Diplostomidae
Cayumapu	cavidad abdominal	Nematodo, Familia Anisakidae, estadios larvarios enquistados
Cayumapu	cavidad abdominal	Trematodo, Clase Digenea, Familia Diplostomidae
Cayumapu	cavidad abdominal	Nematodo, Familia Anisakidae, estadios larvarios enquistados
Cayumapu	estómago	Trematodo, Clase Digenea, metacercaria
Cayumapu	estomago	Nematodo, compatible con el género <i>Camallanus</i>

---

### Comparaciones interanuales

La Tabla 4.2.5.26 muestra que, considerando los diferentes tejidos analizados en los puyes de cada sector de muestreo, existen leves variaciones en la presencia de parásitos al comparar las seis campañas otoñales hasta ahora realizadas durante los años 2014 - 2019. Lo realmente importante es que se han mantenido los mismos parásitos en los diferentes tejidos, siendo la mayoría de ellos estados larvarios que corresponden a etapas del desarrollo dentro del puye. Este pez actúa como un hospedador intermediario en el ciclo de los parásitos trematodos, siendo presa para otros peces y aves piscívoras, los cuales son los hospedadores definitivos de dichos parásitos (Fernández *et al.*, 2015). Por otra parte, en esta última campaña se encontró por primera vez un ejemplar compatible con un Nematodo del género *Camallanus*, el cual estuvo presente en el estómago de un pez del sector Cayumapu. Al respecto, *Camallanus corderoi* fue descrita en peces autóctonos, incluyendo puyes, en la cuenca del río Valdivia (Torres *et al.*, 1990)

La Tabla 4.2.5.27 muestra que en las seis campañas otoñales no se han detectado agentes virales tipo IPN (virus de la necrosis pancreática infecciosa), como tampoco agentes micóticos (hongos). Durante la campaña del año 2014 se detectaron agentes bacterianos como *Aeromonas hydrophila* en puyes de sector Ciruelos y *Pseudomonas aeruginosa* y *Alcaligenes faecalis* en Puyes de sector Calle Calle. En ambos casos sin signos de enfermedad. Estas especies bacterianas corresponden a la flora microbiana de los puyes y no se detectaron en las campañas otoñales de los años 2015 al 2019. Respecto de alteraciones histopatológicas en las seis campañas otoñales no se detectó lesiones indicativas de cuadro infeccioso o tóxico en los tejidos analizados. El desarrollo gonadal observado durante el otoño 2019 corresponde, al de testículos inactivos, lo que no concuerda con lo observado en campañas anteriores, en que se apreciaron testículos activos, salvo en el año 2017 que solo se apreciaron testículos inactivos. Esta diferencia puede radicar en que el muestreo durante el otoño 2019 fue más temprano que en los años anteriores al igual que el 2017 (aprox. 1 mes).

La carga parasitaria visualizada no es importante del punto de vista de enfermedad parasitaria, debido posiblemente a que los parámetros ambientales al momento de los muestreos están dentro de los rangos normales para la especie, y así los parásitos y los puyes mantienen un equilibrio, lo que junto a la ausencia de agentes virales citopatogénicos, bacterianos y fúngicos indica la presencia de un estado sanitario en equilibrio.

**Tabla 4.2.5.26.** Comparación de la presencia parasitaria en puyes durante las campañas otoñales de los años 2014-2019, según sitios de muestreo y tejidos afectados. (cf. Fig. 4.2.5.1 para ubicación de los sectores). SNC = Sistema Nervioso Central.

sectores	SNC						cavidad abdominal						hígado					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ciruelos	Si	Si	No	Si	No	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	Si	No	Si
Rucaco	No	Si	Si	No	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	Si
Punucapa	No	No	Si	No	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	Si
Pichoy	Si	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	Si	Si
Cayumapu	Si	Si	Si	No	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	No	No
Calle Calle	No	Si	Si	No	No	No	Si	Si	Si	No	No	Si	No	No	No	No	No	Si



sectores	riñón						páncreas						corazón					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ciruelos	Si	Si	No	Si	No	No	Si	No	No	No	No	Si	No	No	Si	No	No	No
Rucaco	No	No	Si	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Punucapa	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	No	Si	No	No	Si	No	No	No	No
Pichoy	Si	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	No	Si	No	No	No	No
Cayumapu	No	Si	No	No	No	No	No	Si	Si	No	Si	No	No	No	Si	No	No	No
Calle Calle	No	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	Si	No	No	No	No

sectores	Branquia						estómago						ciegos pilóricos intestino					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ciruelos	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	Si	Si	No	No	Si	Si
Rucaco	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	No	Si	No	Si	Si	No	Si
Punucapa	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
Pichoy	No	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	No	Si	No	No
Cayumapu	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No	No
Calle Calle	No	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	Si	No	Si	No	No	Si	No

Continuación **Tabla 4.2.5.26**

sectores	musculatura					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ciruelos	No	No	No	No	No	No
Rucaco	No	No	No	No	No	Si
Punucapa	No	No	No	No	No	Si
Pichoy	No	No	No	No	No	Si
Cayumapu	No	Si	Si	No	No	No
Calle Calle	No	No	No	No	No	Si

**Tabla 4.2.5.27.** Comparación de los hallazgos virológicos, bacteriológicos, micóticos, parasitarios, histopatológicos y gonadales en Puyes (*Galaxias maculatus*) recolectados durante las campañas otoñales de los años 2014-2019.

hallazgo de:	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>virus IPN</b>	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo
<b>Bacterias</b>	<i>Aeromonas hydrophila</i> en Puyes de sector Ciruelos y <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Alcaligenes faecalis</i> en Puyes de sector Calle-Calle. En ambos casos sin signos de enfermedad	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo
<b>Hongos</b>	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo
<b>Parásitos</b>	positivo en peces de todos los sectores, sin signos de enfermedad parasitaria	positivo en peces de todos los sectores, sin signos de enfermedad parasitaria	positivo en peces de todos los sectores, sin signos de enfermedad parasitaria	positivo en peces de todos los sectores, sin signos de enfermedad parasitaria	positivo en peces de todos los sectores, sin signos de enfermedad parasitaria	positivo en peces de todos los sectores, sin signos de enfermedad parasitaria
<b>alteraciones histopatológicas</b>	negativo para lesiones indicativas de cuadro infeccioso o tóxico en los tejidos	negativo para lesiones indicativas de cuadro infeccioso o tóxico en los tejidos	negativo para lesiones indicativas de cuadro infeccioso o tóxico en los tejidos	negativo para lesiones indicativas de cuadro infeccioso o tóxico en los tejidos	negativo para lesiones indicativas de cuadro infeccioso o tóxico en los tejidos	negativo para lesiones indicativas de cuadro infeccioso o tóxico en los tejidos
<b>desarrollo gonadal</b>	actividad reproductiva normal	actividad reproductiva normal	actividad reproductiva normal	Testículos inactivos	Actividad reproductiva normal	Testículos inactivos

#### 4.2.5.5. Conclusiones más relevantes

- En total se recolectaron doce especies de peces (siete nativas y cinco introducidas) durante todo el período de estudio. El Puye, la Gambusia y la Lamprea de bolsa, fueron las especies con las mayores frecuencias de aparición en los muestreos, a la vez que la Tenca y la Carpa fueron los peces con menor representación.
- En general, se observó mayor riqueza de especies durante las campañas de otoño.
- Durante el período 2024-2019, los valores más altos y más bajos de abundancias totales promedio de peces, se registraron en Ciruelos (~45 especímenes) y Calle Calle (~9 especímenes), respectivamente. Las abundancias generales de los peces fueron más altas durante los muestreos de otoño.
- Las abundancias promedio más altas de puyes, se registraron en Ciruelos (~35 especímenes), a la vez que las abundancias promedio más bajas ocurrieron en los ríos Pichoy y Cayumapu (~7 y 8 especímenes, respectivamente).
- Las abundancias promedio más altas de gambusias, se registraron en los ríos Pichoy y Cayumapu (~12 y 17 especímenes, respectivamente), a la vez que las abundancias promedio más bajas ocurrieron en Ciruelos, Rucaco y Calle.
- Los valores promedio más altos de riqueza de especies ocurrieron en Ciruelos, Rucaco y Pichoy (~ 3, 4 y 3 especies, respectivamente), a la vez que los valores más bajos se detectaron en Punucapa, Cayumapu y Calle Calle (~ 2 especies en cada una de estas estaciones).
- El análisis de los tamaños corporales de los puyes muestra cambios estacionales notorios: desde el otoño a la primavera, las frecuencias de tallas más bajas (< 5 cm)

desaparecen o disminuyen en abundancias, quedando en general solo especímenes con tallas superiores a los 5 cm y en abundancias más bajas que las observadas durante el otoño.

- Los metales pesados más abundantes detectados en tejidos del Puye fueron Hierro, Aluminio y Zinc. No se detectó Cadmio ni Arsénico en los peces recolectados en el área de estudio.
- Aún cuando se detectaron diferencias inter-anales significativas en las concentraciones de metales pesados en puyes recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle, no se encontraron tendencias definidas de variación durante el período 2014-2019. Durante este período, las concentraciones de Hierro, Aluminio, Manganeso y Zinc fueron significativamente más altas en los tejidos de puyes recolectados en Ciruelos *versus* aquellos de Rucaco y Calle Calle, en tanto que las concentraciones de Plomo y Mercurio fueron significativamente más altas en puyes de Calle Calle y Rucaco, respectivamente.
- La comparación de las concentraciones de metales pesados medidas en puyes recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle durante los otoños de los años 2014 y 2017, muestra que las concentraciones de Hierro, Zinc y Mercurio fueron significativamente más altas en los puyes de Ciruelos y Rucaco, las de Aluminio en los especímenes de Punucapa, las de Manganeso en puyes de Ciruelos y Pichoy, las de Cobre en peces de Punucapa y Pichoy y las de Plomo en puyes del Calle Calle.
- La comparación de las concentraciones de Ácidos grasos y AOX en puyes recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante el período 2014 y 2019, muestra que los valores más altos de las mismas se registraron en peces del río Calle Calle.

- La comparación de las concentraciones de Ácidos grasos y AOX medidas en puyes recolectados en Ciruelos, Rucaco, Punucapa, Pichoy y Calle Calle durante los otoños de los años 2014 y 2017, muestra que las concentraciones de Ácidos grasos y AOX en puyes, fueron significativamente más altas en especímenes capturados en el río Calle Calle y en Punucapa, Pichoy y Cayumapu, respectivamente.
- El análisis de Dioxinas, Furanos y EQTs en puyes recolectados en Ciruelos, Rucaco y Calle Calle durante el período 2014 y 2019, muestra que estos compuestos tuvieron concentraciones significativamente más altas en peces del río Calle Calle.
- La Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó en puyes de Ciruelos, Rucaco y Calle Calle y en dos muestreos (2017 y 2018), a la vez que la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue detectada en peces de las mismas tres estaciones y en cuatro muestreos (2014, 2016, 2017 y 2018)
- Se detectó la presencia de Los Furanos 2.3.7.8-TCDF y 1.2.3.7.8-PeCDF en los puyes recolectados en todas las estaciones y años de muestreo.
- La comparación inter anual de los puyes examinados entre los años 2014 a 2019, muestran leves variaciones en la presencia de diferentes géneros de parásitos en especímenes aparentemente sanos.
- Similar a lo observado durante las campañas otoñales de los años 2016-2018 en las riberas de los sectores Cayumapu y Punucapa, durante la campaña del año 2019, se detectaron ejemplares de nemátodos de la Familia Anisakidae en el sector Pichoy. Estos organismos son parásitos capaces de producir enfermedades en humanos (zoonosis), cuando se consumen peces parasitados no suficientemente cocidos.

- Durante el año 2019, se encontró por primera vez un ejemplar de nematodo parásito del género *Camallanus* en el estómago de un Puye recolectado en el sector Cayumapu. Este parásito se caracteriza por su alto nivel de contagio.
- En relación a los exámenes parasitológicos realizados en branquias e hígados, se concluye que los puyes examinados se encuentran en un estado sanitario en equilibrio, dado la ausencia de manifestaciones clínicas de enfermedad en estos órganos. Además, no fueron detectados agentes bacterianos y virales indicadores de una alteración del estado sanitario.

#### 4.2.5.6. Referencias

Aguilar I (2005) Estimación y monitoreo de los peces como indicadores del uso sostenible del agua en cuencas hidrológicas. Revista Digital Universitaria UNAM, México DF, vol 6, p 14

Arismendi I, Penaluna B (2009) Peces nativos en aguas continentales del sur de Chile, Iniciativa Científica Milenio (ICM), p 53

Arratia G (1981) Géneros de peces de aguas continentales de Chile. Museo Nacional de Historia Natural, Chile 34:1-108

Arratia G (1987) Description of the primitive family Diplomystidae (siluriformes, Teleostei, Pisces): morphology, taxonomy and phylogenetic implications. Bonner Zoologische Monographien N° 24. Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig Bonn

Boulton A (1999) An overview of river health assessment: philosophies, practice, problems and prognosis. Freshwater Biology 41(2):469-479

Bruno D, Noguera P, Poppe T (2013) A colour atlas of salmonid diseases. 2nd edition, Springer, London, p 211

Campos H (1982) Sistemática del género Cheirodon (Pisces: Characidae) en Chile, con descripción de una nueva especie. Análisis de multivarianza. Studies in Neotropical Fauna and Environment 17(2-3):129-162

Campos H (1984) Los géneros de Atherinidos (Pisces: Atherinidae) del sur de Sudamerica. Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales 13:71-84

Campos H, Ruiz V, Gavilan JF, Alay F (1993) Pesci del fiume Biobío. Pubblicazione di divulgazione, vol 5:7-100

Campos H, Gavilan J (1996) Diferenciación morfológica entre *Percichthys trucha* y *Percichthys melanops* (Perciformes: Percichthyidae) entre 36° y 41° LS (Chile y Argentina), a través de análisis multivariados. *Gayana Zoología* 60(2):99-120

Chediack S (2009) Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿Para qué?. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, p 90

Clarke KR, Gorley RN (2001) PRIMER v6 PRIMER-E Ltd., Plymouth, UK. <https://www.primer-e.com/>

Cowx IG, Collares-Pereira MJ (2002) Freshwater fish conservation: options for the future. *Conservation of Freshwater Fishes: Options for the Future* 443-452

Davis WS, Simon TP (1995) Biological assessment and criteria: tools for water resource planning and decision making. CRC Press, Florida, p 432

Dyer BS (1997) Phylogenetic revision of Atherinopsinae (Teleostei: Atherinopsidae), with comments on the systematics of the South American freshwater fish genus *Basilichthys* Girard. *Museum of Zoology University of Michigan, Miscellaneous Publications* 185:1-64

Dyer BS (2000) Systematic review and biogeography of the freshwater fishes of Chile. *Estudios Oceanológicos* 19:77-98

Fausch KD, Lyons J, Karr JR, Angermeier PL (1990) Fish communities as indicators of environmental degradation. *American Fisheries Society Symposium* 8(1):123-144

Ferguson H (2006) Systemic Pathology of Fish. A text and atlas of normal tissues in teleosts and their Responses in Disease. 2nd edition, Scotian Press, London, p 368

Fernández MV, Semenas L, Viozzi G (2015) La estructura de las comunidades de helmintos de *Galaxias maculatus* (Osmeriformes: Galaxiidae) en diferentes sitios de un lago de la Patagonia argentina. *Ecología Austral* 25(3):212-220

Gardiner CH, Poynton SL (1999) An atlas of metazoan parasites in animal tissues. Armed Forces Institute of Pathology. Washington DC, p 64

Habit E, Dyer B, Vila I (2006) Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. *Gayana Concepción* 70(1):100-113

Kestemont P, Dider J, Depiereux E, Micha JC (2000) Selecting ichthyological metrics to assess river basin ecological quality. *Archives für Hydrobiologie Supplement* 121(3):321-348



Luna L (1968) Manual of Histologic Staining Methods. Institute of Pathology, Armed Forces. 3<sup>rd</sup> edition, Mc Graw-Hill Book Company, New York, p 258

Magurran AE (1988) Ecological diversity and its measurement. Princeton university press, Princeton, p 192

Mcdowall RM, Taylor MJ (2000) Environmental indicators of habitat quality in a migratory freshwater fish fauna. *Environmental Management* 25(4):357-374

Oberdorff T, Pont D, Hugueny B, Porcher JP (2002) Development and validation of a fish-based index for the assessment of 'river health' in France. *Freshwater Biology* 47(9):1720-1734

Paller M, Reichert M, Dean J, Seigle J (2000) Use of fish community data to evaluate restoration success of a riparian stream. *Ecological Engineering* 15:S171-S187

Pequeño G (1981) Peces de las riberas estuariales del Río Lingue, Chile. *Cahiers de Biologie Marines Roscoff* 22:141-163

Roberts R (2012) Fish pathology. 4th edition, Wiley-Blackwell, Chichester West Sussex, p 8

Ruiz VH, Marchant M (2004) Ictiofauna de aguas continentales de Chile. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, p 356

Scott MC, Hall Jr LW (1997) Fish assemblages as indicators of environmental degradation in Maryland coastal plain streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 126(3):349-360

Soto-Galera E, Díaz-Pardo E, López-López E, Lyons J (1998) Fish as indicators of environmental quality in the Río Lerma Basin, México. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 1(3-4):267-276

Spacie A, Hamelink JL (1979) Dynamics of trifluralin accumulation in rivers fishes. *Environmental Science and Technology* 13(7):817-822

Torres P, Franjola R, Cabezas X, Neira A, Covarrubias C (1990) Distribution of the infection by *Camallanus corderoi* (Nemata: Spiruroidea) in different autochthonous hosts and localities of the Valdivia river basin, Chile. *Boletín Chileno de Parasitología* 45 (3-4):55-59

Torres P, Leyan V, Lamilla J (2017) Cyst Stages of Gordiids (Nematomorpha) and Other Eukaryotic Parasites from the Inanga, *Galaxias maculatus* (Osmeriformes: Galaxiidae), in the Lingue River, Southern Chile. *Comparative Parasitology* 84(1):72–79

Vega R, Dantagnan P, Mardones A, Valdebenito I, Zamorano J, Encina F (2013) Bases biológicas para el cultivo del puye *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842): una revisión. Latin American Journal of Aquatic Research 41(3):369-386. DOI: 103856/vol41-issue3-fulltext-1

Velázquez-Velázquez E, Vega-Cendejas ME (2004) Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. Biodiversitas 57:12-15

Vila I, Fuentes L, Contreras M (1999) Peces límnicos de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 48:61-75

Vila-Gispert A, García-Berthou E, Moreno-Amich R (2002) Fish zonation in a Mediterranean stream: Effects of human disturbances. Aquatic Sciences 64(2):163-170

Wang L, Lyons J, Kanehi P, Bannerman R, Emmons E (2000) Watershed urbanization and changes in fish communities in southeastern Wisconsin streams. Journal of the American Water Resources Association 36(5):1173-1175

Wichert G, Rapport D (1998) Fish community structure as a measure of degradation and rehabilitation of riparian systems in an agricultural drainage basin. Environmental Management 22(3):425-443

## 4.2.6. HERPETOFAUNA

### 4.2.6.1. Antecedentes

El grupo de los anfibios (ranas y sapos) de Chile está compuesto por ocho familias: Alsodidae, Batrachylidae, Bufonidae, Calyptocephalellidae, Leptodactylidae, Rhinodermatidae, Telmatobiidae y Pipidae (Frost, 2019). De los 14 géneros reconocidos, seis son endémicos y tres de ellos monotípicos (*Calyptocephalella*, *Hylorina* e *Insuetophrynus*). Además, hoy en día el catálogo de especies de anfibios de Chile contempla una especie introducida asilvestrada, *Xenopus laevis* (Lobos *et al.*, 2013).

Por su parte, la diversidad de reptiles de Chile (serpientes, lagartos y tortugas) da cuenta de aproximadamente 123 especies (Pincheira-Donoso *et al.*, 2008; Demangel 2016) más dos tortugas introducidas. La mayor riqueza específica se concentra en el norte y centro del país, entre las regiones de Antofagasta y del Bío Bío. En este escenario, es posible encontrar especies de distribución exclusiva para el norte de Chile (*e.g.*, *Liolaemus atacamensis* y *Microlophus quadrivittatus*) o el sur de nuestro país (*e.g.*, *Diplolaemus darwinii* y *Liolaemus magellanicus*), y otras con rangos de distribución muy extensas (*e.g.*, *Liolaemus lemniscatus* y *L. tenuis*). Además, se encuentran cuatro especies de tortugas marinas (*Dermochelys coriacea*, *Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*), más dos tortugas introducidas: una terrestre desde Argentina, *Chelonoidis chilensis* y una dulceacuícola proveniente de Estados Unidos, *Trachemys scripta* (González *et al.*, 2018).

Los anfibios y reptiles son de especial interés debido a su gran sensibilidad a pequeños cambios ambientales, esta particularidad los convierte en una herramienta de primer orden a la hora de valorar la dimensión de estas transformaciones y perturbaciones ambientales. En efecto, la contaminación ambiental, la destrucción de hábitats, la introducción de especies exóticas y enfermedades emergentes asociadas al cambio global, están dando cuenta de una gran regresión poblacional a nivel mundial de estos animales (Baillie *et al.*, 2004; Grant *et al.*, 2016; Kueneman *et al.*, 2019). De este modo, las evidencias

de lo nocivo que para estos grupos animales representan las modificaciones físico-químicas y ambientales asociadas a actividades de origen antrópico (sobre todo del medio acuático), justifican su uso como herramienta de gran utilidad para sensibilizar a la población en general sobre problemáticas ambientales (Simon *et al.*, 2011) y monitorear el medio ambiente (Heyer *et al.*, 2001).

La Región de Los Ríos es una de las áreas particularmente importantes para los anfibios nativos debido a la diversidad de especies existentes, siendo algunos de ellos endémicos de esta zona. Así mismo, cerca del 30% de las especies que aquí habitan han sido catalogadas bajo los estados de conservación que van desde, Casi Amenazado hasta En Peligro Crítico (Tabla 4.2.6.1); mientras que, de otras especies, incluidas dos endémicas de la región (*Alsodes norae*, *Eupsophus altor*) de las que se desconoce el estado de conservación. Este desconocimiento ha sido atribuido principalmente a la falta de información de la distribución real, extensión de su territorio, además de la ausencia de otros datos tales como la abundancia relativa y uso de hábitat (UICN, 2019).

**Tabla 4.2.6.1.** Especies de anfibios y reptiles que habitan en la Región de los Ríos y su estado de conservación. Se indica además si la especie está presente potencialmente en el humedal del río Cruces. Los estados de conservación (E.Cons.) se indican según la categoría de la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN, 2019) y son: LC = Preocupación Menor, NT= Casi amenazado, VU= Vulnerable, DD= Datos insuficientes, EN= En Peligro, CR= En Peligro Crítico.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>E.Cons.</b>	<b>Presente en HRC</b>
Bufo	<i>Rhinella rubropunctata</i>	LC	no
Calyptocephalellidae	<i>Calyptocephalella gayi</i>	VU	si
Calyptocephalellidae	<i>Telmatobufo australis</i>	VU	no
Batrachylidae	<i>Batrachyla antartandica</i>	LC	no
Batrachylidae	<i>Batrachyla leptopus</i>	LC	si
Batrachylidae	<i>Batrachyla taeniata</i>	LC	si
Alsodidae	<i>Alsodes norae</i>	EN	no
Alsodidae	<i>Alsodes valdiviensis</i>	EN	no
Alsodidae	<i>Alsodes verrucosus</i>	LC	no
Alsodidae	<i>Eupsophus altor</i>	EN	si
Alsodidae	<i>Eupsophus calcaratus</i>	LC	no
Alsodidae	<i>Eupsophus migueli</i>	EN	no
Alsodidae	<i>Eupsophus roseus</i>	NT	si
Alsodidae	<i>Eupsophus vertebralis</i>	NT	si
Alsodidae	<i>Eupsophus emiliopugini</i>	NT	no
Batrachylidae	<i>Hylorina sylvatica</i>	LC	si
Rhinodermatidae	<i>Insuetophrymus acarpicus</i>	CR	no
Rhinodermatidae	<i>Rhinoderma darwinii</i>	VU	no
Leptodactylidae	<i>Pleurodema thaul</i>	LC	si
Liolaemidae	<i>Liolaemus pictus</i>	VU	si
Liolaemidae	<i>Liolaemus cyanogaster</i>	VU	si
Colubridae	<i>Tachymenis chilensis</i>	LC	si

El presente Capítulo hace referencia a los resultados obtenidos en la caracterización de la fauna de anfibios y reptiles del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC), en el contexto del Quinto Año del Programa de Monitoreo Ambiental de este humedal,

considerando campañas de otoño y primavera del año 2019. Se hace además un análisis comparativo considerando el presente año y el Programa de Diagnóstico Ambiental (año 2014) y los resultados del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (2015- al 2018).

#### **4.2.6.2. Objetivos**

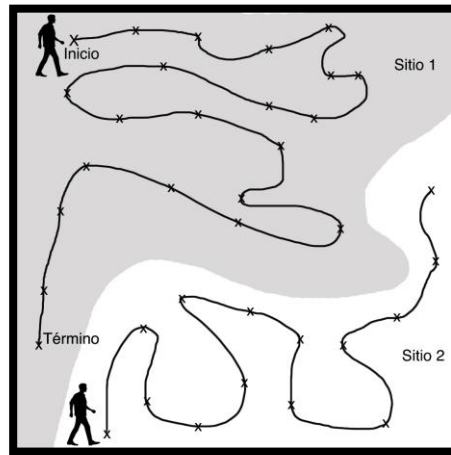
- Determinar, sobre la base de campañas de terreno realizados durante otoño y primavera del año 2019, índices de riqueza específica y abundancia de anfibios y reptiles en el HRC.
- Analizar el estado de conservación de las especies de anfibios y reptiles presentes en el área de estudio.
- Evaluar la eventual presencia de la especie exótica *Trachemys scripta elegans* (Tortuga Californiana) en el HRC.
- Comparar los resultados de las campañas del año 2019, con aquellos obtenidos durante el Programa de Diagnóstico Ambiental (año 2014) y el Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (2015 a 2018).

#### **4.2.6.3. Material y métodos**

##### **Metodología de terreno**

Para ambos grupos de animales, se utilizó la técnica de Relevamiento por Encuentros Visuales (“*Visual Encounter Survey*” o VES), dado que ofrece muchas posibilidades de uso (Heyer *et al.*, 2001). Esta técnica de muestreo se ha utilizado ampliamente para la evaluación rápida de anfibios en grandes áreas, especialmente en hábitats uniformes donde la visibilidad es buena y también es útil para reptiles que habitan en el suelo y que son activos en áreas abiertas. Por otra parte, se la ha utilizado de manera efectiva para especies de anfibios que viven en hábitats fácilmente identificables, tales como troncos o zonas riparias, pendientes en talud, etc y también es apropiada para especies que están altamente agrupadas y para monitorear larvas de anfibios en charcas poco profundas, con aguas claras

y vegetación dispersa (Heyer *et al.*, 2001). En este método, una persona camina a través de un área o hábitat, por un período de tiempo predeterminado buscando animales de manera exhaustiva (Fig. 4.2.6.1). El tiempo se expresa como el número de horas/hombre de búsqueda en cada una de las áreas a comparar. El VES es una técnica apropiada, tanto para estudios de inventario como para monitoreo.



**Figura 4.2.6.1.** Esquema del método de búsqueda aleatoria para recolección de anfibios y reptiles, mediante transectos al azar en un área determinada (modificado de Heyer *et al.*, 2001).

Las campañas de terreno realizadas durante el Quinto Año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC, se llevaron a cabo entre los días 7-9 y 14-15 de mayo de 2019 (otoño) y desde el 5 al 9 de noviembre (primavera) del año 2019. Como en años anteriores, el diseño del muestreo escogido para realizar la toma de datos estuvo basado en una combinación de un VES aleatorizado por caminatas al azar y un VES en transectos. En algunos casos, particularmente para reptiles, se usó el método de búsqueda en parches. Se escogieron estos métodos como referentes por ser los indicados para muestrear grandes áreas y por ser los que más se adaptan a las necesidades del presente estudio.

Se procedió a registrar el punto de cada observación con ayuda de un GPS y se apuntó en la planilla de campo el número y determinación de la(s) especie(s), así como otros datos relevantes en caso de que hubiesen (*e.g.*, anfibios o reptiles muertos, estado de

desarrollo, presencia de parásitos). Al finalizar cada transecto se procedió a controlar la hora final para volverla a anotar en la planilla.

También se registraron evidencias auditivas o cantos. El reconocimiento de vocalizaciones de anfibios es relativamente simple, pero muy efectivo no solo para determinar la presencia o ausencia de especies de anuros, sino también para establecer épocas y sitios de reproducción. Se buscaron renacuajos (el estado de desarrollo acuático de los anfibios) mediante redes de mano y la inspección minuciosa en las riberas de los cuerpos de agua (agujeros en grietas, pozas temporales, arroyos y ríos). Se tomaron además datos como abundancia relativa, estados de desarrollo de renacuajos y presencia de oviposturas. Por su movilidad y cuando fue posible, la prospección de la eventual presencia de reptiles se realizó hasta 50 metros desde las riberas de los cuerpos hídricos del área de estudio. Para cada sitio prospectado, se confeccionó un catastro de las especies de anfibios y reptiles existentes, estimándose riqueza específica, densidad y abundancia relativa, mediante el esfuerzo de muestreo realizado.

### **Índices de Diversidad**

Las comunidades biológicas poseen una propiedad emergente, la diversidad específica, que se relaciona con la variedad dentro de esas comunidades, atributo que es la expresión de dos componentes: el número de especies presentes en la comunidad (=riqueza de especies) y la equidad, entendida como la abundancia (el número de individuos) relativa entre las especies de una determinada comunidad. En algunos casos un valor dado de un índice de diversidad puede provenir de distintas combinaciones de riqueza específica y equidad. Es decir, el mismo índice de diversidad puede obtenerse de una comunidad con baja riqueza y alta equidad como de una comunidad con alta riqueza y baja equidad. Esto significa que el valor del índice aislado no permite conocer la importancia relativa de sus componentes (riqueza y equidad). Los índices utilizados en el presente estudio fueron: índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ), índice de Simpson ( $D$ ), índice de Berger-Parker ( $B$ ), Índice de Margalef ( $D_{mg}$ ) e índice de Pielou ( $J'$ ). Además, para los análisis



comparativos se utilizaron tablas de contingencia para sintetizar información concerniente a las relaciones entre las especies.

El índice Shanon-Weaver (Shannon y Weaver, 1949), es uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica. Este índice deriva de la teoría de información como una medida de la entropía. Es decir, el índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. De esta manera, si una comunidad de  $S$  especies es muy homogénea (una especie claramente dominante), el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las  $S$  especies fueran igualmente abundantes. El índice de Shannon-Weaver se define como:

$$H' = -\sum n_i/N \ln(n_i/N)$$

Donde:

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N$  = número total de individuos de todas las especies.

El índice de Simpson (Simpson, 1949) también conocido como el índice de dominancia, es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. Este índice deriva de la teoría de probabilidades y mide la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos muestreos sucesivos al azar sin reposición, es decir, representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Este índice está fuertemente influenciado por las especies más dominantes. Su valor varía de 0 a un máximo de  $1-1/S$  ( $S$  = número de taxa) y su fórmula es:

$$D = \sum (p_i^2)$$

Donde:

$p_i$  = la proporción de la muestra, es decir  $n_i/N$ .

Por su parte, el índice de Berger-Parker (Berger and Parker, 1970) expresa la proporción que representa la especie dominante ( $N_{\max}$ ) frente a toda la muestra ( $N$ ), por tanto, este es un índice de dominancia que varía entre 0 y 1. Cuanto más se acerca a 1 significa que mayor es la dominancia y menor la diversidad. La fórmula es:

$$B = N_{\max}/N_T$$

Donde:

$N_{\max}$  = abundancia de la especie dominante

$N_T$  = número total de individuos capturados de todas las especies

Para cuantificar el componente de equidad de la diversidad de anfibios y reptiles se usó además el índice de Pielou (Pielou, 1975). Este índice se utilizó para medir la proporción de la diversidad observada en cada sector con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes. El cálculo se efectuó según la siguiente expresión:

$$J' = H'/H'_{\max}$$

Donde:

$H'$  = índice de Shannon-Weaver

$(H'_{\max}) = \ln(r)$ , siendo  $r$  el número de especies observadas en la muestra.

Finalmente, el Índice de Margalef (Margalef, 1995) fue utilizado para estimar la biodiversidad de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada. Valores inferiores a dos son considerados como zonas de baja biodiversidad y valores superiores a cinco son indicativos de alta biodiversidad. La fórmula se expresa como:

$$D_{mg} = (s-1)/\ln N$$

Donde:

$S$  = número de especies

N= número total de individuos

Para todas las estimaciones de riqueza y abundancia relativa de especies se utilizó el programa EstimateS 9.1 (Colwell, 2013). Todas las mediciones fueron de acuerdo con lo descrito en el Informe Final del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC 2015, sección 4.9.

#### **4.2.6.4. Resultados**

##### **Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles**

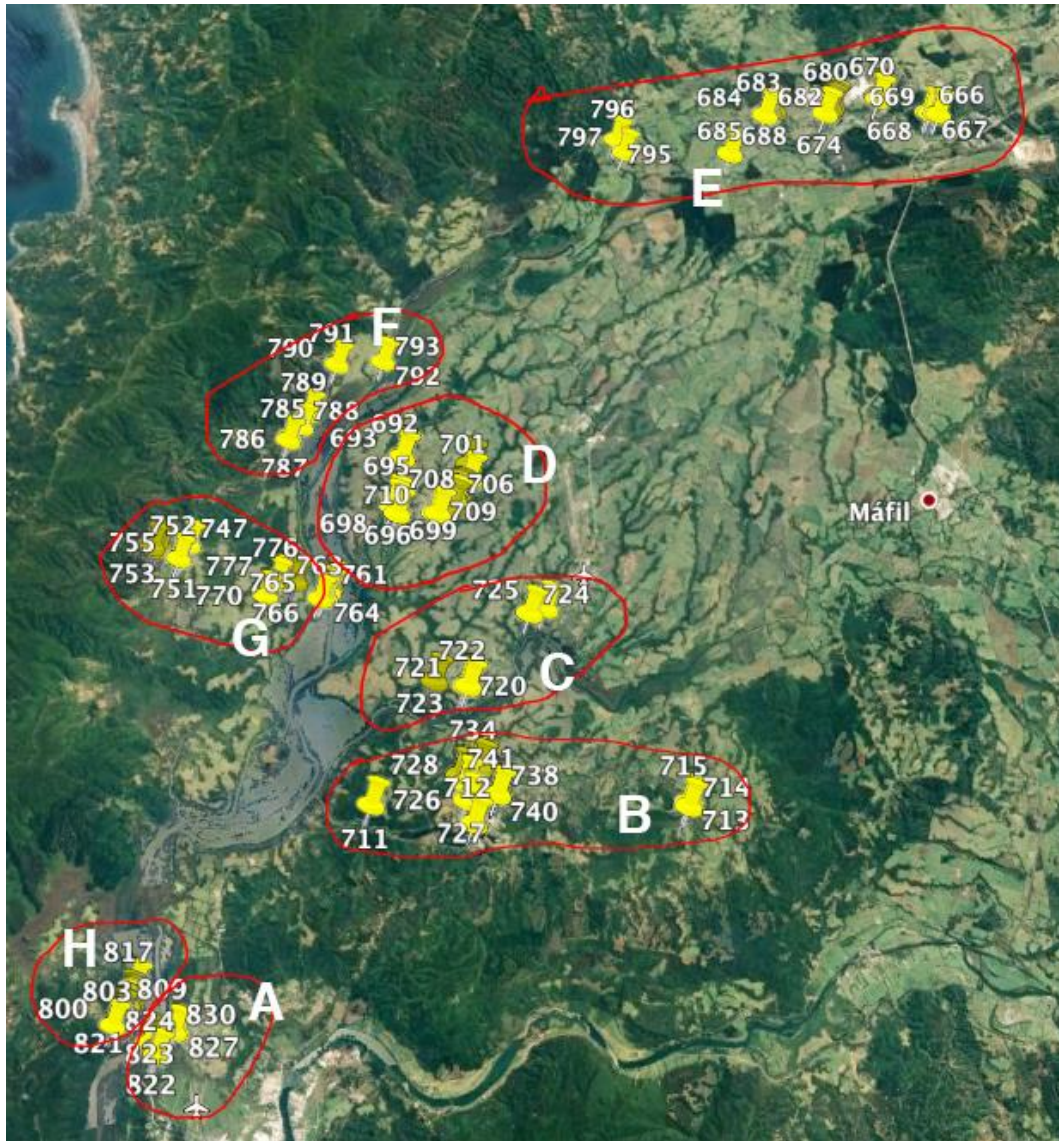
En la Tabla 4.2.6.2 se muestran los resultados obtenidos sobre riqueza y abundancia de anfibios y reptiles encontrados en la zona de estudio durante el otoño y la primavera del año 2019.

La riqueza fue de cinco especies de anfibios en otoño y seis en primavera, mientras que la de reptiles fue de una en otoño y tres especies en primavera. La especie de anfibio más abundante en otoño fue *Batrachyla taeniata* (48,38% del total prospectado), mientras que en primavera fue *Calyptocephalella gayi* (34,48% del total prospectado). Las especies menos abundantes fueron *Pleurodema thaul* (siete especímenes) y *Batrachyla leptopus* (diez especímenes). Con respecto a los reptiles, en otoño se determinó la presencia de solo una especie, *L. cyanogaster*, mientras que en primavera se determinó la presencia de tres especies de reptil, incluyendo un espécimen de la culebra de cola corta, *Tachymenis chilensis*. La especie de reptil más abundante en primavera 2019 fue *L. pictus* (53,48%) (Tabla 4.2.6.2).

**Tabla 4.2.6.2.** Número total de especímenes de anfibios y reptiles en el área de estudio durante el otoño y primavera del año 2019. Se señala además la abundancia relativa para otoño y primavera (ARo y ARp, respectivamente).

<b>Taxón</b>	<b>otoño 2019</b>	<b>ARo (%)</b>	<b>primavera 2019</b>	<b>ARp (%)</b>	<b>Total 2019</b>
<b>Anfibios</b>					
<i>Batrachyla leptopus</i>	4	6,45	6	5,17	10
<i>Batrachyla taeniata</i>	30	48,38	32	27,58	62
<i>Eupsophus vertebralis</i>	8	12,90	15	12,93	23
<i>Eupsophus roseus</i>	18	29,03	18	15,51	36
<i>Calyptocephalella gayi</i>	0	0	40	34,48	40
<i>Pleurodema thaul</i>	2	3,22	5	4,31	7
<b>Reptiles</b>					
<i>Liolaemus pictus</i>	0	0	23	53,48	23
<i>Liolaemus cyanogaster</i>	4	100	19	44,18	23
<i>Tachymenis chilensis</i>	0	0	1	2,32	1

En la Figura 4.2.6.2 se muestra la ubicación de las ocho áreas de muestreo en el HRC y sus ríos tributarios.



**Figura 4.2.6.2.** Ubicación de las ocho áreas de muestro (A-H) de anfibios y reptiles en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. **A:** sector Las Marías **B:** sector río Cayumapu, **C:** sector río Pichoy, **D:** sector ríos Nanihie - Cudico, **E:** sector San José de la Mariquina, **F:** sector río San José, **G:** sector río Santa María, **H:** sector Punucapa.

La Tabla 4.2.6.3 a 4.2.6.5 muestra la distribución de la fauna de anfibios y reptiles en el HRC durante las campañas de otoño y primavera del año 2019.

La mayor abundancia de anfibios en otoño de 2019 se presentó en la zona G (sector río Santa María) con 23 especímenes, mientras que en la zona C (sector río Pichoy) no se

observaron especímenes ni de anfibios ni reptiles (Tabla 4.2.6.3). Para esta campaña no se muestra tabla correspondiente dado que se encontró solo cuatro especímenes de *L. cyanogaster* en un solo sector (sector A). Durante la primavera de 2019 los mayores avistamientos se produjeron en la zona H (Sector Punucapa) mientras que la menor abundancia y riqueza se dio en los sectores B (sector río Cayumapu) y C (sector río Pichoy) (Tabla 4.2.6.4). Los mayores avistamientos de reptiles ocurrieron en la zona C (sector río Pichoy), mientras que no se avistaron reptiles en la zona H (sector Punucapa) (Tabla 4.2.6.5).

**Tabla 4.2.6.3.** Riqueza y abundancia de especies de anfibios registradas durante otoño de 2019 en el área de estudio.

<b>Especie</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>Total</b>
<i>Batrachyla taeniata</i>	2	1	0	1	9	10	7	0	30
<i>Batrachyla leptopus</i>	0	0	0	0	0	4	0	0	4
<i>Eupsophus roseus</i>	0	1	0	0	0	0	16	1	18
<i>Eupsophus vertebralis</i>	0	0	0	0	0	0	0	8	8
<i>Pleurodema thaul</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	2
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>9</b>	<b>62</b>

**Tabla 4.2.6.4.** Riqueza y abundancia de especies de anfibios registradas durante la primavera de 2019 en el área de estudio.

<b>Especie</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>Total</b>
<i>Batrachyla taeniata</i>	6	1	2	1	9	10	3	0	32
<i>Batrachyla leptopus</i>	2	0	0	0	1	3	0	0	6
<i>Eupsophus roseus</i>	0	0	0	0	0	0	11	7	18
<i>Eupsophus vertebralis</i>	0	0	0	0	0	0	0	15	15
<i>Pleurodema thaul</i>	0	1	0	0	0	0	0	4	5
<i>Calyptocephalella gayi</i>	10	5	5	10	0	3	7	0	40
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>116</b>

**Tabla 4.2.6.5.** Riqueza y abundancia de especies de reptiles registradas durante la primavera de 2019 en el área de estudio.

Especie	A	B	C	D	E	F	G	H	Total
<i>Liolaemus pictus</i>	0	0	9	3	1	9	1	0	23
<i>Liolaemus cyanogaster</i>	1	1	10	0	2	5	0	0	19
<i>Tachymenis chilensis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Total	1	1	19	3	3	15	1	0	43

La Tabla 4.2.6.6 y Tabla 4.2.6.7 muestran los valores de los índices de diversidad de Shannon-Weaver ( $H'$ ), índice de Simpson (D), índice de Berger-Parker (B), Índice de Margalef (Dmg) e índice de Pielou ( $J'$ ), tanto para la campaña de otoño como la de primavera de 2019. Los resultados de las campañas de otoño y primavera 2019 muestran claramente que la comunidad de anfibios tiende a ser homogénea (índice de Berger-Parker inferiores a 0,5) y poco diversa (índice de Margalef inferior a 2).

En tanto, la diversidad de reptiles para el otoño de 2019 fue igual a cero. En este sentido, como el índice Berger-Parker expresa la proporción que representa la especie dominante frente a toda la muestra, tuvo el máximo valor en esta estación por la presencia de una sola especie de reptil.

**Tabla 4.2.6.6.** Índices de diversidad de Berger-Parker (B), de Margalef (Dmg), de Simpson (D), de Shannon-Weaver ( $H'$ ) e índice de Pielou ( $J'$ ), para la campaña de otoño del año 2019.

	B	Dmg	D	$H'$	J
Anfibios	0,4838	0,9691	0,6705	1,2621	0,7842
Reptiles	1,0000	-	0,0000	0,0000	-

**Tabla 4.2.6.7.** Índices de diversidad de Berger-Parker (B), de Margalef (Dmg), de Simpson (D), de Shannon-Weaver ( $H'$ ) e índice de Pielou ( $J'$ ), para la campaña de primavera del año 2019.

	B	Dmg	D	$H'$	J
Anfibios	0,3448	1,0518	0,7662	1,5647	0,8733
Reptiles	0,5348	0,5317	0,5304	0,7830	0,7127

### Comparación entre las campañas de los Programas de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC

Para hacer estimaciones de variabilidad temporal de la diversidad de anfibios y reptiles del HRC, se compararon los resultados de la campaña del año 2019 con las campañas del Programa de Diagnóstico Ambiental (otoño y primavera del año 2014) y aquellos resultados del Programa de Monitoreo del HRC (primavera del año 2015; otoño y primavera de 2016, 2017 y 2018). Los resultados se muestran en la Tabla 4.2.6.8 y Tabla 4.2.6.9.

En la Tabla 4.2.6.8. puede observarse que las especies más abundantes en el HRC son *Batrachyla taeniata* (450 individuos) y *Calyptocephalella gayi* (con 233 individuos determinados). Ambas especies representan cerca del 76% del total de anfibios prospectados en el HRC (895 anfibios). Por otra parte, *Liolaemus cyanogaster* representa la especie más abundante en el caso de los reptiles, con 97 individuos (59% del total) (Tabla 4.2.6.9). se observa que.

Al comparar abundancia y riqueza por estaciones a lo largo de todas las campañas (Fig. 4.2.6.3) se observa que el patrón general es claramente dominado por *Batrachyla taeniata* y en segundo lugar *Calyptocephalella gayi*. En el caso de *B. taeniata*, como ya se ha comentado, la abundancia de esta especie se puede deber a su tolerancia a los ambientes intervenidos, encontrándose incluso bajo escombros y acopios de basura. Las diferencias estacionales que se pueden observar podrían estar dadas por sus épocas reproductivas. Ejemplo de esto, es *C. gayi*, cuya mayor abundancia se observa en primavera (cantos y desplazamientos en agua y tierra) y no así en otoño, dado que permanecen ocultos en los cuerpos de agua, siendo difícil encontrarlas sin usar redes de arrastre u otros implementos. Con respecto a *C. gayi*, los resultados son relevantes, pues al parecer esta especie es abundante en comunidades relativamente estables en el HRC, situación que contrasta con el estado de conservación de esta especie que está como Vulnerable y en



general sus poblaciones se han visto drásticamente disminuidas por pérdida de hábitat y cambios de uso de suelo.

En el caso de los reptiles (Fig. 4.2.6.4), los patrones de variación temporal indican presencia relativamente común de *Liolaemus pictus* y *L. cyanogaster*. En este caso, las diferencias en las abundancias estacionales (otoño *versus* primavera) están claramente relacionadas con la menor o nula actividad de estos animales en otoño, dada principalmente por el descenso de la temperatura ambiental.

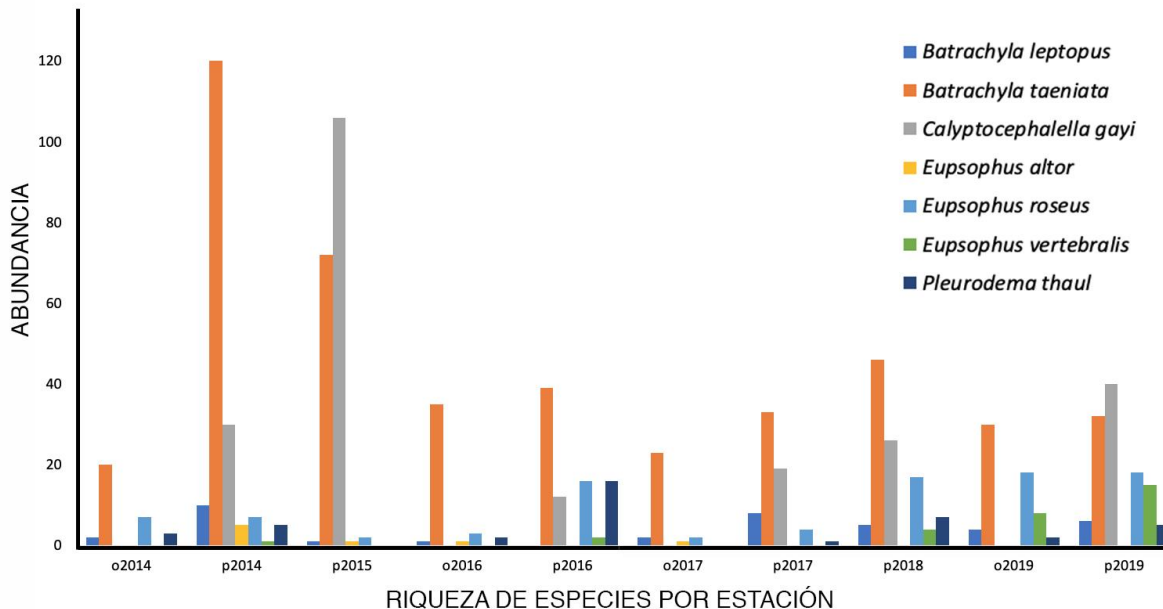
Por otra parte, las fluctuaciones de los índices de diversidad para anfibios y reptiles a través del tiempo (Fig. 4.2.6.5 y Fig. 4.2.6.6), se pueden atribuir al bajo número de especies presentes en el HRC, y su densidad relativamente baja (excepto *B. taeniata* y *C. gayi*), de manera que cualquier diferencia en abundancia y ausencia de una determinada prospección hacen variar estos índices. El ejemplo más evidente de esto ocurre con la culebra de cola corta *Tachymenis chilensis*, cuya presencia esporádica y baja densidad incide significativamente en los índices de diversidad de la comunidad de reptiles del HRC.

**Tabla 4.2.6.8.** Comparaciones de la riqueza y abundancia de anfibios entre la campaña del año 2019 y las del Programa de Diagnóstico Ambiental (otoño y primavera del año 2014) y del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (primavera del año 2015, otoño y primavera del año 2016, 2017 y primavera del año 2018). o = otoño; p = primavera. Se indican además los índices de diversidad estimados para cada estación.

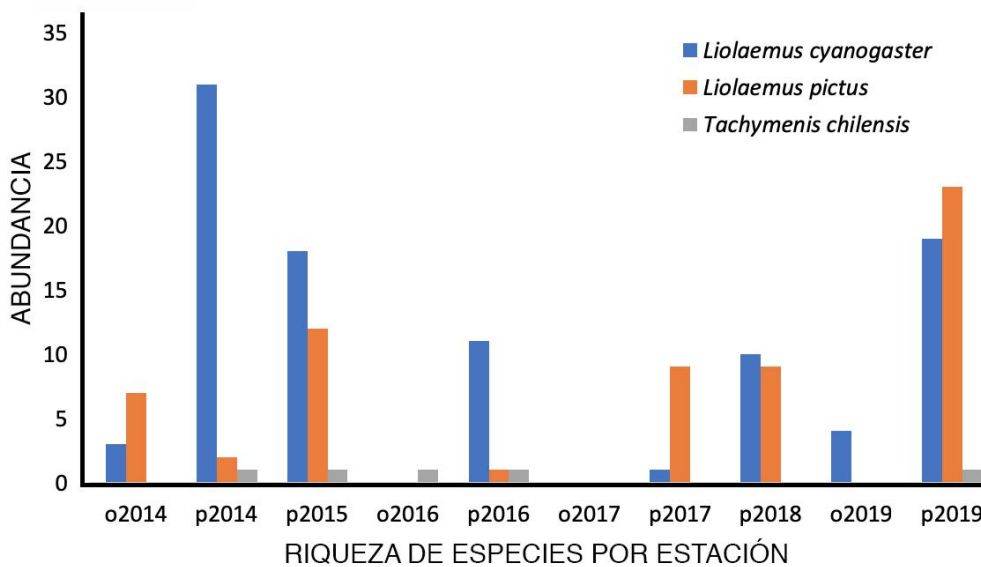
<b>Especie</b>	<b>o2014</b>	<b>p2014</b>	<b>p2015</b>	<b>o2016</b>	<b>p2016</b>	<b>o2017</b>	<b>p2017</b>	<b>p2018</b>	<b>o2019</b>	<b>p2019</b>	<b>Total</b>
<i>Batrachyla leptopus</i>	2	10	1	1	0	2	8	5	4	6	<b>39</b>
<i>Batrachyla taeniata</i>	20	120	72	35	39	23	33	46	30	32	<b>450</b>
<i>Calyptocephalella gayi</i>	0	30	106	0	12	0	19	26	0	40	<b>233</b>
<i>Eupsophus altor</i>	0	5	1	1	0	1	0	0	0	0	<b>8</b>
<i>Eupsophus roseus</i>	7	7	2	3	16	2	4	17	18	18	<b>94</b>
<i>Eupsophus vertebralis</i>	0	1	0	0	2	0	0	4	8	15	<b>30</b>
<i>Pleurodema thaul</i>	3	5	0	2	16	0	1	7	2	5	<b>41</b>
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>178</b>	<b>182</b>	<b>42</b>	<b>85</b>	<b>28</b>	<b>65</b>	<b>105</b>	<b>62</b>	<b>116</b>	<b>895</b>
Índice Berger-Parker, B	0,6250	0,6741	0,5824	0,8333	0,4588	0,8214	0,5076	0,4380	0,4938	0,3448	0,5027
Índice de Margalef, D <sub>mg</sub>	0,8656	1,1579	0,7686	1,0701	0,9003	0,9003	0,9582	1,0743	0,9691	1,0518	0,8771
Índice de Shanon-Weaver, H'	1,0214	1,0840	0,7884	0,6634	1,3508	0,6575	1,1973	1,4519	1,2621	1,5647	1,4261
Índice de Simpson, D	0,5665	0,5136	0,5068	0,3042	0,7064	0,3253	0,6475	0,7192	0,6705	0,7662	0,6867
Índice de Pileou, J'	0,7367	0,5574	0,4898	0,4121	0,8393	0,4743	0,7439	0,8103	0,7842	0,8733	0,7329

**Tabla 4.2.6.9.** Comparaciones de la riqueza y abundancia de reptiles entre la campaña del año 2019 y las del Programa de Diagnóstico Ambiental (otoño y primavera del año 2014) y del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (primavera del año 2015, otoño y primavera del año 2016, 2017 y primavera del año 2018). o = otoño; p = primavera. Se indican además los índices de diversidad estimados para cada estación.

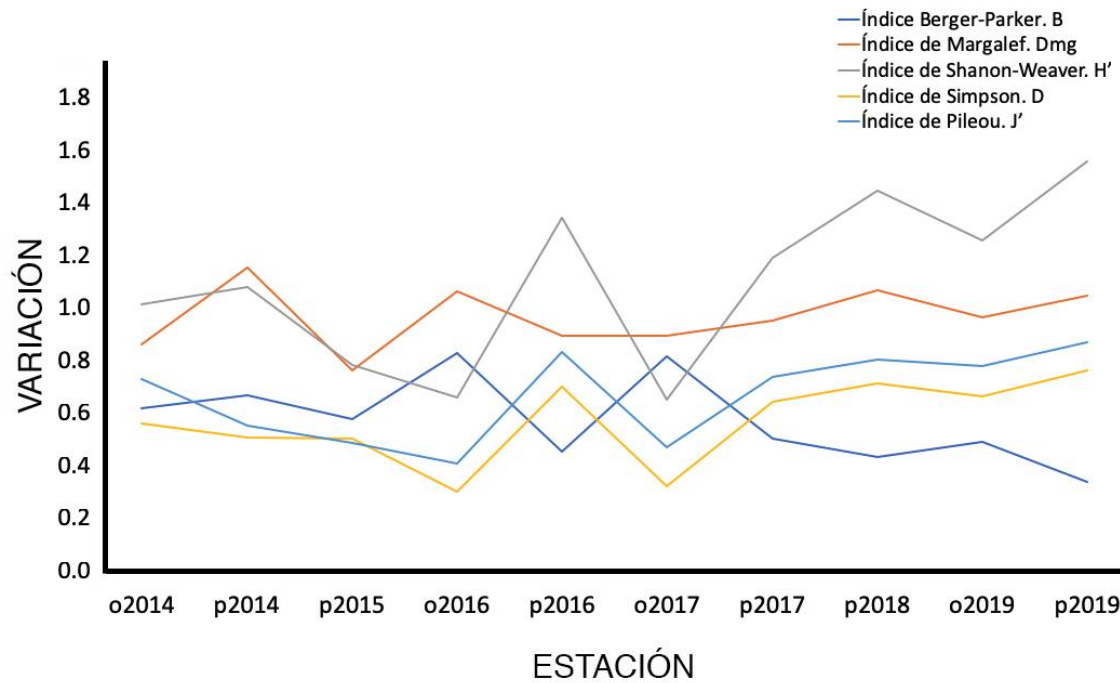
<b>Especie</b>	<b>o2014</b>	<b>p2014</b>	<b>p2015</b>	<b>o2016</b>	<b>p2016</b>	<b>o2017</b>	<b>p2017</b>	<b>p2018</b>	<b>o2019</b>	<b>p2019</b>	<b>Total</b>
<i>Liolaemus cyanogaster</i>	3	31	18	0	11	0	1	10	4	19	<b>97</b>
<i>Liolaemus pictus</i>	7	2	12	0	1	0	9	9	0	23	<b>63</b>
<i>Tachymenis chilensis</i>	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>34</b>	<b>31</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>43</b>	<b>165</b>
Índice Berger-Parker, B	0,7000	0,9117	0,5806	1,000	0,8461	-	0,9000	0,5263	1,000	0,4693	0,5878
Índice de Margalef, D <sub>mg</sub>	0,4342	0,5671	0,5824	0	0,7797	-	0,4342	0,3396	0	0,5317	0,4892
Índice de Shanon-Weaver, H'	0,6108	0,3545	0,7938	0	0,5359	-	0,3250	0,6917	0	0,7830	0,7858
Índice de Simpson, D	0,4666	0,1693	0,5290	0	0,2948	-	0,2000	0,5263	0	0,5304	0,5107
Índice de Pileou, J'	0,8812	0,3227	0,7225	-	0,4878	-	0,4689	0,9980	-	0,7127	0,7153



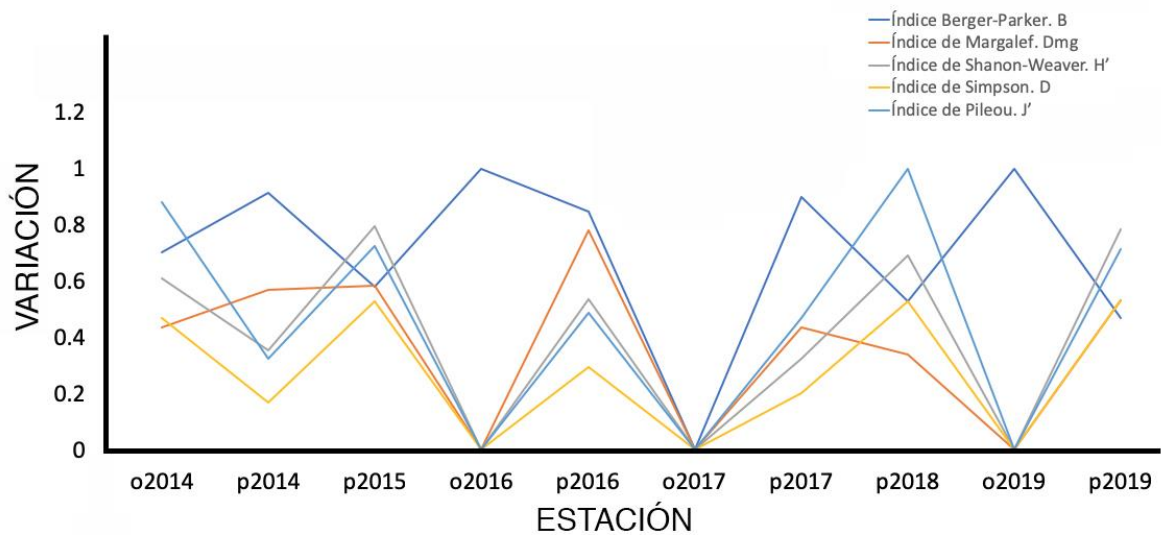
**Figura 4.2.6.3.** Riqueza y abundancia de especies de anfibios en el HRC a lo largo de las campañas de otoño (o) y primavera (p) desde 2014 a 2019.



**Figura 4.2.6.4.** Riqueza y abundancia de especies de reptiles en el HRC a lo largo de las campañas de otoño (o) y primavera (p) desde 2014 a 2019.



**Figura 4.2.6.5.** Variación de los índices de diversidad para anfibios a lo largo de las campañas de otoño (o) y primavera (p) desde 2014 a 2019.



**Figura 4.2.6.6.** Variación de los índices de diversidad para reptiles a lo largo de las campañas de otoño (o) y primavera (p) desde 2014 a 2019.

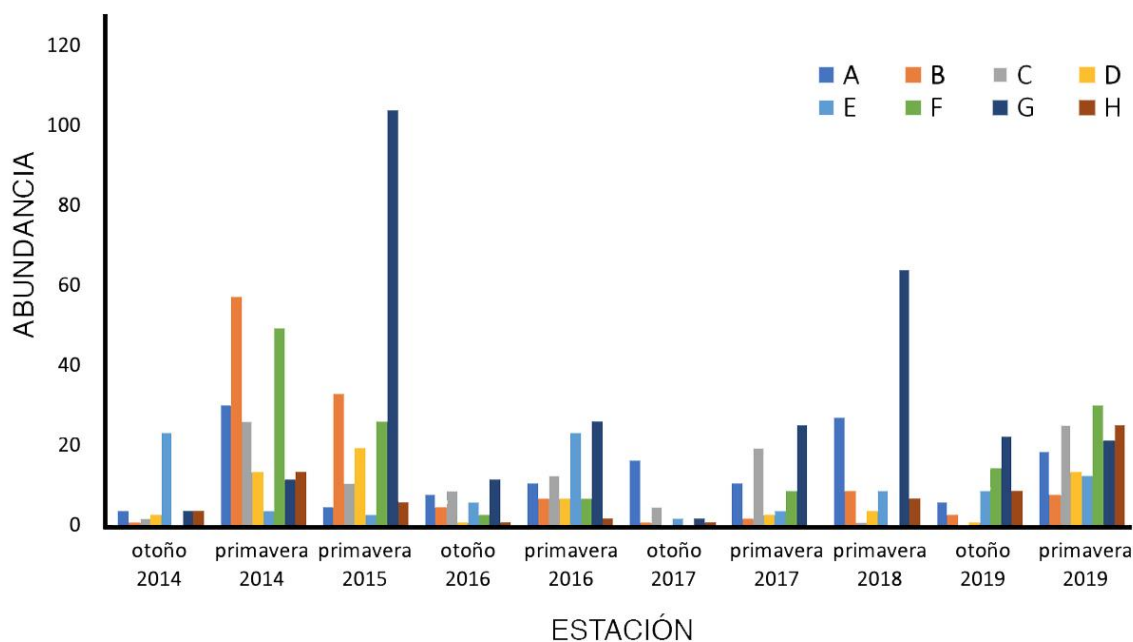
### Patrones de diversidad espacial

En la Tabla 4.2.6.10 se muestran los resultados de las comparaciones por sector de todas las campañas realizadas hasta ahora incluyendo anfibios y reptiles. Se observa que los sectores con mayor abundancia de herpetofauna fueron el sector G (río Santa María) con 301 especímenes observados y el sector F (sector río San José) y A (Sector Las Marías) con 143 y 140 especímenes respectivamente. Los sectores con menor diversidad fueron el sector D (sector ríos Nanihue-Cudico) y sector H (sector Punucapa). En el primer caso, el sector corresponde a un área altamente intervenida por ganadería y agricultura y en el caso de sector Punucapa, la baja diversidad se debe probablemente a que es una zona altamente urbanizada a orillas del río Cruces. El sector de río Santa María, aunque altamente intervenido por la ganadería tiene varios parches de bosque nativo donde fue posible observar la mayoría de los especímenes de *Eupsophus roseus* y *Pleurodema thaul*.

En la Figura 4.2.6.7 se muestran gráficamente los patrones comparativos de abundancia en las ocho áreas de muestro (A-H) de anfibios y reptiles en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Se observa en general que el patrón de diversidad se mantiene, con fluctuaciones de abundancia otoño-primavera que estuvieron dadas principalmente por épocas reproductivas en anfibios y descenso de temperatura en la estación otoñal en el caso de los reptiles. Las fluctuaciones observadas en el sector G (río Santa María) en primavera 2015 y primavera 2018 están dadas probablemente por una mayor detección de *Calyptocephalella gayi*. A pesar de lo anterior, los patrones de diversidad específica se mantienen relativamente estables, sin signos de aumento o disminución poblacional a través del tiempo.

**Tabla 4.2.6.10.** Abundancia (número de individuos) de anfibios y reptiles en el área de estudio según los sectores señalados en la Figura 4.2.6.2.

campanña	A	B	C	D	E	F	G	H	Total
otoño 2014	4	1	2	3	24	0	4	4	<b>42</b>
primavera 2014	31	59	27	14	4	51	12	14	<b>212</b>
primavera 2015	5	34	11	20	3	27	107	6	<b>213</b>
otoño 2016	8	5	9	1	6	3	12	1	<b>45</b>
primavera 2016	11	7	13	7	24	7	27	2	<b>98</b>
otoño 2017	17	1	5	0	2	0	2	1	<b>28</b>
primavera 2017	11	2	20	3	4	9	26	0	<b>75</b>
primavera 2018	28	9	1	4	9	0	66	7	<b>124</b>
otoño 2019	6	3	0	1	9	15	23	9	<b>66</b>
primavera 2019	19	8	26	14	13	31	22	26	<b>159</b>
<b>Total</b>	<b>140</b>	<b>129</b>	<b>114</b>	<b>67</b>	<b>98</b>	<b>143</b>	<b>301</b>	<b>70</b>	<b>1062</b>



**Figura 4.2.6.7.** Patrones comparativos de abundancia por estación en las ocho áreas de muestro (A-H) de anfibios y reptiles en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. **A:** sector Las Marías **B:** sector río Cayumapu, **C:** sector río Pichoy, **D:** sector ríos Nanihue - Cudico, **E:** sector San José de la Mariquina, **F:** sector río San José, **G:** sector río Santa María, **H:** sector Punucapa.

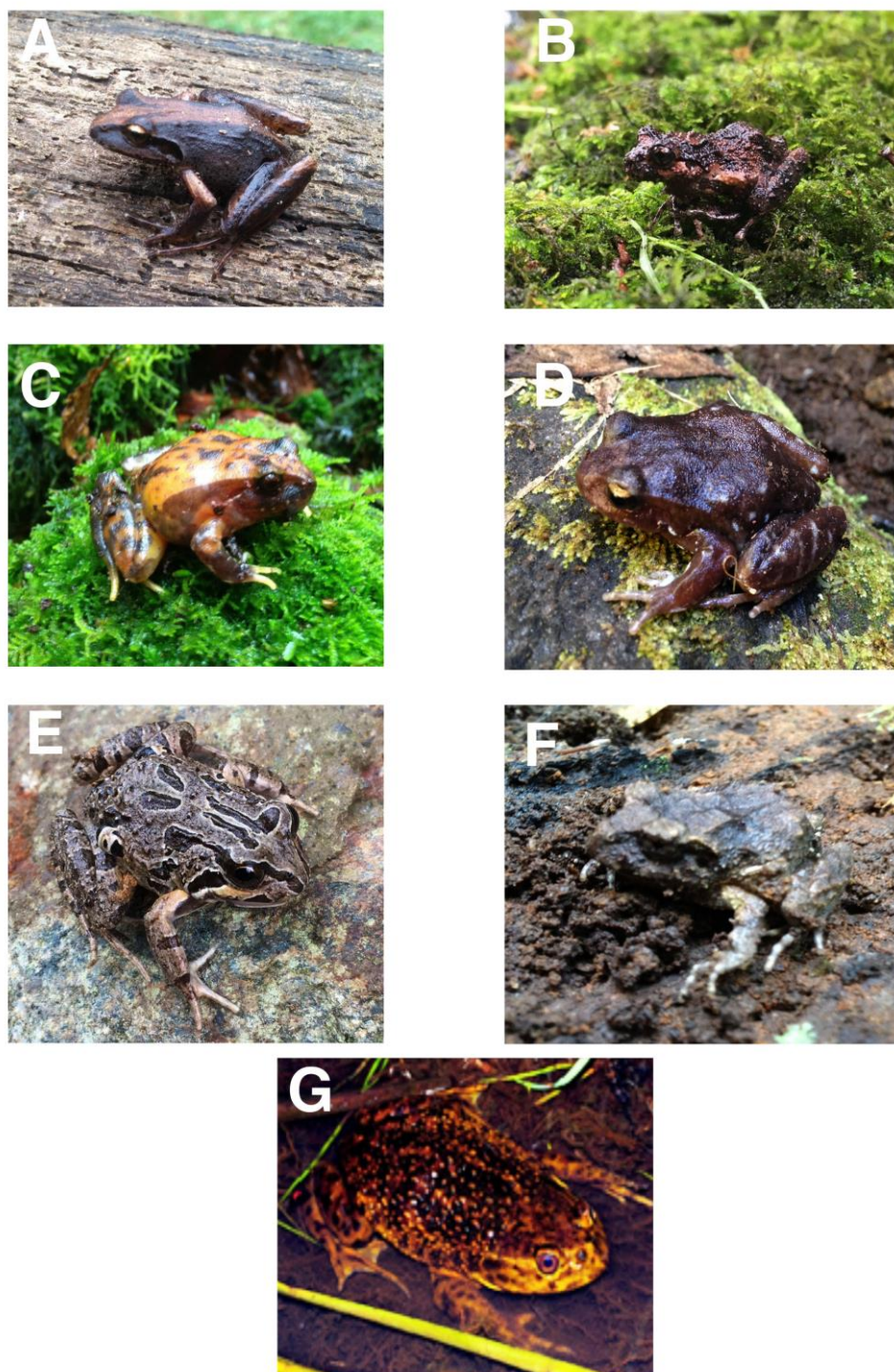
### **Potenciales amenazas a la herpetofauna del HRC**

A lo largo de las campañas de los programas de diagnóstico y monitoreo se ha observado un progresivo cambio en el uso de suelo en particular en el sector Santa María, lo que ha provocado la desaparición de hábitats acuáticos para *Calyptocephalella gayi*. En otros casos se advierte el aumento de microbasurales y la construcción de viviendas a orillas del humedal. A pesar de ser una potencial amenaza, no se detectó presencia de la tortuga de orejas rojas en el HRC, aunque para confirmar su presencia se requiere un monitoreo más continuo en especial en la estación de verano. Con respecto a ácaros parásitos detectados en algunos anfibios, estos han sido circunstanciales y debido probablemente al contacto directo con fecas de vacuno, donde habitan estos ácaros.

Los resultados del presente estudio de monitoreo muestran cierta estacionalidad en la riqueza de especies, abundancia y composición de la herpetofauna del HRC. Estos resultados se suman al conjunto de evidencias de los efectos de la fragmentación de hábitat y cambios de uso de suelo. Resalta la necesidad de conocer las implicaciones de estas actividades y la necesidad del diseño de estrategias de conservación de la herpetofauna del HRC, no poco relevante en una zona de alta biodiversidad y que se encuentra bajo fuerte presión por las actividades humanas. La pérdida o degradación del hábitat debido al cambio en la cobertura del suelo se considera uno de los principales impulsores de la declinación de los anfibios. Cambios en el uso de suelo no se advierten con una campaña de terreno de un año, por lo que los datos registrados en el presente informe son evidencia empírica de cómo el cambio de cobertura terrestre puede afectar a este grupo de vertebrados.

En la Figura 4.2.6.7 y 4.2.6.8 se muestran fotografías representativas de todas las especies de anfibios y reptiles observados en el HRC a lo largo del periodo de estudio.





**Figura 4.2.6.8.** Especies de anfibios observados en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. A: *Batrachyla taeniata*, B: *Batrachyla leptopus*, C: *Eupsophus roseus*, D: *Eupsophus altor*, E: *Pleurodema thaul*, F: *Eupsophus vertebralis*, G: *Calyptocephalella gayi*.



**Figura 4.2.6.9.** Especies de reptiles observados en el humedal del río Cruces y sus rios tributarios. A: *Liolaemus cyanogaster*, B: *Liolaemus pictus*, C: *Tachymenis chilensis*.

#### 4.2.6.5. Conclusiones

- La comunidad de anfibios del HRC está dominada por *Batrachyla taeniata* y *Calyptocephalella gayi*. Esto concuerda con lo esperado, ya que *B. taeniata* corresponde a una especie común en la región, con una tolerancia moderada a la actividad antrópica.
- *Eupsophus altor* fue la especie menos abundante. Esto es esperable, dado que esta especie es típica de zonas boscosas o ecotonales, con baja intervención antrópica y ausencia de ganado. El único sitio donde se encontró esta especie fue en el sector Punucapa.
- Al igual que en casos anteriores, se observaron especímenes con quistes intradérmicos correspondientes a estados larvales del ácaro *Hannemania* sp., común en anfibios expuestos a zonas donde hay ganado vacuno.
- En reptiles, la abundancia de *L. cyanogaster* fue mayor que la de *L. pictus*. La culebra de cola corta, *Tachymenis chilensis* presentó la más baja abundancia.
- No se detectó la presencia de la Tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta*) en el HRC.
- Las variaciones en el tiempo, desde el Programa de diagnóstico hasta la presente campaña de monitoreo 2019, dan cuenta de fluctuaciones tanto en riqueza como en la abundancia de anfibios y reptiles. Las especies más abundantes en el HRC son *B. taeniata* y *C. gayi*, aunque esta última estuvo ausente en otoño. Las fluctuaciones parecen ser más bien estacional que de descenso progresivo de algunas de las especies, a pesar del marcado cambio en el uso de suelo en algunos sectores. Lo



anterior da cuenta de la importancia de monitoreos a largo plazo sobre este grupo de animales.

- Para preservar la diversidad de anfibios en el área de estudio sería vital proteger los últimos remanentes de bosque nativo, dado que la diversidad de anfibios en el HRC es cercana a la que se encuentra en los bosques nativos circundantes y la mayor abundancia y diversidad está justamente en estos sectores, como en sector río Santa María.

#### 4.2.6.6. Referencias

Baillie JEM, Hilton-Taylor C, Stuart SN (2004) IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. IUCN, Cambridge, p 217

Berger WH, Parker FL (1970) Diversity of planktonic foraminifera in deep-sea sediments. *Science* 168(3937):1345-1347

Colwell RK (2013) EstimateS, Version 9: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. <http://purl.oclc.org/estimates>

Demangel D (2016) Reptiles en Chile. Verlag, p 604

Frost DR (2019) Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6. Electronic Database. American Museum of Natural History, New York, USA. <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/> (Última consulta: 27 nov 2018)

González N, Ruiz J, Puente S, Nuñez JJ (2018) On the status of red-eared slider, *Trachemys scripta elegans* (Wied, 1838) (*Testudines, Emydidae*) with evidences of its reproduction in the wild, Chile. *Biodiversity International Journal* 2(3):292-295

Grant EHC, Miller DA, Schmidt BR, Adams MJ, Amburgey SM, Chambert T, Cruickshank SS, Fisher RN, Green DM, Hossack BR, Johnson PT, Joseph MW, Rittenhouse TAG, Ryan ME, Waddle JH, Walls SC, Bailey LL, Fellers GM, Gorman TA, Ray AM, Pilliod DS, Price SJ, Saenz D, Sadinski W, Muths E (2016) Quantitative evidence for the effects of multiple drivers on continental-scale amphibian declines. *Scientific Report* 6(1):1-9. DOI: 10.1038/srep25625

Heyer RW, Donnelly MA, Mc. Diarmid RW, Hayek LC, Foster MS (2001) *Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Métodos estandarizados para Anfibios*, (ed. original 1994, traducido de Lavilla, Esteban O), Editorial Universitaria de la Patagonia, Chubut

IUCN (2019) The IUCN Red List of Threatened Species, Version 2019-3. <https://www.iucnredlist.org/>

Kueneman JG, Bletz MC, McKenzie VJ, Becker CG, Joseph MB, Abarca JG, Archer H, Arellano AL, Bataille A, Becker M, Belden LK, Crottini A, Geffers R, Haddad CFB, Harris RN, Holden WM, Hughey M, Jarek M, Kearns PJ, Kerby JL, Kielgast J, Kurabayashi A, Longo AV, Loudon A, Medina D, Nuñez, Bina Perl RG, Pinto-Tomás A, Rabemananjara FCE, Rebollar EA, Rodríguez A, Rollins-Smith L, Stevenson R, Tebbe CC, Vargas Asensio G, Waldman B, Walke JB, Whitfield SM, Zamudio KR, Zúñiga Chaves I, Woodhams DC, Vences M (2019) Community richness of amphibian skin bacteria correlates with bioclimate at the global scale. *Nature Ecology and Evolution* 3(3):381-389. doi: 10.1038/s41559-019-0798-1

Lobos G, Vidal M, Correa C, Labra A, Díaz-Páez H, Charrier A, Rabanal F, Díaz S, Tala C (2013) *Anfibios de Chile, un desafío para la conservación*. Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología, Santiago, p 104

Margalef R (1995) Aplicación del caos determinista en ecología En: Flos J (ed) 1995. *Orden y Caos en ecología*, vol 6. Publicacions Universitat de Barcelona, p 171-184

Pielou E (1975) *Ecological Diversity*. John Wiley & Sons, New York, p 165

Pincheira-Donoso D, Scolaro JA, Sura P (2008) A monographic catalogue on the systematics and phylogeny of the South American iguanian lizard family Liolaemidae. *Zootaxa* 1800(1):1-85

Shannon CE, Weaver W (1949) *The Mathematical Theory of Communication*. University Illinois Press, Urbana, IL

Simpson EH (1949) Measurement of diversity. *Nature*. 163(4148): 688-688

Simon E, Puky M, Braun M, Tóthmérész B (2011) Frogs and toads as biological indicators in environmental assessment. In: Murray JL (ed) *Frogs: Biology, Ecology and Uses*. Nova Science Publisher, New York, p 141-150

## **4.2.7. AVIFAUNA**

### **4.2.7.1. Avifauna acuática**

#### **4.2.7.1.1. Antecedentes**

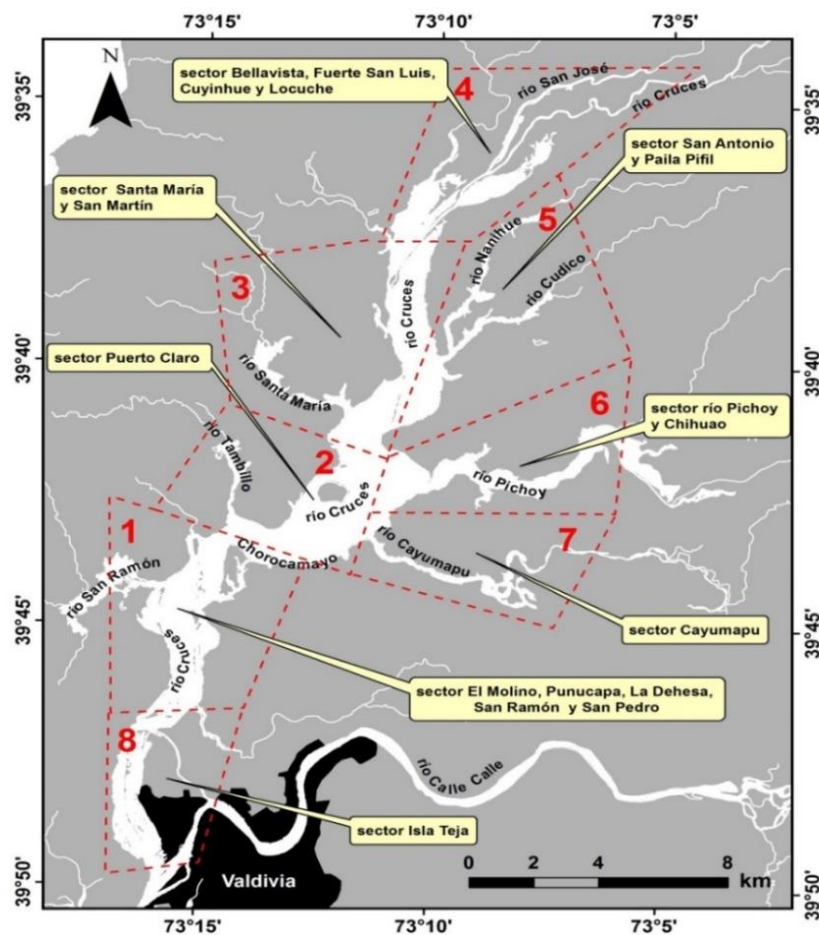
En este Capítulo se entrega información sobre los resultados de análisis tendientes a estudiar la variabilidad espacio temporal de la avifauna acuática del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC), durante el quinto año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2019 - marzo 2020). Se comparan los resultados de esos análisis con los realizados como parte del de los cuatro primeros años del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2015 - marzo 2019) y del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (abril 2014 - marzo 2015).

#### **4.2.7.1.2. Objetivos**

- Analizar la riqueza de especies y abundancia de la avifauna acuática del HRC durante el año 2019.
- Estudiar la distribución espacial de la riqueza de especies y abundancia de esa avifauna, durante el período antes mencionado.
- Evaluar las abundancias poblacionales y distribución espacial de las especies más comunes de aves acuáticas herbívoras y carnívoras durante el año 2019.
- Comparar los resultados de los análisis arriba mencionados, con aquellos obtenidos durante los primeros cuatro años del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2015 - marzo 2019) y durante el Programa de Diagnóstico Ambiental del mismo humedal (abril 2014 - marzo 2015).

#### 4.2.7.1.3. Material y métodos

Se utilizó la base de datos de la CONAF (Valdivia), estructurada en base a los ocho sectores que se muestran en la Figura 4.2.7.1.1 y Tabla 4.2.7.1.1: tres de estos sectores incluyen primariamente al eje central del HRC (río Cruces) y a ríos tributarios ubicados en la vertiente occidental del mismo, como son los ríos San Ramón, Tambillo y Santa María (sectores 1, 2 y 3, respectivamente), otro se ubica en la parte superior del área de estudio e incluye al eje central del río Cruces y parte de los ríos San José y Cruces (sector 4), a la vez que tres sectores incluyen primariamente a ríos tributarios ubicados en la vertiente oriental del HRC (sector 5 con ríos Nanihue y Cudico, sector 6 o río Pichoy y sector 7 o río Cayumapu); el sector 8 o Isla Teja es la continuación sur del eje central del HRC pero está fuera de este (Tabla 4.2.7.1.1).



**Figura 4.2.7.1.1.** Ubicación de los ocho sectores delimitados en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC), para análisis de la variabilidad espacio temporal de la avifauna acuática del área de estudio.

**Tabla 4.2.7.1.1.** Sectores predefinidos del humedal del río Cruces y su correspondencia con los sitios de observación usados en los censos realizados por la CONAF.

ubicación	sectores	sitios de observación de los censos de CONAF
eje central del HRC	1	El Molino, Punucapa, La Dehesa, San Ramón y San Pedro
	2	Puerto Claro
	3	Santa María y San Martín
	4	Bellavista, Fuerte San Luis, Cuyinhue y Locuche
ríos tributarios del HRC	5	San Antonio (río Cudico) y Paila Pifil (río Nanihue)
	6	Pichoy y Chihuahao
	7	río Cayumapu
fuera del HRC	8	Isla Teja

En base a los datos de abundancia de CONAF, se estimó la variabilidad espacial e inter anual de la riqueza de especies (S) y abundancia total de la avifauna acuática para los sectores 1 a 4. Se excluyen de este análisis a los sectores 5 a 8, debido que para estos solo existen datos de abundancia de cisnes (ver también más adelante).

En este Capítulo se presentan resultados acerca de las dinámicas temporales y espaciales de tres especies de aves acuáticas herbívoras: el Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), la Tagua (*Fulica armillata*) y la Taguita (*Fulica leucoptera*) y tres especies de aves acuáticas carnívoras: la Garza cuca (*Ardea cocoi*), la Garza blanca grande (*Ardea alba*) y la Garza blanca chica (*Egretta thula*). Los datos de abundancia para los cisnes de cuello negro, provienen de censos realizados entre los años 1991 y mayo 2020 en los ocho sectores que se muestran en la Figura 4.2.7.1.1. Por el contrario, para evaluar la variabilidad espacio temporal en las abundancias de taguas, taguitas y garzas, solo se trabajó con datos recolectados por CONAF en los sectores 1 a 4 (ver Fig. 4.2.7.1.1).

Ya que los resultados del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC, mostraron que el año 2012 fue un punto de quiebre para cisnes y taguas (incrementos significativos



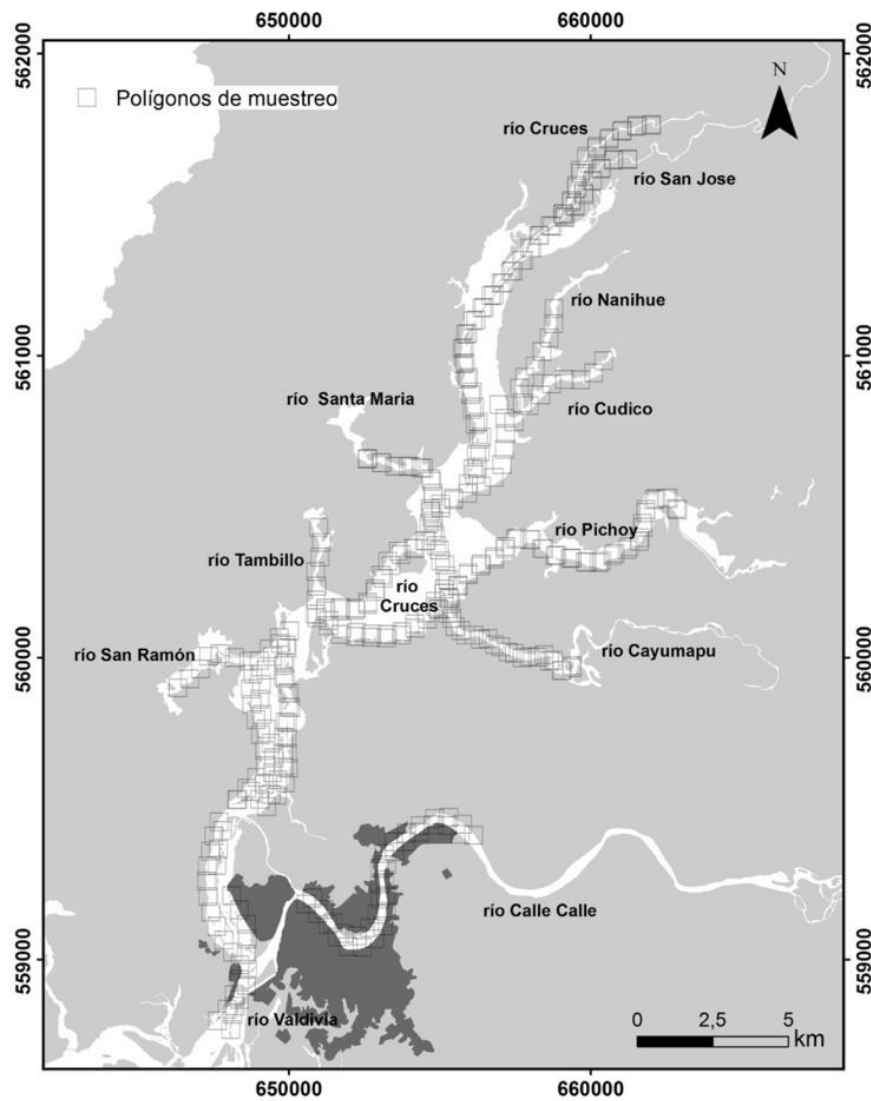
en sus abundancias a partir de ese año), se realizan en este Capítulo análisis estadísticos para evaluar la variabilidad interanual durante el período 2012-2019 en las abundancias de estas aves, además de las garzas.

Se analiza también la abundancia de estas aves acuáticas en relación a sectores específicos del HRC. Para complementar la información de censos de la CONAF, se muestrearon todas las riberas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, además de la porción inferior del río Cruces (*i.e.* sector 8, frente a Isla Teja; *cf.* 4.2.7.1.1), con el objetivo de estudiar la presencia y abundancia de cisnes, taguas y garzas durante las fechas que se indican en la Tabla 4.2.7.1.2.

**Tabla 4.2.7.1.2.** Fechas de salidas a terreno para la realización de censos de la avifauna acuática durante el desarrollo del Programa de Monitoreo (primer, segundo, tercer, cuarto y quinto año) y Diagnóstico Ambiental del HRC.

<b>programa</b>	<b>periodo</b>	<b>censos</b>
Quinto año de Monitoreo Ambiental del HRC	abril 2019-mayo 2020	06-08 mayo 2019 25-27 junio 2019 25-27 septiembre 2019 10-12 diciembre 2019 08-10 abril 2020 06-08 mayo 2020
Cuarto año Monitoreo Ambiental del HRC	abril 2018 - marzo 2019	18-20 abril 2018 17-19 Julio 2018 02-05 octubre 2018 18-19 enero 2019
Tercer año Monitoreo Ambiental del HRC	abril 2017 - marzo 2018	09-11 mayo 2017 04-06 julio 2017 11-13 octubre 2017 14-16 febrero 2018
Segundo año Monitoreo Ambiental del HRC	abril 2016 - marzo 2017	28-30 abril 2016 13-15 julio 2016 28-30 noviembre 2016 25-27 enero 2017
Primer año Monitoreo Ambiental del HRC	abril 2015 - marzo 2016	28-30 septiembre 2015 28-30 noviembre 2015 27-29 enero 2016
Diagnóstico Ambiental del HRC	abril 2014 - marzo 2015	15-17 enero 2015

La Figura 4.2.7.1.2 muestra los sectores de muestreo, para la realización de censos o avistamientos de aves acuáticas. Se censó a lo largo de polígonos ordenados visualmente a lo largo de las riberas y cuyas longitudes aproximadas fueron de 500 m. Los censos así realizados, permitieron realizar registros continuos de las aves objeto de este estudio.



**Figura 4.2.7.1.2.** Distribución de polígonos de aproximadamente 500 m de longitud, destinados a la realización de censos de avifauna acuática (ver Material y métodos).

Los puntos iniciales y finales de cada polígono fueron georeferenciados en coordenadas UTM (huso WGS-84) con un GPS (Global Position System) GARMIN 60CSx. Para estas actividades se utilizaron dos tipos de embarcaciones (ambas conducidas a una velocidad aproximada de 5-6 nudos): lancha de fibra de vidrio, modelo Robalo y con cabina para pasajeros, eslora de 7,7 m y motor Mariner de 50 HP, durante meses de otoño e invierno y bote de goma Zodiac, modelo Skua 490, eslora 4,9 m y motor Suzuki de 60 HP, durante meses de primavera y verano.

#### **4.2.7.1.4. Resultados**

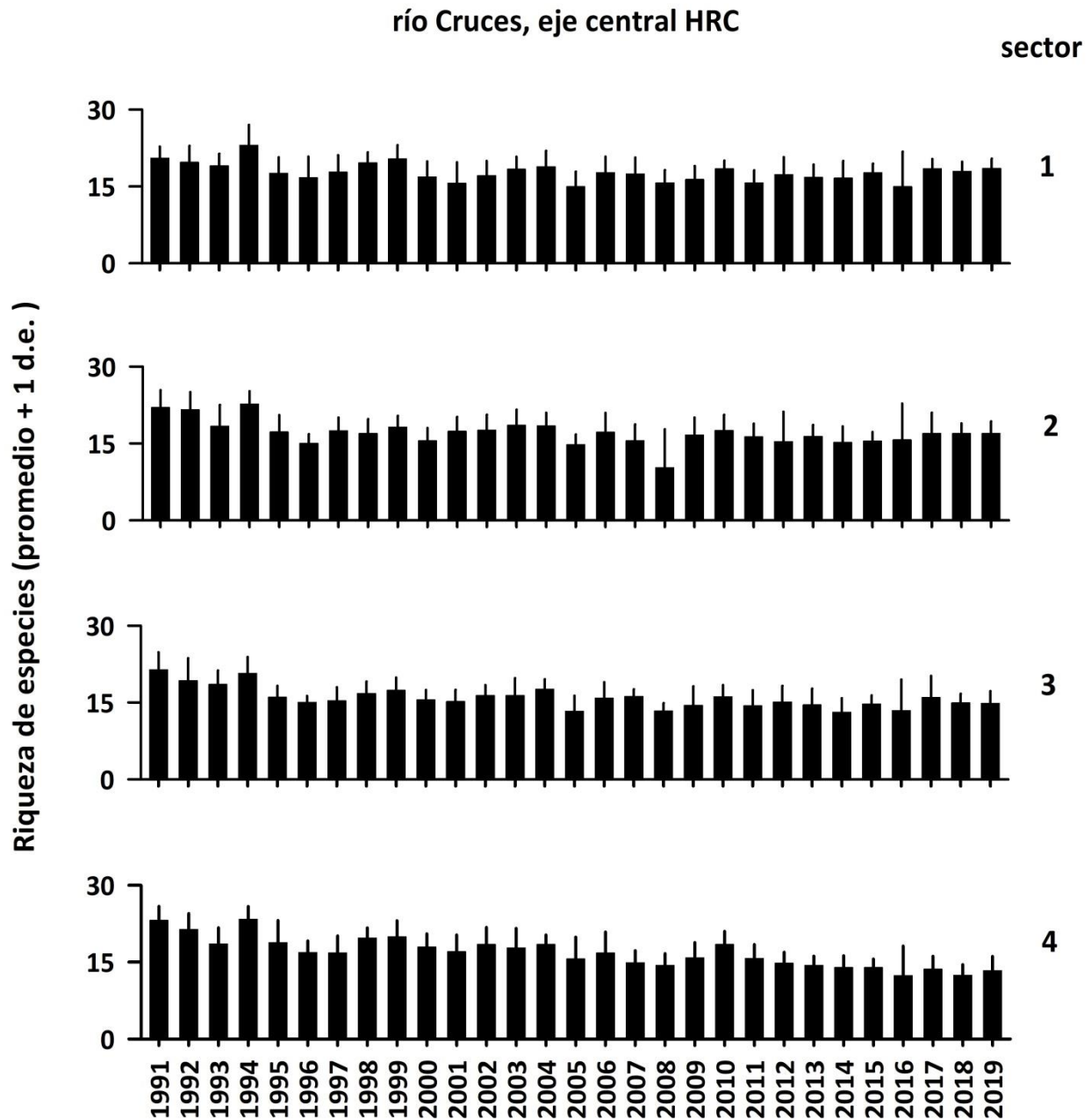
##### **Riqueza de especies y abundancia total de la avifauna acuática (fuente de datos: CONAF)**

Las Figuras 4.2.7.1.3 y 4.2.7.1.4 muestran la variabilidad espacial y temporal de la riqueza de especies y abundancia total de la avifauna acuática, en los sectores 1, 2, 3 y 4 del eje central del HRC.

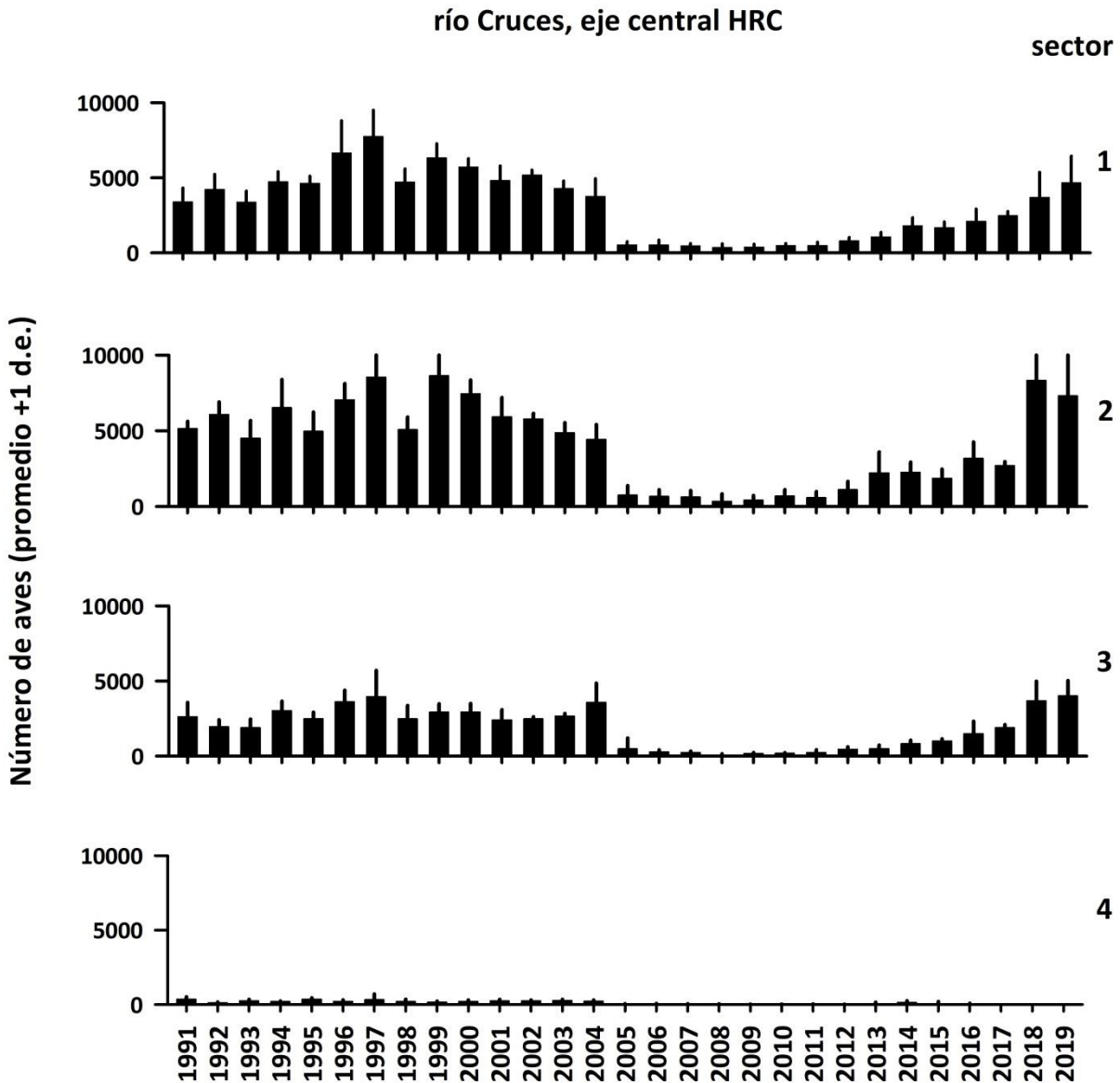
En general, la riqueza de especies en los diferentes sectores del eje central del HRC, mantuvo una estabilidad interanual con pequeñas fluctuaciones (Fig. 4.2.7.1.3).

La Figura 4.2.7.1.4 indica que en general la abundancia total de aves acuáticas de los diferentes sectores del eje central del HRC muestra una notoria disminución a partir del año 2004; lo que dice relación con la disminución significativa en las abundancias poblacionales del Cisne de cuello negro y la Tagua común, las especies más abundantes del HRC.

Posterior a este declive y a partir del año 2012, se observó un incremento gradual en la cantidad de aves acuáticas, particularmente en los sectores 1 y 2 del eje central del HRC, incremento que se mantuvo durante el año 2019. Caso contrario es lo observado en el sector 4 donde no se ha observado un incremento en la abundancia de aves posterior al año 2004.



**Figura 4.2.7.1.3.** Variabilidad interanual de la riqueza de especies de la avifauna acuática en los cuatro sectores del eje central del HRC entre los años 1991 y 2019. Se excluyen los sectores 5 a 8, debido que para estos solo existen datos de abundancia de cisnes de cuello negro. Fuente de datos: CONAF.



**Figura 4.2.7.1.4.** Variabilidad interanual de la abundancia total de la avifauna acuática en los cuatro sectores del eje central del HRC entre los años 1991 y 2019. Se excluyen los sectores 5 a 8, debido que para estos sectores solo existen datos de abundancia de cisnes de cuello negro. Fuente de datos: CONAF.

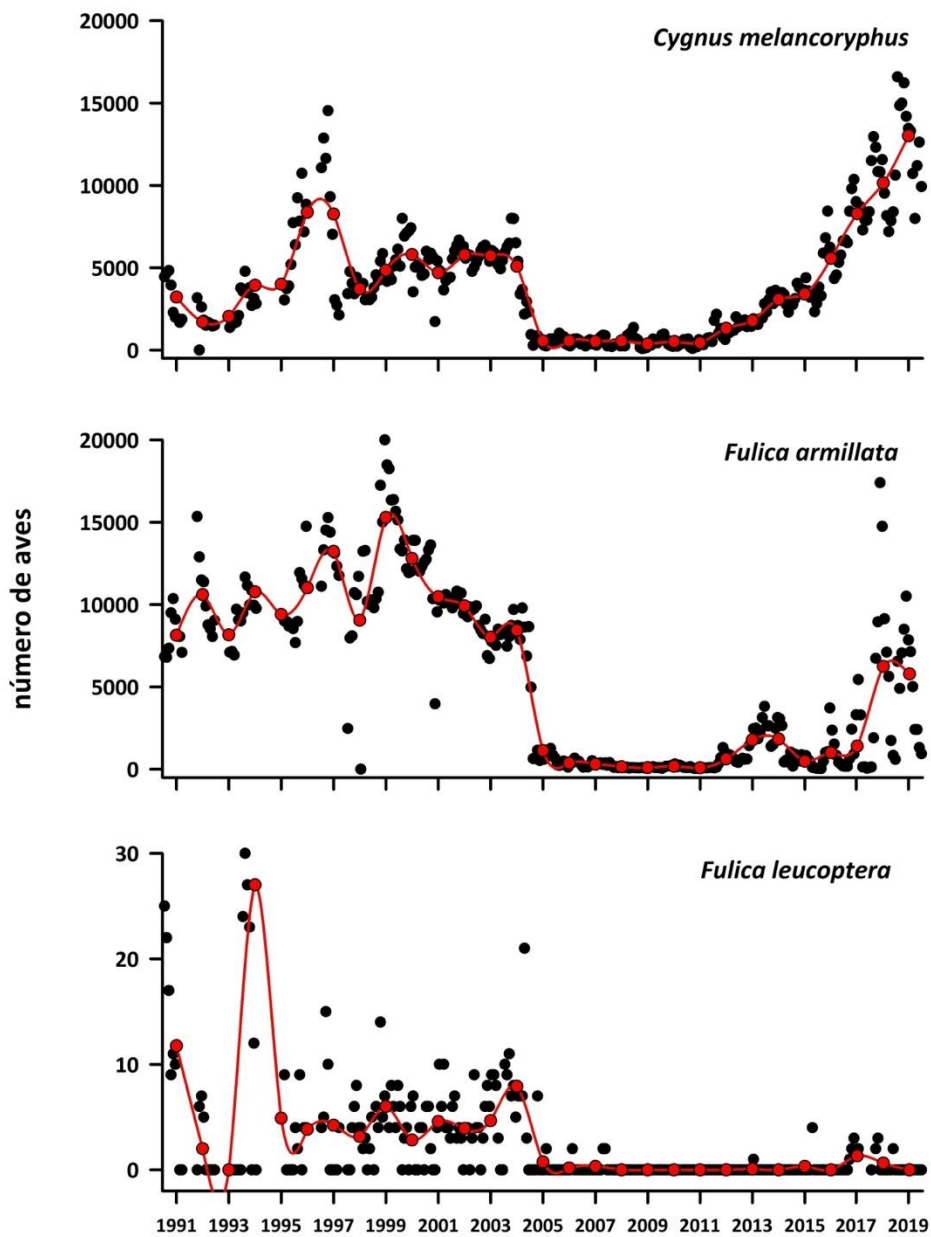
**Variabilidad de la abundancia anual e interanual de aves acuáticas herbívoras  
(fuente de datos: CONAF)**

La Figura 4.2.7.1.5 muestra la variabilidad intra e interanual en la abundancia poblacional del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), la Tagua (*Fulica armillata*) y la Taguita (*Fulica leucoptera*), respectivamente.

Durante el período 2012-2019 se estimó un incremento inter-anual significativo ( $p < 0,05$ ) en la abundancia poblacional del Cisne de cuello negro en el HRC (cf. Fig. 4.2.7.1.5 y 4. 2.7.1.6). Los resultados del análisis temporal y estacional de estos datos, indican que las abundancias registradas durante los años 2018 y 2019 (ca. 10.145-13.006 aves promedio, respectivamente) fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) que las registradas durante el período 2012- 2017 (ca. 1.327-8.281 aves promedio, respectivamente) (Tabla 4.2.7.1.3). Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) al comparar las abundancias estacionales de los cisnes (Tabla 4.2.7.1.3).

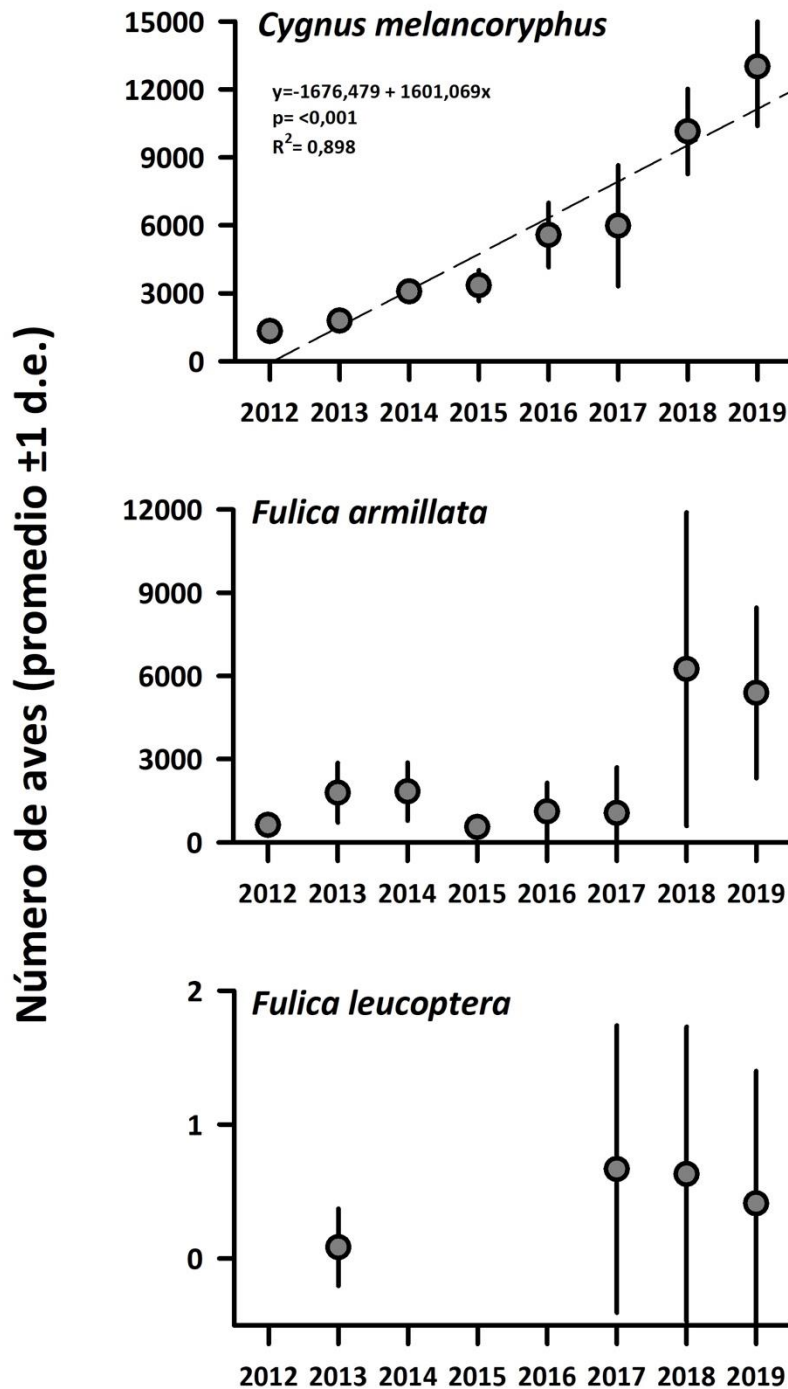
La abundancia poblacional más alta de taguas para el período 2012-2019, se estimó durante el mes de mayo del año 2018 (17.400 individuos), valor que disminuyó a un máximo de 10.530 individuos durante el mismo mes del año 2019 (cf. Fig. 4.2.7.1.5 y 4. 2.7.1.6). Los resultados del análisis temporal y estacional de los datos recopilados para ese período, muestran que las abundancias registradas durante los años 2018 y 2019 (ca. 6.243-5.386 aves promedio, respectivamente) fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) que las observadas entre los años 2012 y 2017 (ca. 627-1402 aves promedio) (Tabla 4.2.7.1.3). A su vez, las abundancias de las taguas fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante la temporada otoño-invierno que durante las estaciones de primavera y verano (Tabla 4.2.7.1.3).

Durante el período 2012-2016, la Taguita estuvo ausente del HRC u ocurrió en abundancias muy bajas con un repunte durante los años 2017 y 2018 (cf. Fig. 4.2.7.1.5 y Fig. 4.2.7.1.6). Debido a tales variaciones, no se realizaron análisis estadísticos de tal variabilidad para esta ave acuática.



**Figura 4.2.7.1.5.** Variabilidad intra e inter anual (puntos negros y línea roja, respectivamente) en el número de ejemplares de *C. melancoryphus*, *F. armillata* y *F. leucoptera* entre enero del año 1991 y diciembre del año 2019. Fuente de datos: CONAF





**Figura 4.2.7.1.6.** Variabilidad interanual en el número de ejemplares de *C. melancoryphus*, *F. armillata* y *F. leucoptera*, entre los años 2012 y 2019. Fuente de datos: CONAF. Para la variabilidad inter-anual del Cisne de cuello negro vs. tiempo en años, se marca la línea basada en la ecuación de regresión, ya que se detectó correlación significativa ( $p < 0,05$ ) entre ambas variables.

**Tabla 4.2.7.1.3.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las abundancias anuales y estacionales de Cisne de cuello negro (CCN) y Taguas en el HRC. Los factores son Años (2012- 2019) y Estación (verano (V), otoño (O), invierno (I) y primavera (P)). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
CCN (*) (**)	Año (A)	7	10,129	1,447	183,855	<b>&lt;0,001</b>	19=18>17=16>15=14>13>12
	Estación (E)	3	0,0349	0,0116	1,476	0,229	
	A x E	21	0,983	0,0468	5,945	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	64	0,504	0,00787			
Tagua (*)(**)	Año (A)	7	14,496	2,071	22,362	<b>&lt;0,001</b>	19=18>17=16=15=14=13=12
	Estación (E)	3	6,840	2,280	24,621	<b>&lt;0,001</b>	O = I > P = V
	A x E	21	6,919	0,329	3,558	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	64	5,927	0,0926			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA.

#### **Variabilidad de la abundancia anual e interanual de aves acuáticas carnívoras (fuente de datos: CONAF)**

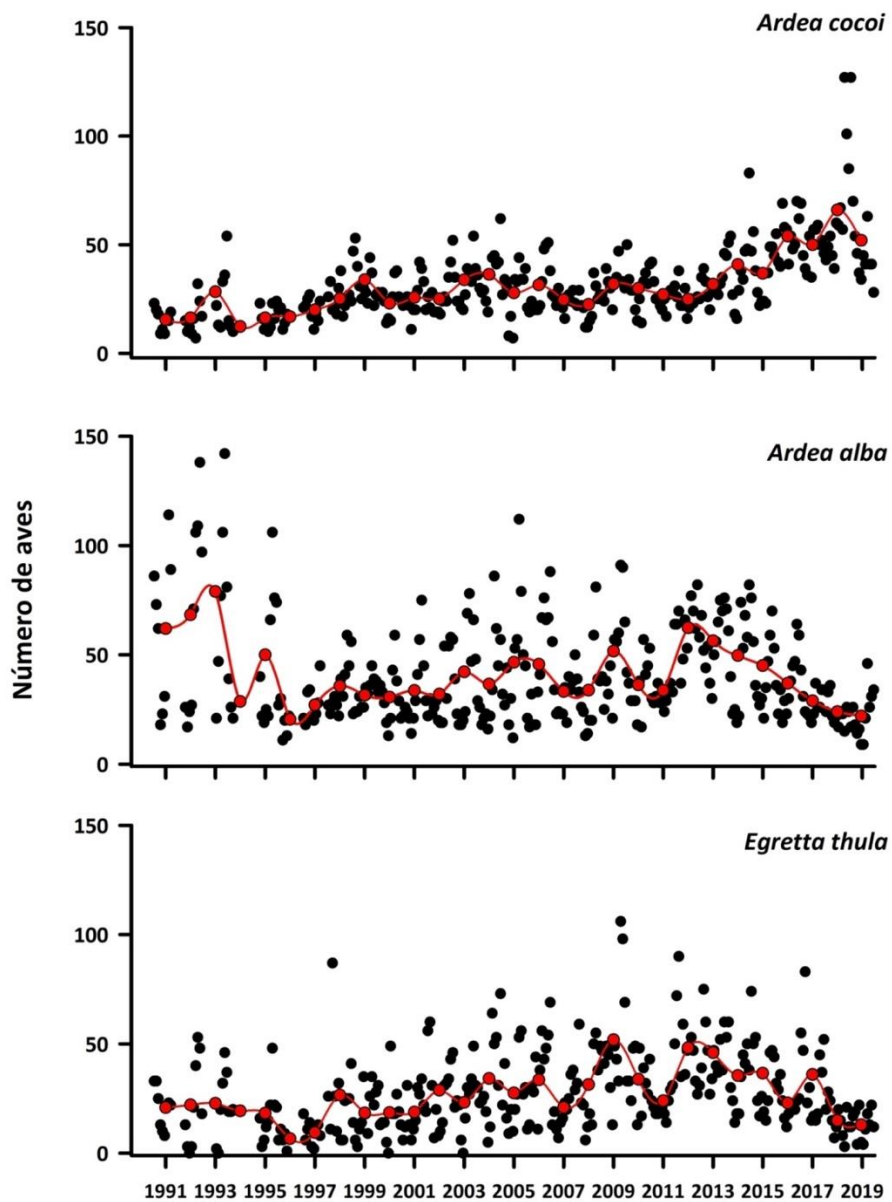
La Figura 4.2.7.1.7 muestra la variabilidad intra e interanual en la abundancia poblacional de la Garza cuca (*Ardea cocoi*), Garza blanca grande (*Ardea alba*) y Garza blanca chica (*Egretta thula*).

En términos generales, la abundancia poblacional de la Garza cuca ha incrementado de manera significativa ( $p < 0,05$ ) durante el período 2016-2019, siendo el año 2018 el que presentó las mayores abundancias (64 individuos promedio anual), particularmente durante la estación primaveral (cf. Fig. 4.2.7.1.7 y 4.2.7.1.8; Tabla 4.2.7.1.4).

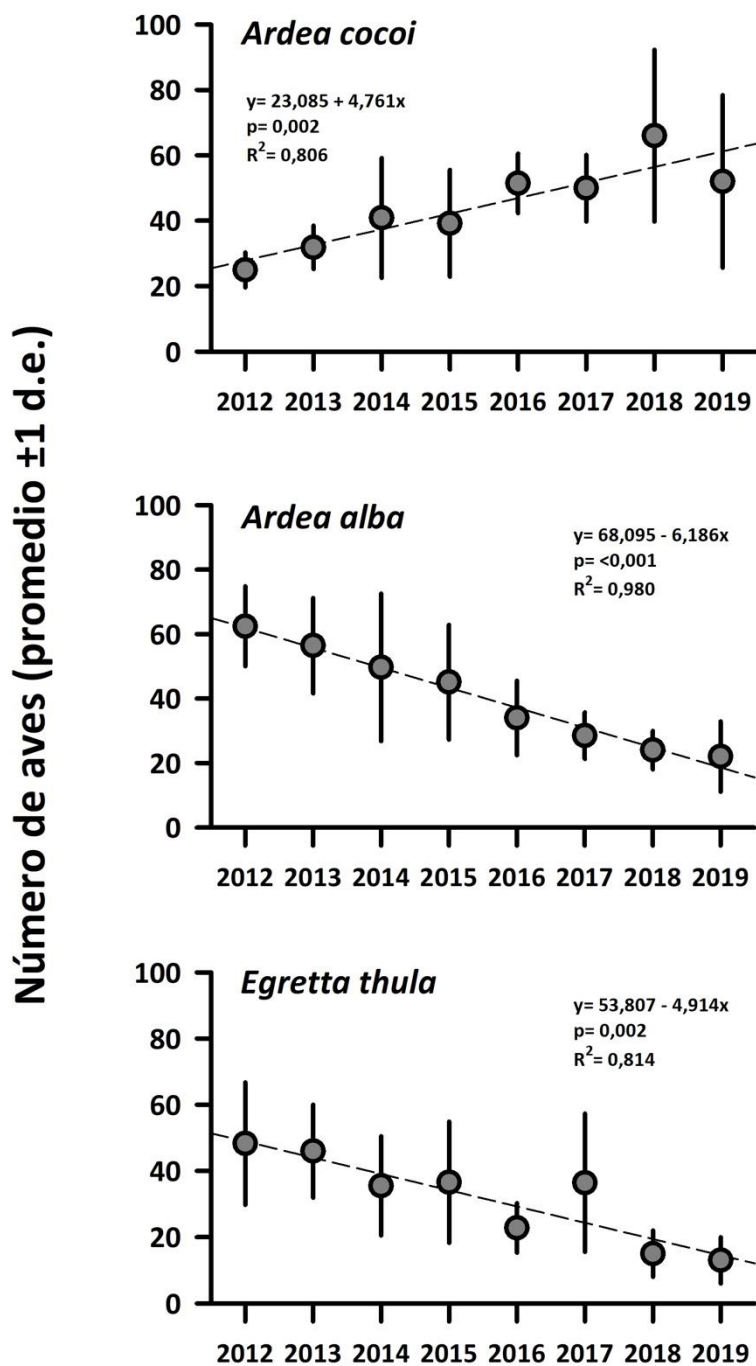
En contraste a lo observado para la Garza Cuca, las abundancias poblacionales de la Garza blanca grande y Garza blanca chica han presentado una tendencia a disminuir en el

tiempo desde el año 2012 a la fecha (*cf.* Fig. 4.2.7.1.7 y 4.2.7.1.8). El análisis de los datos de abundancia de la primera de estas especies, muestra que estas fueron significativamente más bajas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2018 y 2019 que las registradas durante los años 2012-2014 (Tabla 4.2.7.1.4). A su vez estas abundancias fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante la estación primaveral (Tabla 4.2.7.1.4).

Al igual que en la especie anteriormente descrita, la Garza blanca chica, ha presentado abundancias significativamente más bajas ( $p < 0,05$ ) durante los años 2018 y 2019 (Fig. 4.2.7.1.8 y Tabla 4.2.7.1.4). Por otra parte, estas abundancias fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante la temporada estival (Tabla 4.2.7.1.4).



**Figura 4.2.7.1.7.** Variabilidad intra e inter anual (puntos negros y línea roja, respectivamente) en el número de individuos de *A. cocoi*, *A. alba* y *E. thula* entre enero del año 1991 y diciembre del año 2018. Fuente de datos: CONAF.



**Figura 4.2.7.1.8.** Variabilidad inter-anual en el número de ejemplares de *A. cocoi*, *A. alba* y *E. thula*, entre los años 2012 y 2019. Fuente de datos: CONAF. Para la variabilidad inter-anual estas tres garzas, se marca la línea basada en la ecuación de regresión, ya que se detectó correlación significativa ( $p < 0,05$ ) entre ambas variables.

**Tabla 4.2.7.1.4.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las abundancias anuales y estacionales de Garza cuca (GC), Garza blanca grande (GBG) y Garza blanca chica (GBCH) en el HRC. Los factores son Años (2012- 2019) y Estación (verano (V), otoño (O), invierno (I) y primavera (P)). Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
GC (*)(**)	Año (A)	7	1,506	0,215	28,763	<b>&lt;0,001</b>	18=16=17=19>14=15>13 =12
	Estación (E)	3	0,437	0,146	19,452	<b>&lt;0,001</b>	P > O = I
	A x E	21	0,737	0,0351	4,689	<b>&lt;0,001</b>	
	Error	64	0,479	0,0074	8		
GBG (*)(***)	Año (A)	7	2,567	0,367	24,236	<b>&lt;0,001</b>	12=13=14=15>16=17>18 =19
	Estación (E)	3	0,859	0,286	18,917	<b>&lt;0,001</b>	P > V = I > O
	A x E	21	0,472	0,0225	1,487	0,114	
	Error	64	0,968	0,0151			
GBCH (*)(**)	Año (A)	7	4,249	0,607	22,146	<b>&lt;0,001</b>	12=13=15=14=17=16>18 =19
	Estación (E)	3	1,440	0,480	17,508	<b>&lt;0,001</b>	V > P = I = O
	A x E	21	0,858	0,0409	1,491	0,113	
	Error	64	1,754	0,0274			

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados  $\log_{10}$  o raíz cuadrada; (\*\*) = Cumple al menos un supuesto de ANDEVA; (\*\*\*) = No cumple supuestos de ANDEVA.

#### **Abundancia de aves acuáticas herbívoras en diferentes sectores del HRC (fuente de datos: CONAF)**

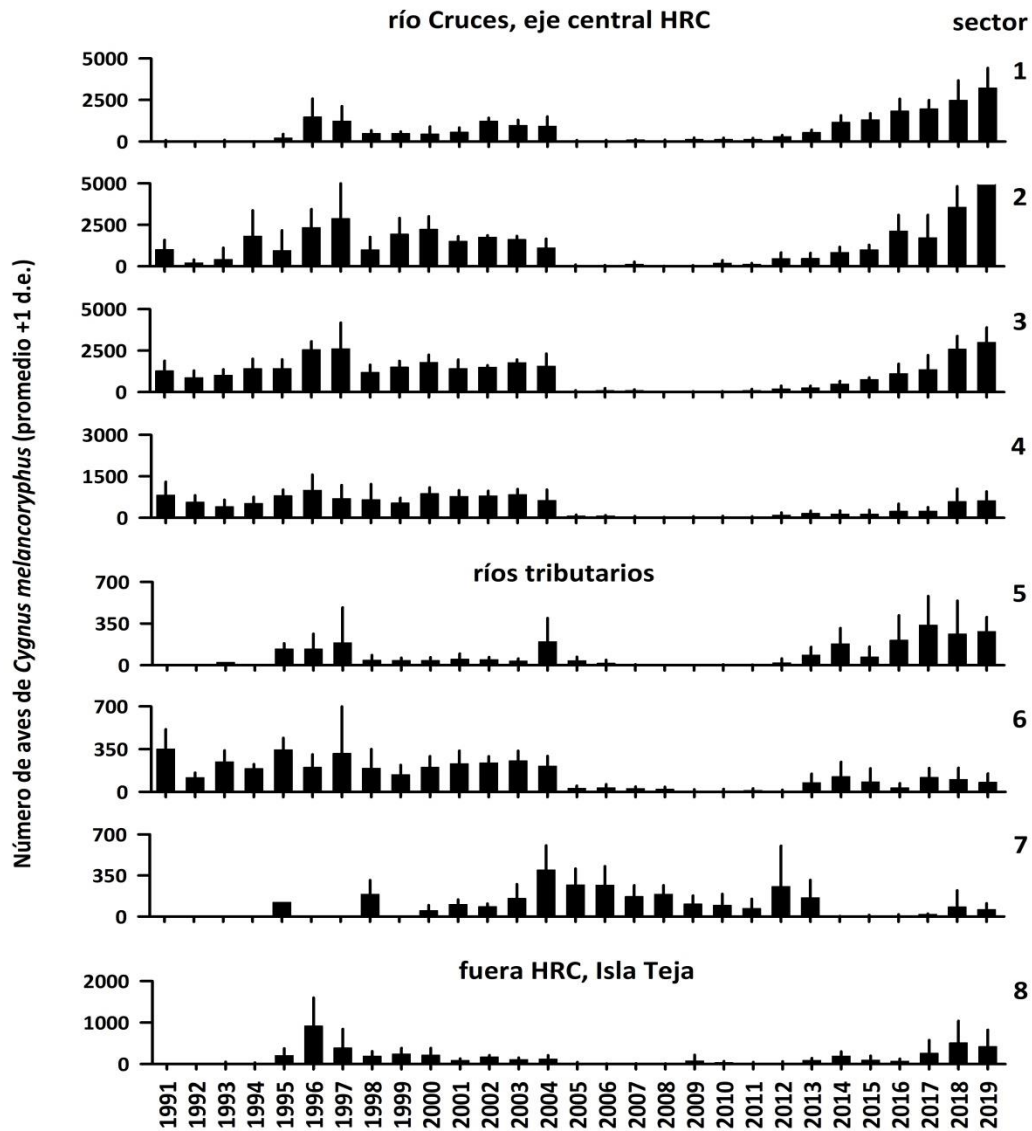
Las Figuras 4.2.7.1.9 a 4.2.7.1.11 muestran la variabilidad espacial y temporal de la abundancia del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), la Tagua (*Fulica armillata*) y de la Taguita (*Fulica leucoptera*), respectivamente.

En general, durante los años 1991 al 2019, las mayores abundancias del Cisne de cuello negro ocurrieron en el eje central del HRC (sectores 1, 2 y 3), en contraste con lo

observado en los ríos tributarios (sectores 5, 6 y 7) y sector Isla Teja (sector 8) (Fig. 4.2.7.1.9). Históricamente, las abundancias de esta especie han experimentado notorias fluctuaciones: entre los años 1991 y 2004 los cisnes fueron más abundantes en los sectores 2 y 3 del eje central del HRC (Fig. 4.2.7.1.9). Posteriormente y entre los años 2005 y 2011, las abundancias de estas aves disminuyeron drásticamente en toda el área de estudio, con excepción del sector 7 donde se observó un incremento en el número de cisnes (río Cayumapu) (cf. Fig. 4.2.7.1.1 y 4.2.7.1.9). A partir del año 2012, las abundancias de cisnes comenzaron a mostrar una recuperación en todos los sectores, particularmente en los sectores 1, 2 y 3 (cf. Fig. 4.2.7.1.1 y 4.2.7.1.9).

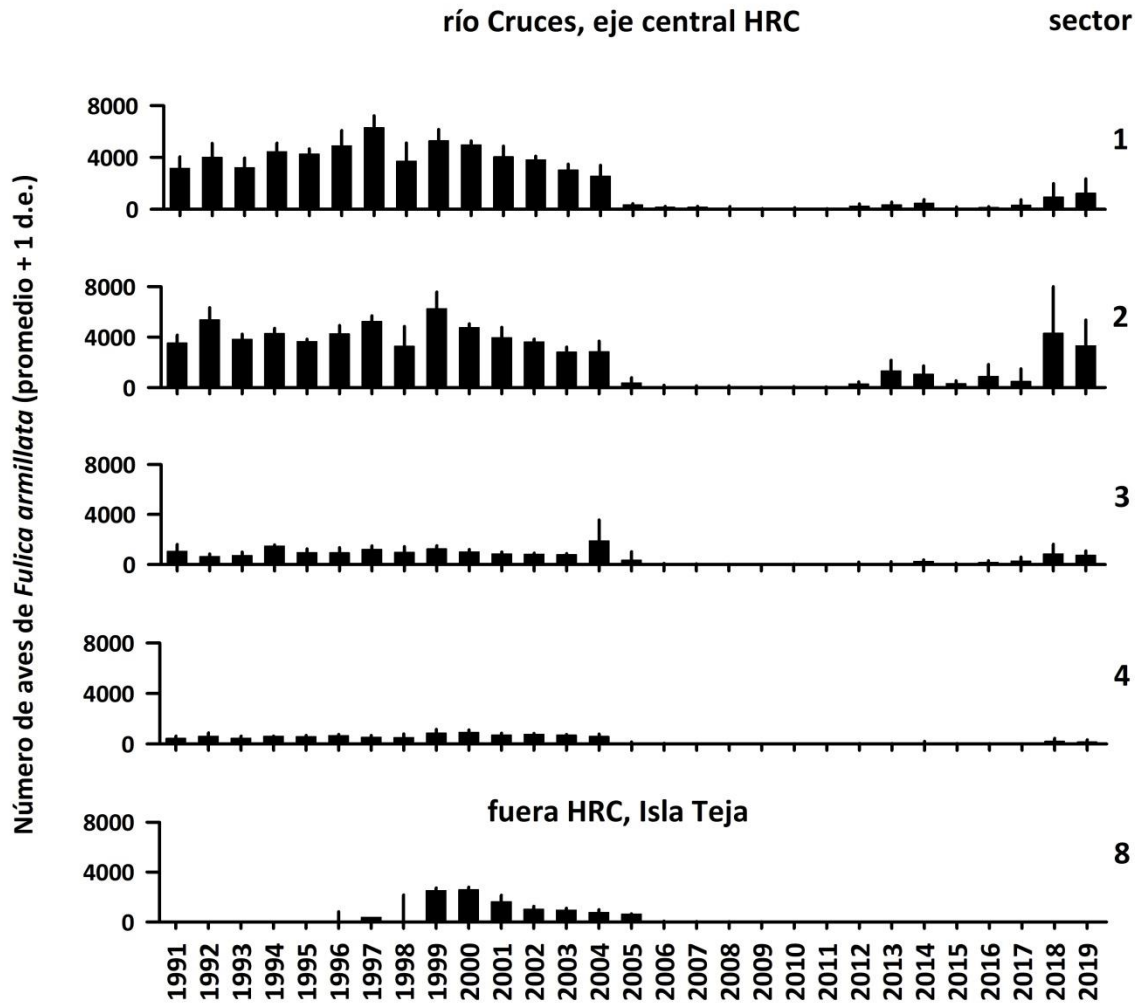
Entre los años 1991 y 2004, las taguas fueron más abundantes en los sectores 1 y 2 (cf. 4.2.7.1.1 y Fig. 4.2.7.1.10). Posteriormente, las abundancias de estas aves disminuyeron notoriamente en toda el área de estudio. Actualmente la tendencia es a crecer, lo que se ha traducido en un aumento significativo de taguas durante los años 2018 y 2019 en relación a años anteriores (Tabla 4.2.7.1.3). Este aumento en la abundancia del número de taguas ha ocurrido principalmente en el sector 2 del eje central del HRC, con un promedio anual máximo de aproximadamente durante el año 2018 (Fig. 4.2.7.1.10).

Entre los años 1991 y 2004, la Taguita ocurrió anualmente en los sectores 1 y 4, e intermitentemente en los sectores 2 y 3 del eje central del HRC (Fig. 4.2.7.1.11). Posterior al año 2004, la Taguita prácticamente desapareció del humedal, aunque entre los años 2017 y 2019 se la ha observado ocasionalmente en números muy reducidos, particularmente en los sectores 2 y 3 del eje central del HRC (cf. y 4.2.7.1.1 y Fig. 4.2.7.1.11).

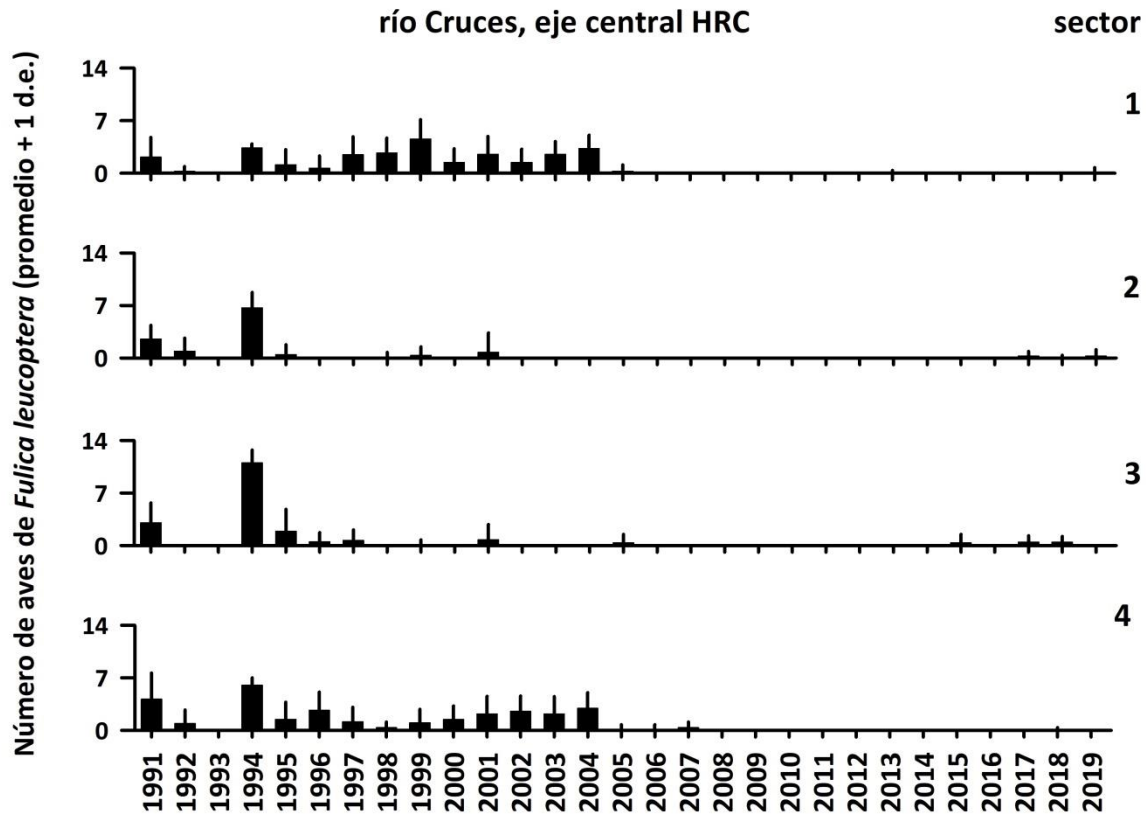


**Figura 4.2.7.1.9.** Variabilidad interanual de la abundancia de *Cygnus melancoryphus* en siete sectores ubicados dentro del HRC y un sector fuera del HRC, entre los años 1991 y 2019. Fuente de datos: CONAF.





**Figura 4.2.7.1.10.** Variabilidad interanual de la abundancia de *Fulica armillata* en cuatro sectores del eje central del HRC y un sector fuera del HRC, entre los años 1991 y 2019. Fuente de datos: CONAF.



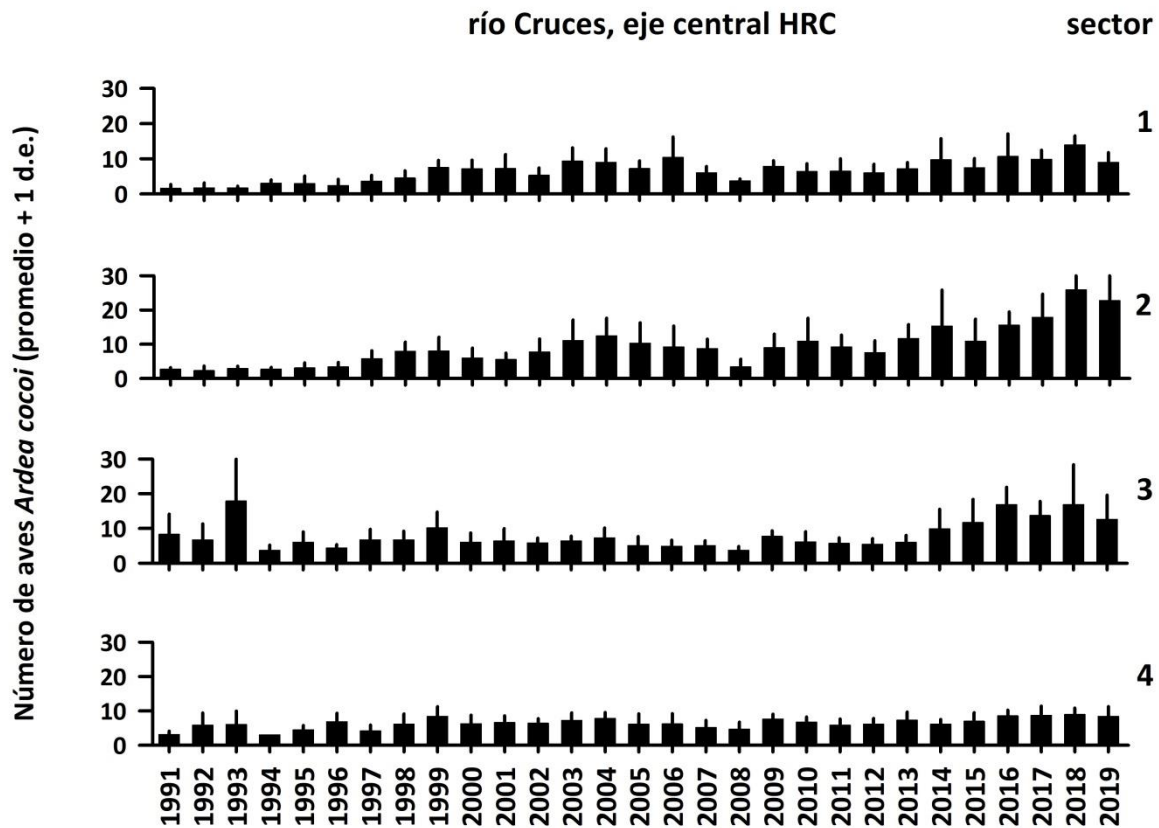
**Figura 4.2.7.1.11.** Variabilidad interanual de la abundancia de *Fulica leucoptera* en los cuatro sectores del eje central del HRC entre los años 1991 y 2019. Fuente de datos: CONAF.

#### **Abundancia de aves acuáticas carnívoras en diferentes sectores del HRC (fuente de datos: CONAF)**

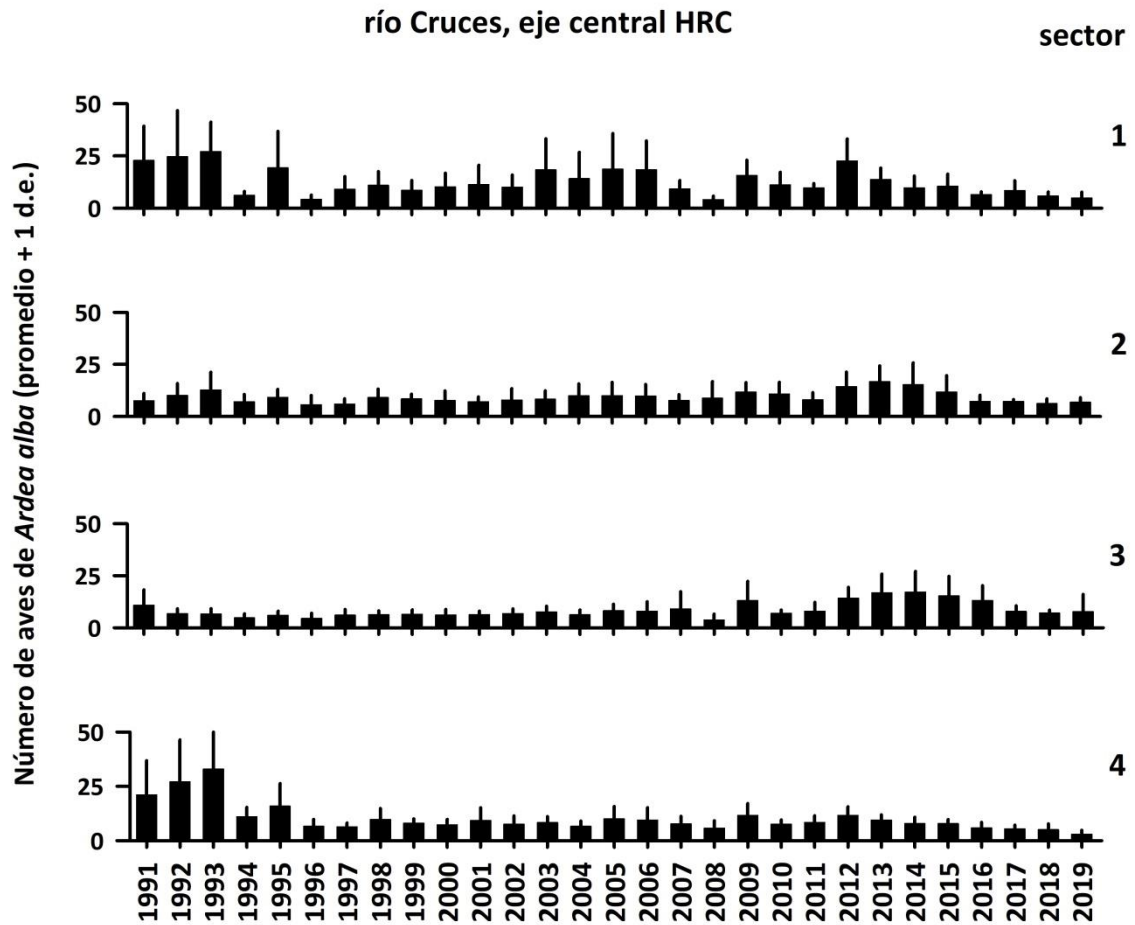
Las Figuras 4.2.7.1.12 a 4.2.7.1.14 muestran la variabilidad espacial y temporal de la Garza cuca (*Ardea cocoi*), Garza blanca grande (*Ardea alba*) y la Garza blanca chica (*Egretta thula*) respectivamente. Hay que destacar que, a diferencia de las aves acuáticas herbívoras, las poblaciones de garzas no fueron afectadas por los cambios ambientales ocurridos el año 2004.

Entre los años 1991 y 2019 y especialmente durante el período 2012-2019, las poblaciones de Garza cuca presentaron un aumento creciente en los sectores 1, 2 y 3 del eje central del HRC (Fig. 4.2.7.1.12). Esta tendencia es opuesta a la mostrada por ambas

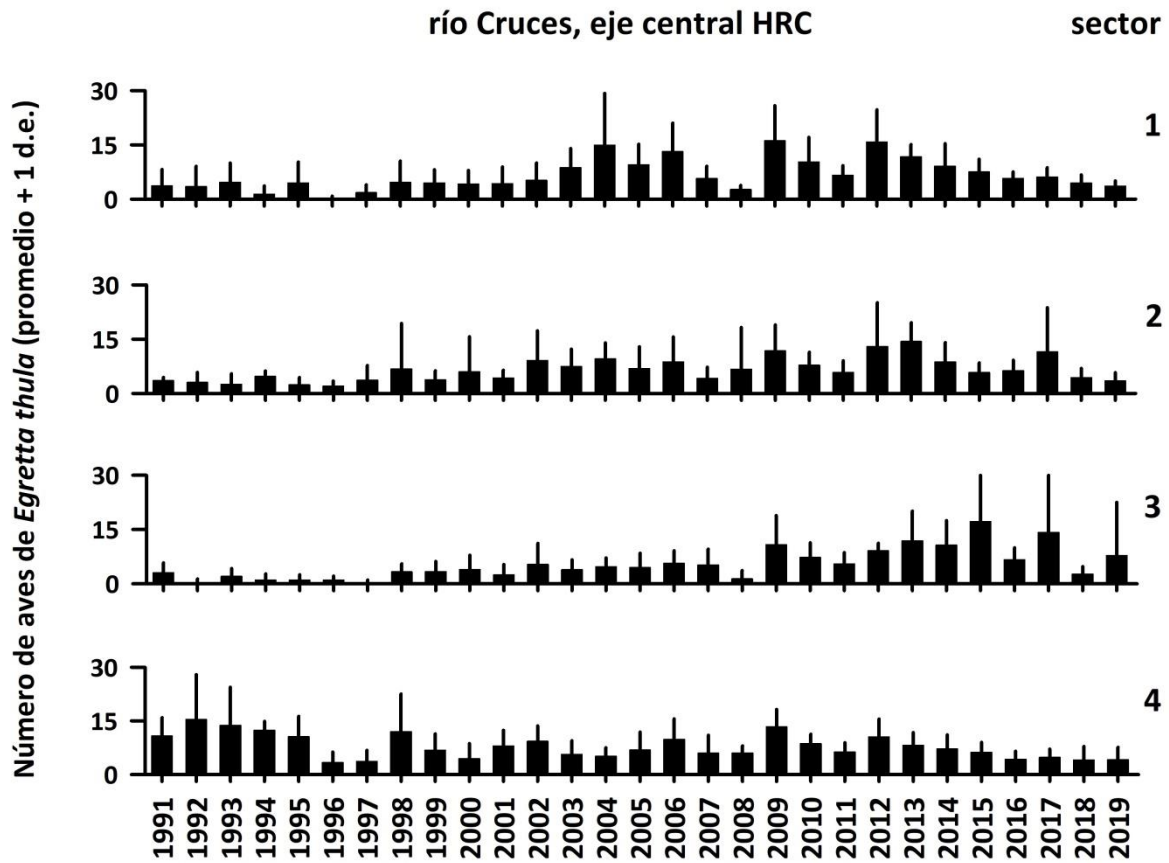
especies de garzas blancas, cuyas abundancias han disminuido de modo notorio en los últimos años (Fig. 4.2.7.1.13 y 4.2.7.1.14).



**Figura 4.2.7.1.12.** Variabilidad interanual de la abundancia de *Ardea cocoi* en los cuatro sectores del eje central del HRC entre los años 1991 y 2019. Fuente de datos: CONAF.



**Figura 4.2.7.1.13.** Variabilidad interanual de la abundancia de *Ardea alba* en los cuatro sectores del eje central del HRC entre los años 1991 y 2019. Fuente de datos: CONAF.



**Figura 4.2.7.1.14.** Variabilidad interanual de la abundancia de *Egretta thula* en los cuatro sectores del eje central del HRC entre los años 1991 y 2019. Fuente de datos: CONAF.

## **Distribución espacial y abundancia de avifauna acuática (datos provenientes de censos estacionales de la UACH: enero 2015 a mayo 2020)**

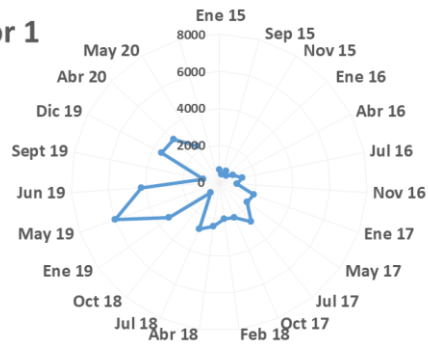
### **Aves acuáticas herbívoras**

Las Figuras 4.2.7.1.15 a 4.2.7.1.18 muestran la distribución espacial y abundancia del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y la Tagua (*Fulica armillata*) en los ocho sectores del área de estudio. Los datos se recolectaron entre enero 2015 y mayo 2020 (n=22 muestreos) (cf. Tabla 4.2.7.1.2).

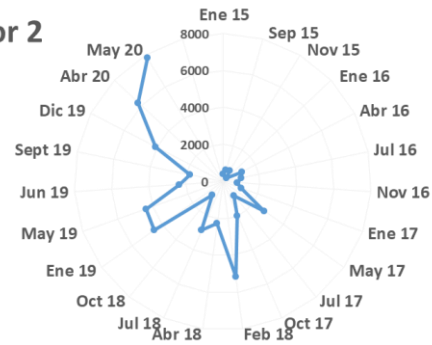
Tal como lo observado al inicio del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC, la distribución espacial del Cisne de cuello negro ha sido más extensa que la de las taguas. Las Figuras 4.2.7.1.15 y 4.2.7.1.16 muestran que la población del Cisne de cuello negro ocurre principalmente en las áreas ubicadas en el eje central del río Cruces (sectores 1, 2 y 3), y en menor grado en ríos tributarios y fuera del HRC. Los análisis estadísticos corroboran lo antes descrito, indicando que las abundancias de CCN observadas en los sectores ubicados en el eje central del río Cruces (sectores 1, 2 y 3) presentan abundancias significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) que las observadas en los otros cinco sectores (ANOVA  $F_{(7,119)} = 100,351$ ;  $p < 0,001$ ; Test de Tukey ( $p < 0,05$ ): Sectores 1=2=3 > Sectores 4=5=6=7=8) (cf. Fig. 4.2.7.1.16).

Las Figuras 4.2.7.1.17 y 4.2.7.1.18 muestran que las Taguas han mostrado sus mayores abundancias en el eje central del río Cruces (sectores 1 a 3 y particularmente en el 3) y que poseen una baja intrusión hacia el sector más norteño del HRC y los ríos tributarios. Los análisis estadísticos indican que las abundancias de Taguas observadas en los sectores 4, 6 y 7 fueron significativamente más bajas ( $p < 0,05$ ) que las observadas en los otros sectores (ANOVA  $F_{(7,119)} = 69,394$ ;  $p < 0,001$ ; Test de Tukey ( $p < 0,05$ ): Sector 1=2=3=5=8 > Sectores 4, 6 y 7) (cf. Fig. 4.2.7.1.18).

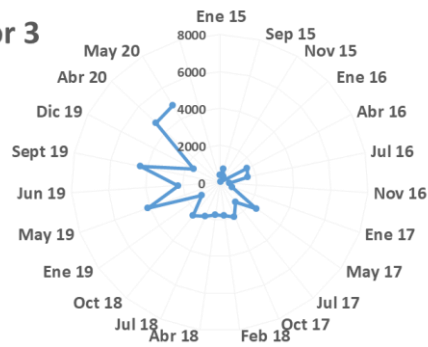
Sector 1



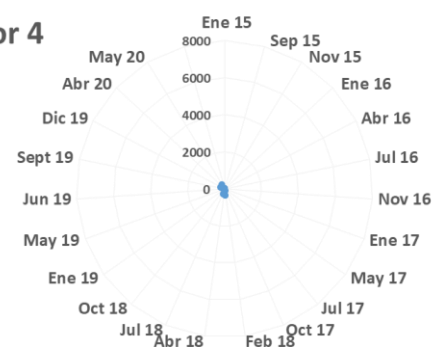
Sector 2



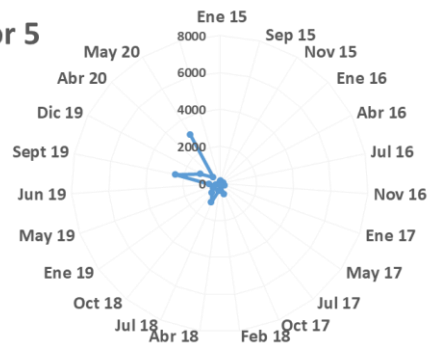
Sector 3



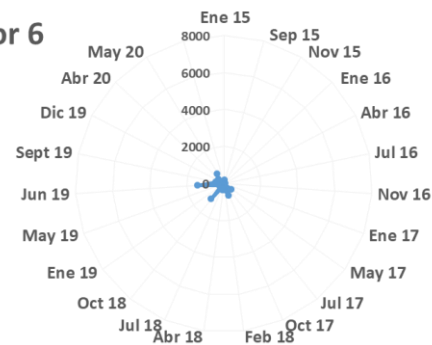
Sector 4



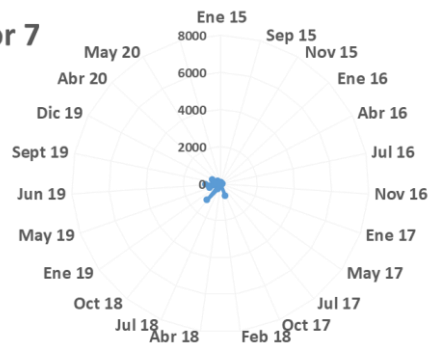
Sector 5



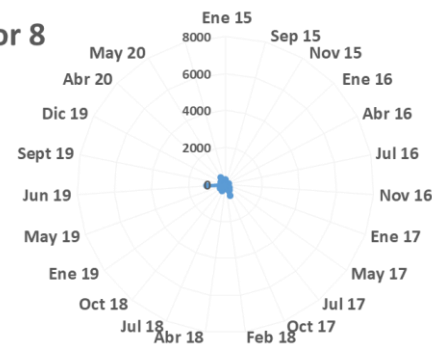
Sector 6



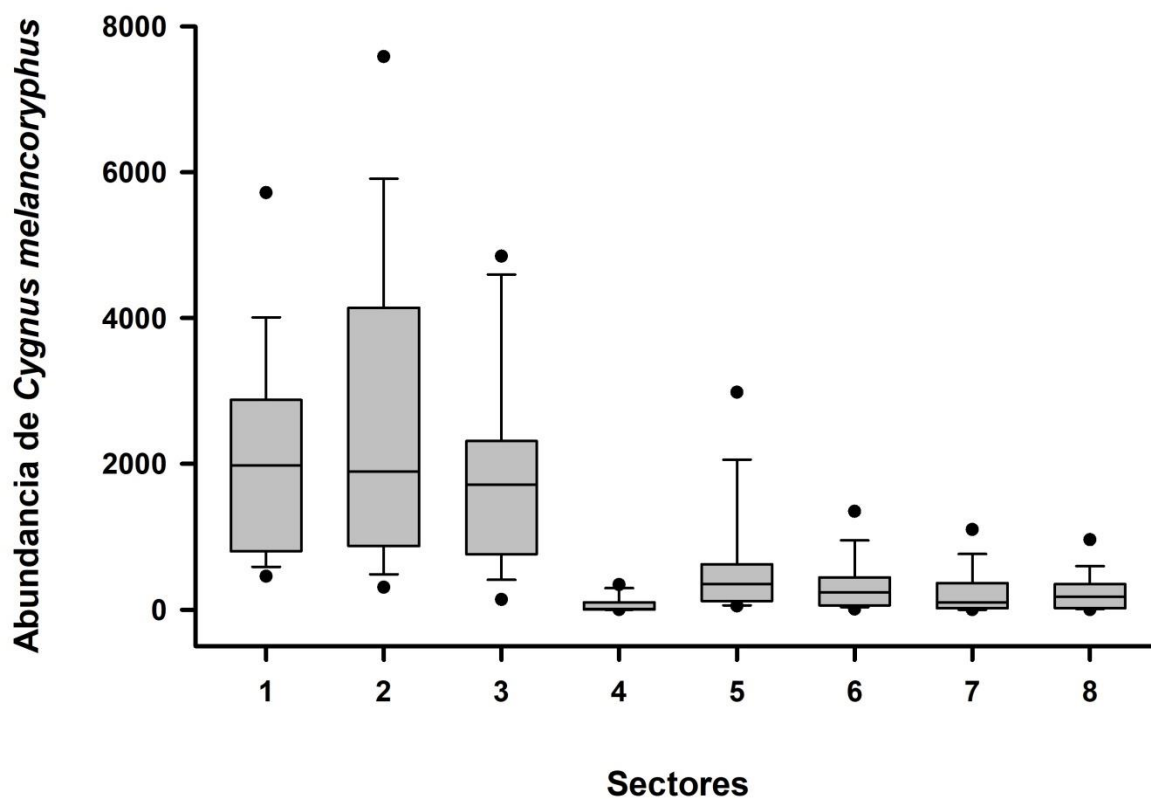
Sector 7



Sector 8



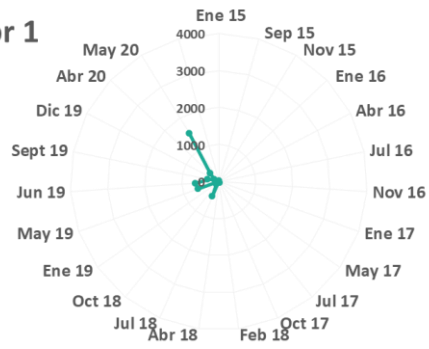
**Figura 4.2.7.1.15.** Abundancias del Cisne de cuello negro *Cygnus melancoryphus* en los ocho sectores del área de estudio. Datos recolectados entre enero 2015 y mayo 2020 (n=22 muestreos) (cf. Tabla 4.2.7.1.2).



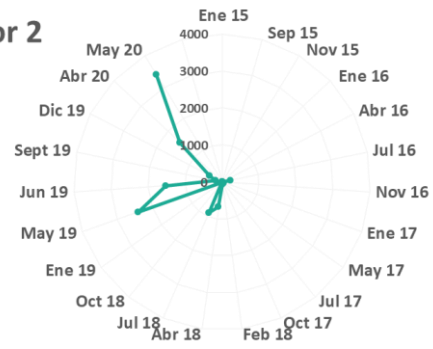
**Figura 4.2.7.1.16.** Diagramas de caja de las abundancias promedio de *Cygnus melancoryphus* en los ocho sectores del área de estudio. Datos recolectados entre enero 2015 y mayo 2020 (n=22 muestreos) (cf. Tabla 4.2.7.1.2).



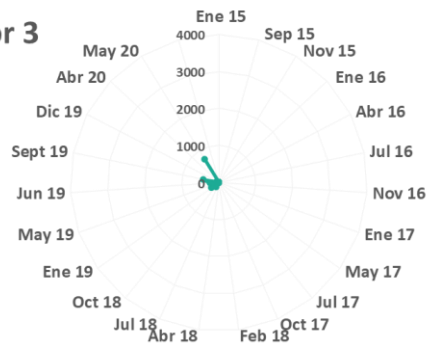
Sector 1



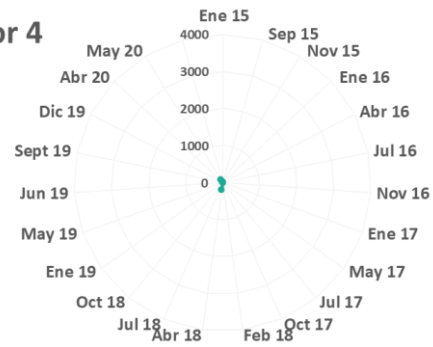
Sector 2



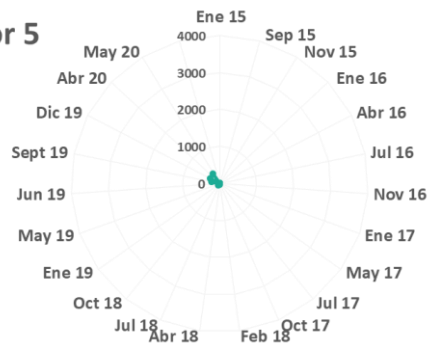
Sector 3



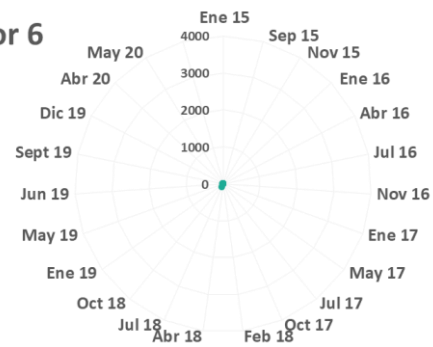
Sector 4



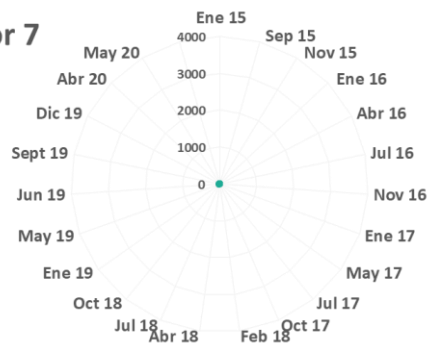
Sector 5



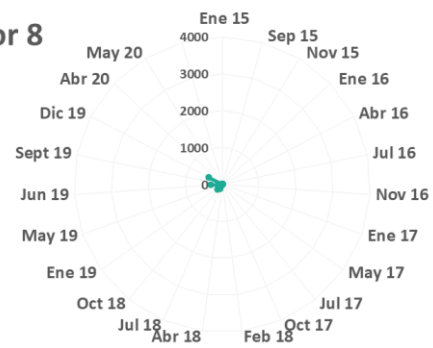
Sector 6



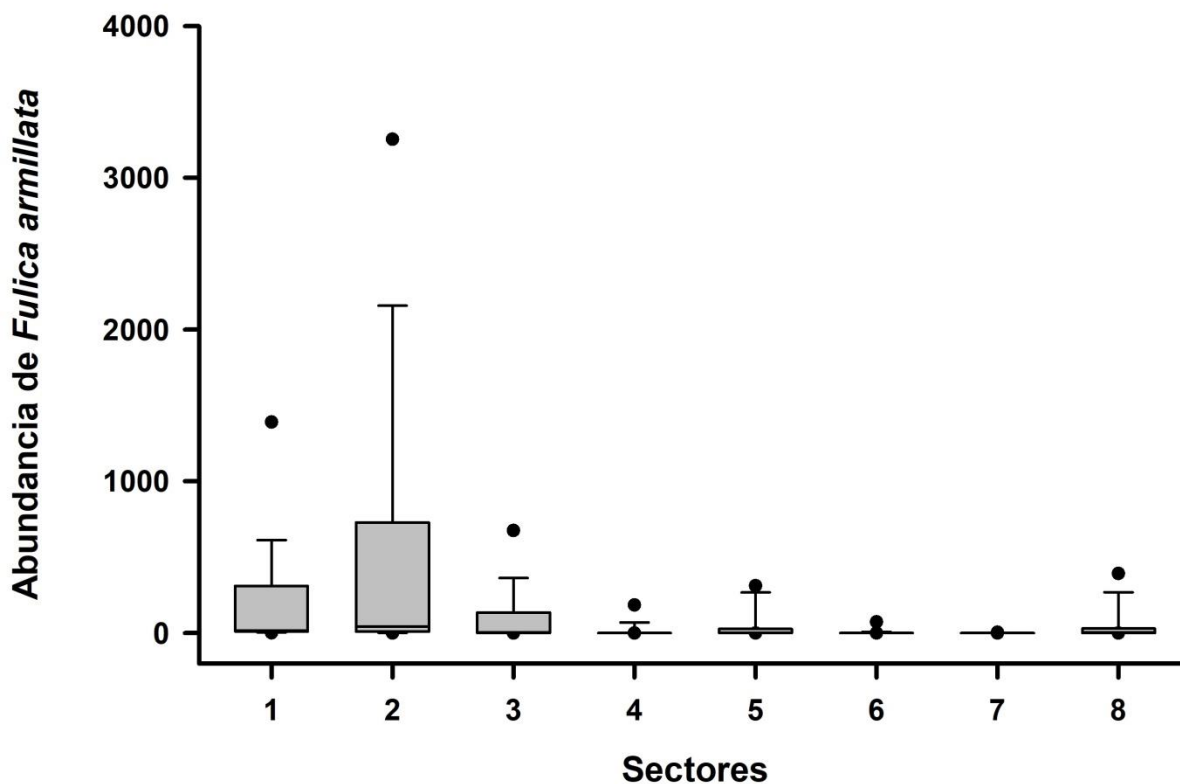
Sector 7



Sector 8



**Figura 4.2.7.1.17.** Abundancias de la Tagua *Fulica armillata* en los ocho sectores del área de estudio. Datos recolectados entre enero 2015 y mayo 2020 (n=22 muestreos) (cf. Tabla 4.2.7.1.2).



**Figura 4.2.7.1.18.** Diagramas de caja de las abundancias promedio de *Fulica armillata* en los ocho sectores del área de estudio. Datos recolectados entre enero 2015 y mayo 2020 (n=22 muestreos) (cf. Tabla 4.2.7.1.2).

#### **Aves acuáticas carnívoras**

Las Figuras 4.2.7.1.19 a 4.2.7.1.24 muestran la distribución espacial y abundancia de la Garza cuca (*Ardea cocoi*), Garza blanca grande (*Ardea alba*) y Garza blanca chica (*Egretta thula*) en los ocho sectores del área de estudio. Los datos se recolectaron entre enero 2015 y mayo 2020 (n=22 muestreos) (cf. Tabla 4.2.7.1.2). Estas tres especies de garzas se distribuyen en todos los sectores del humedal (Fig. 4.2.7.1.19 a 4.2.7.1.24).

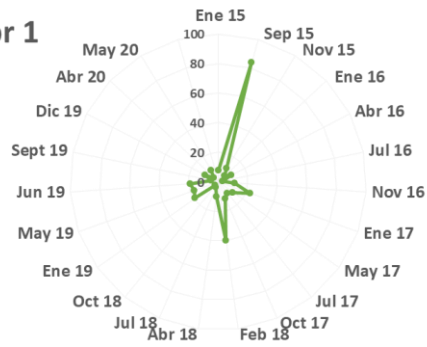
Las Figuras 4.2.7.1.19 y 4.2.7.1.20 muestran que la población de la Garza cuca presenta sus mayores abundancias en los sectores 2 y 3, ambos ubicados en el eje central del río Cruces. Sin embargo, solo las abundancias del sector 3 difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ) con respecto a las de los otros sectores de estudio (Fig. 4.2.7.1.20). A su vez, las abundancias del sector 2 difieren significativamente con las de los sectores 4 y 8 (ANOVA F

$(_{14,819}) = 74,466$ ;  $p = <0,001$ ; Test de Tukey ( $p < 0,05$ ): Sector 3 > Sectores 1, 4, 5, 6, 7 y 8; sector 2=3 > 8 y 4) (cf. Fig. 4.2.7.1.20).

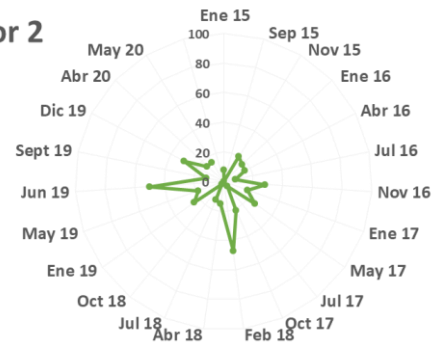
Las mayores abundancias de la Garza blanca grande han ocurrido en el sector 3 (Fig. 4.2.7.1.21 y 4.2.7.1.22). Las abundancias de este sector se diferencian significativamente de aquellas estimadas para sectores ubicados en el eje central del HRC (sectores 1, 2 y 4) o en ríos tributarios de la parte superior del mismo (sector 5), pero no de las abundancias de aquellos ubicados en ríos tributarios del sector medio del área (sectores 6 y 7) o al sur del humedal (sector 8) (ANOVA  $F_{(7,048)} = 41,015$ ;  $p = <0,001$ ; Test de Tukey ( $p < 0,05$ ): Sector 3 > Sectores 1, 2, 4 y 5) (cf. Fig. 4.2.7.1.22).

La Garza blanca chica ha presentado sus mayores abundancias en los sectores 2, 3, 6 y 7 (Figura 4.2.7.1.23 y 4.2.7.1.24); sin embargo, solo el sector 7 (río Cayumapu) se diferencia significativamente de los otros sectores (ANOVA  $F_{(7,970)} = 40,184$ ;  $p = <0,001$ ; Test de Tukey ( $p < 0,05$ ): Sector 7 > Sectores 1, 4, 5 y 8) (cf. Fig. 4.2.7.1.24).

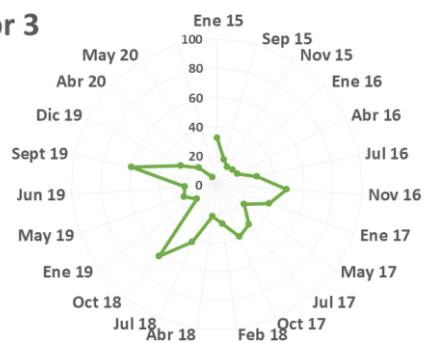
Sector 1



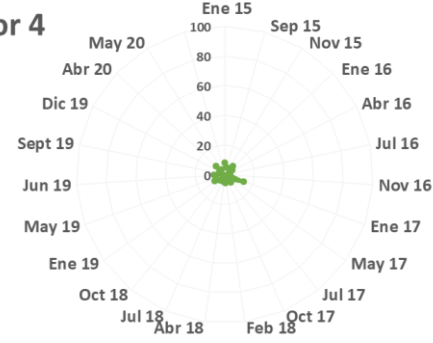
Sector 2



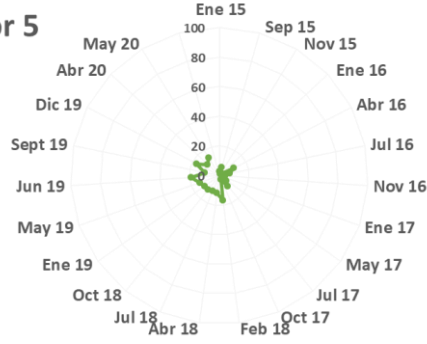
Sector 3



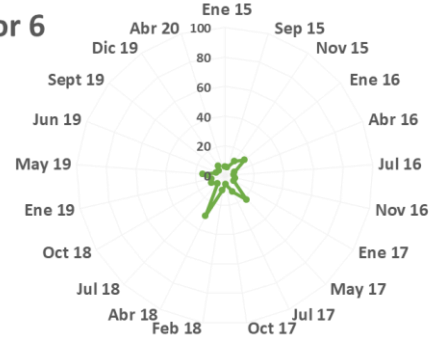
Sector 4



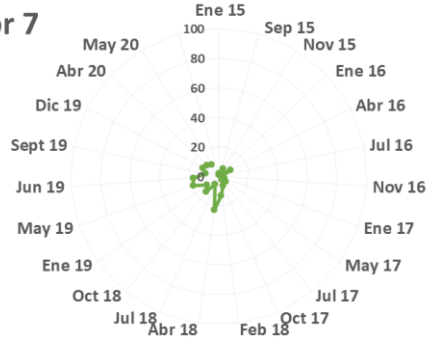
Sector 5



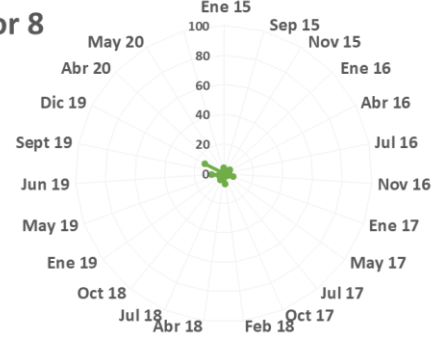
Sector 6



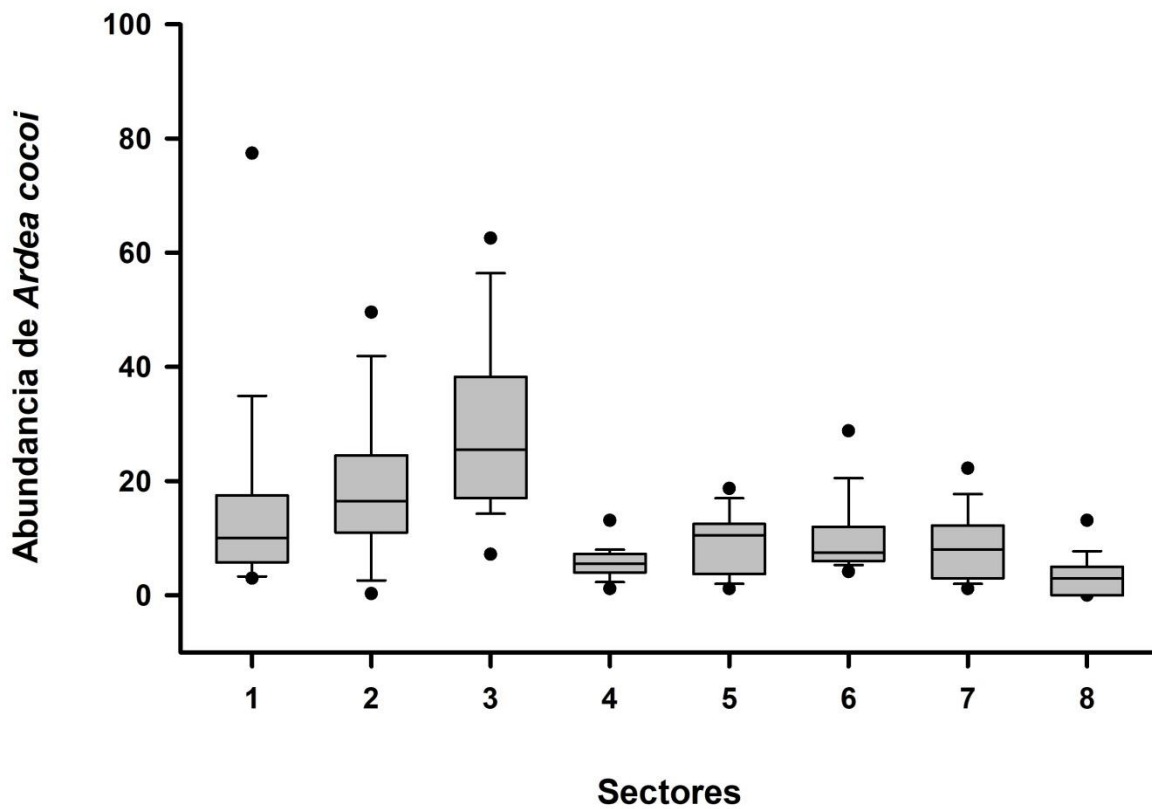
Sector 7



Sector 8

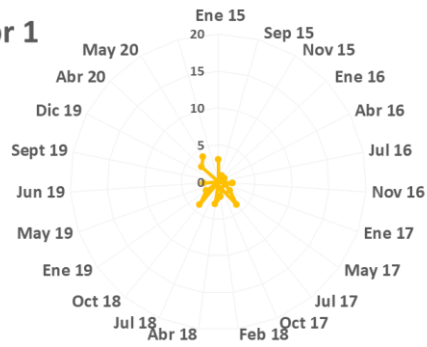


**Figura 4.2.7.1.19.** Abundancias de la Garza cuca *Ardea cocoi* en los ocho sectores del área de estudio. Datos recolectados entre enero 2015 y mayo 2020 (n=22 muestreos) (cf. Tabla 4.2.7.1.2).

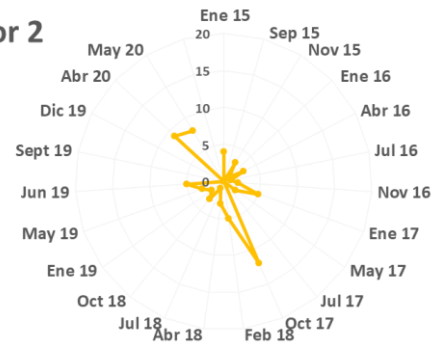


**Figura 4.2.7.1.20.** Diagramas de caja de las abundancias promedio de *Ardea cocoi* en los ocho sectores del área de estudio. Datos recolectados entre enero 2015 y mayo 2020 (n=22 muestreos) (cf. Tabla 4.2.7.1.2).

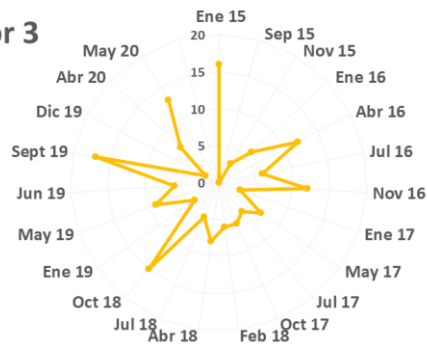
Sector 1



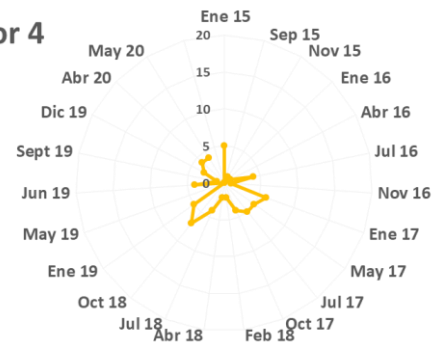
Sector 2



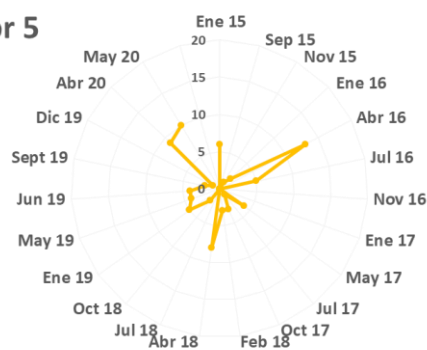
Sector 3



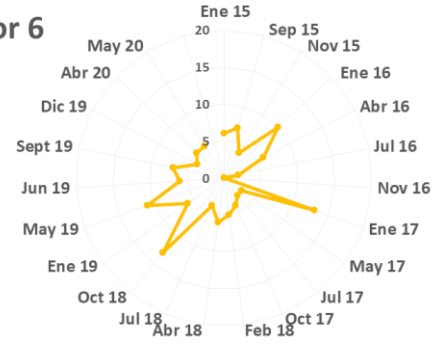
Sector 4



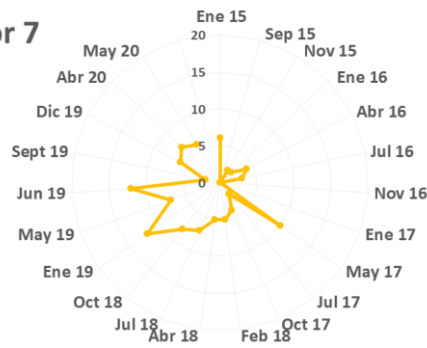
Sector 5



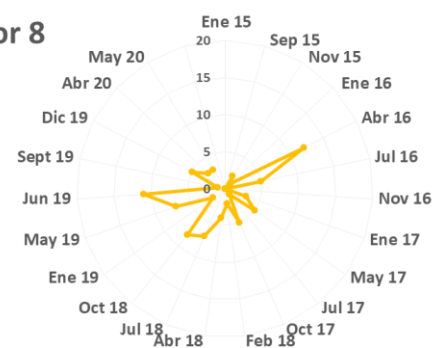
Sector 6



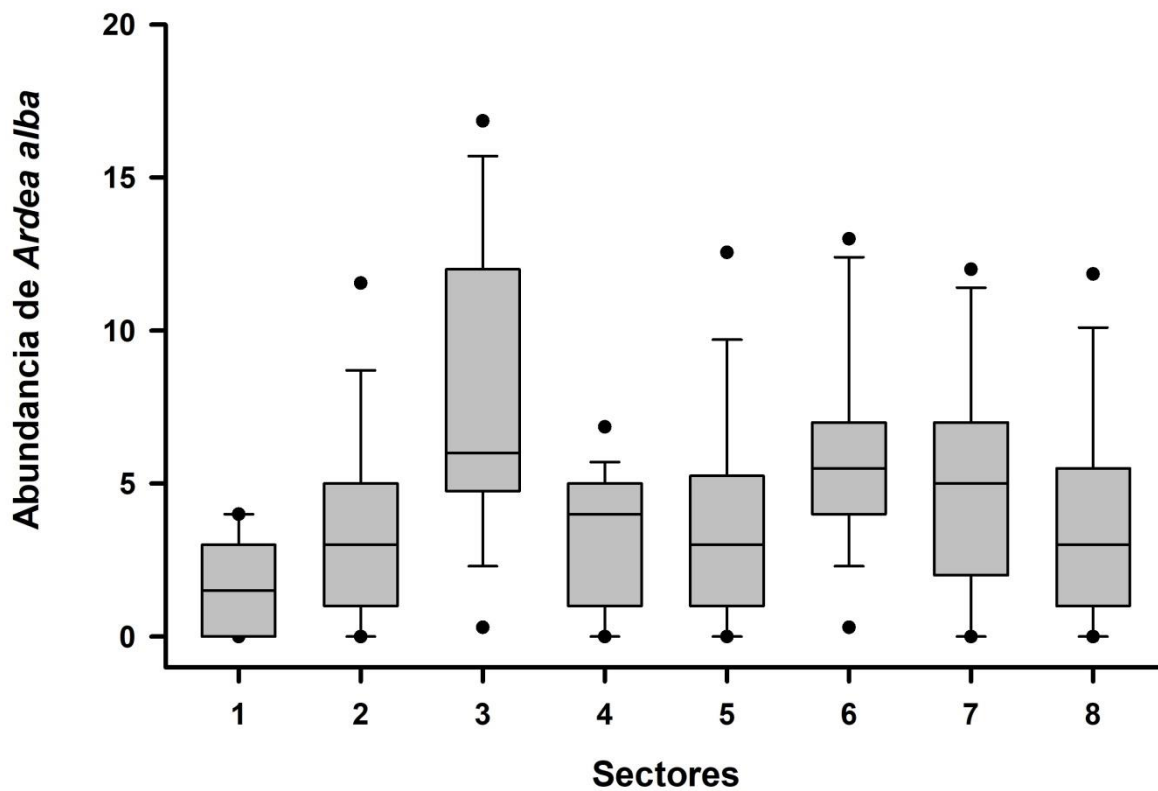
Sector 7



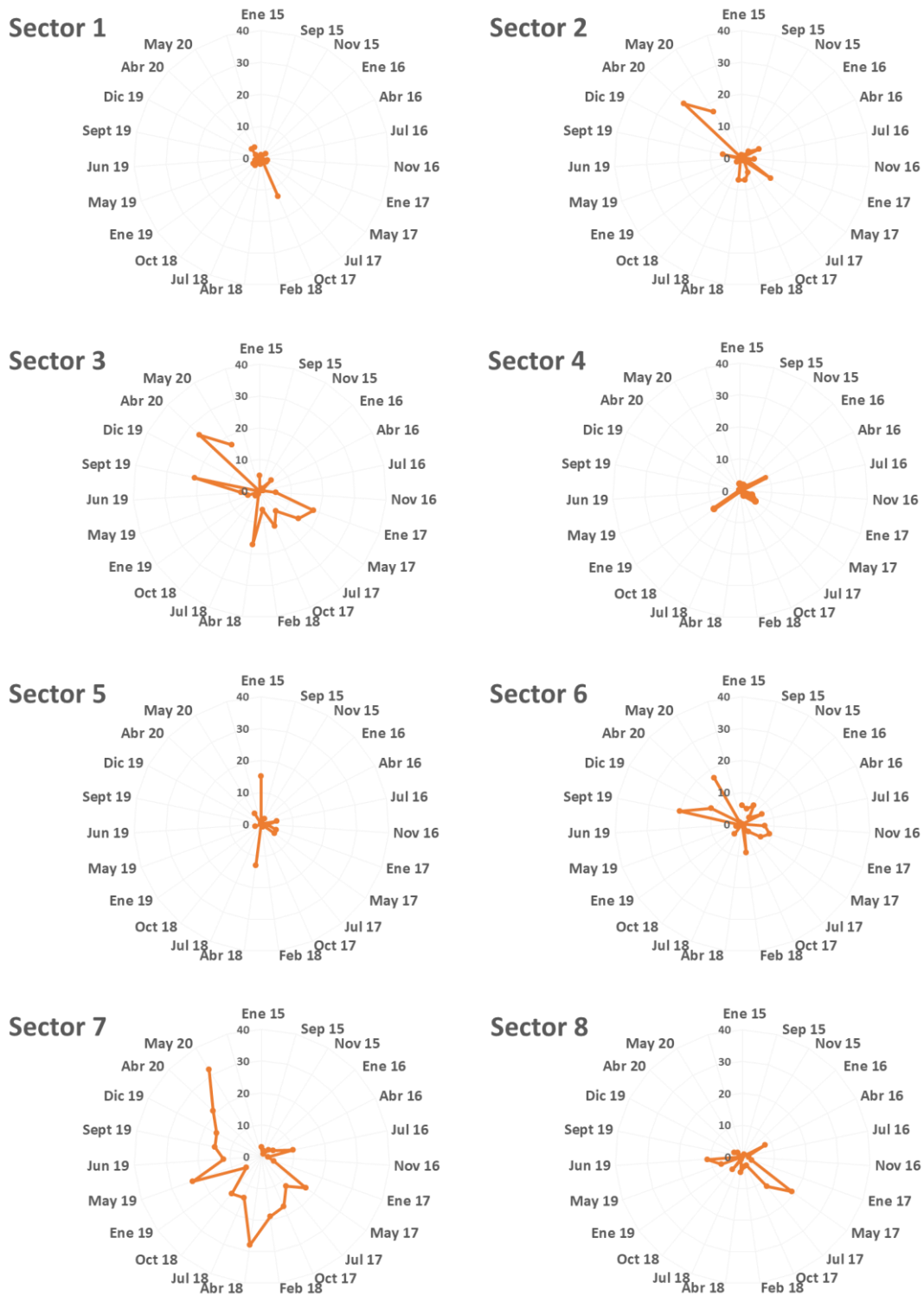
Sector 8



**Figura 4.2.7.1.21.** Abundancias de la Garza blanca grande *Ardea alba* en los ocho sectores del área de estudio. Datos recolectados entre enero 2015 y mayo 2020 (n=22 muestreos) (cf. Tabla 4.2.7.1.2).

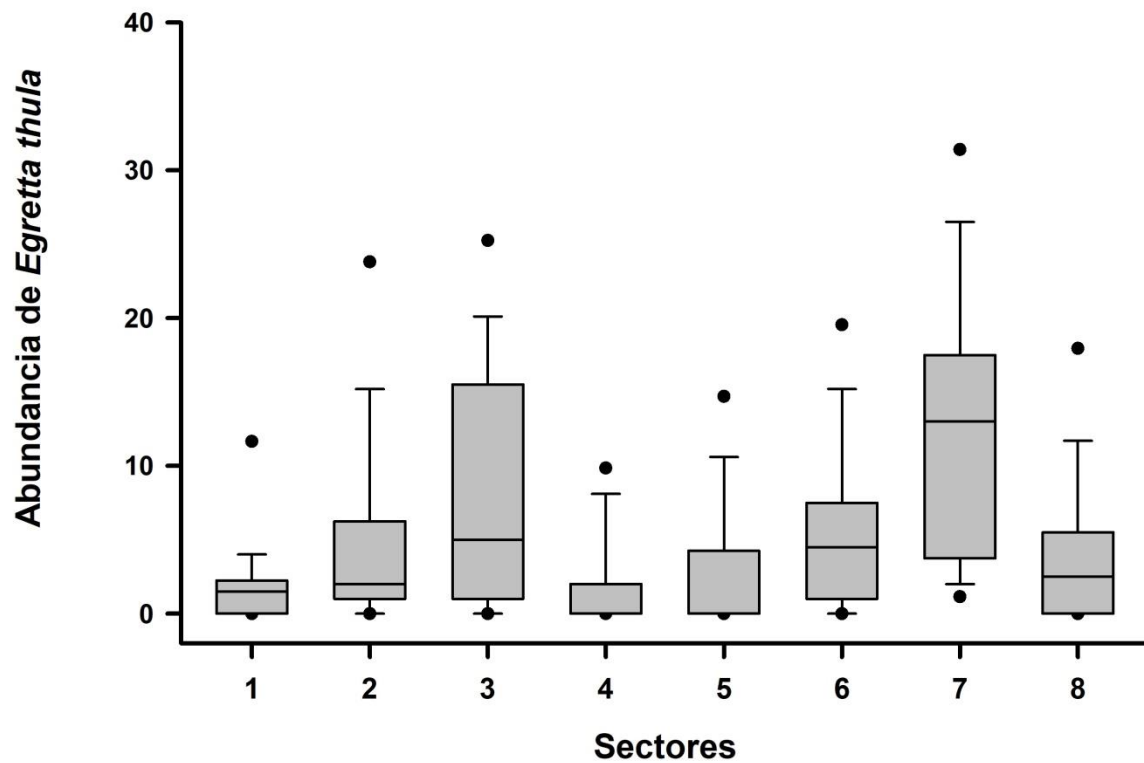


**Figura 4.2.7.1.22.** Diagramas de caja de las abundancias promedio de *Ardea alba* en los ocho sectores del área de estudio. Datos recolectados entre enero 2015 y mayo 2020 (n=22 muestreos) (cf. Tabla 4.2.7.1.2).



**Figura 4.2.7.1.23.** Abundancias de la Garza blanca chica *Egretta thula* en los ocho sectores del área de estudio. Datos recolectados entre enero 2015 y mayo 2020 (n=22 muestreos) (cf. Tabla 4.2.7.1.2).





**Figura 4.2.7.1.24.** Diagrama de caja de la abundancia promedio de *Egretta thula* en los ocho sectores del área de estudio. Datos recolectados entre enero 2015 y mayo 2020 (n=22 muestreos) (cf. Tabla 4.2.7.1.2).

#### **4.2.7.1.5. Conclusiones**

- La riqueza de especies de la avifauna acuática se ha mantenido relativamente estable a lo largo del eje central del HRC, a la vez que la abundancia total de la misma ha aumentado, situación directamente relacionada al notable incremento de cisnes de cuello negro y taguas observados en los últimos años.
- A partir de los años 2012-2013, la abundancia del Cisne de cuello negro ha sido más alta en sectores del eje central del HRC (sectores 1, 2 y 3 o porción media & inferior del humedal). Para el mismo período de tiempo, las abundancias de las taguas han sido más altas en el sector 2 o porción media del área.
- La abundancia poblacional de la Garza cuca ha aumentado significativamente durante el período 2016-2019 vs. el del 2012-2016; por el contrario, las abundancias de la Garza blanca grande han disminuido significativamente durante los últimos cuatro años (2016-2019), a la vez que la de la Garza blanca chica ha hecho lo propio durante los años 2018 y 2019.

#### **4.2.7.2. Elementos y compuestos químicos en Garza blanca grande (*Casmerodius albus*)**

##### **4.2.7.2.1. Antecedentes**

Se define bio-acumulación, como el proceso de acumulación de elementos o compuestos químicos en organismos vivos y en concentraciones superiores a la que estos ocurren en el medio natural al que están expuestos, o en los alimentos que los mismos consumen. En otras palabras, la bio-acumulación ocurre cuando el secuestro de elementos o compuestos químicos por parte de un organismo es mayor que la degradación o pérdida de los mismos por catabolismo o excreción. Para el caso de un depredador, la bio-acumulación puede ocurrir por ingesta de presas que en el medio natural han estado expuestas a tales elementos o compuestos químicos.

Durante el Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (abril 2014 - marzo 2015), se capturaron cuatro ejemplares de Garza blanca grande (*Ardea alba*), para estudios de concentraciones de metales pesados y compuestos orgánicos persistentes en sus tejidos corporales. Entre los hallazgos de esos análisis, destacó la presencia de Dioxinas (entre estas la 2.3.7.8-TCDD y la 1.2.3.7.8-PeCDD) y Furanos, situación que llevó a incluir dentro del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC y sus ríos tributarios, estudios periódicos de metales pesados y compuestos orgánicos persistentes en esta ave acuática.

En este Capítulo, se exponen los resultados de análisis llevados a cabo en muestras de *C. albus* obtenidas durante febrero 2015, noviembre 2015, diciembre 2016, noviembre 2017 y marzo 2019 (Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC, primer, segundo, tercer y cuarto año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC, respectivamente).

#### 4.2.7.2.2. Objetivos

Analizar estacionalmente las concentraciones de metales pesados (Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio) en tejidos musculares y hepáticos de la Garza blanca grande (*Ardea alba*).

- Analizar estacionalmente las concentraciones de Ácidos grasos, Ácidos Resínicos y AOX en tejidos musculares y hepáticos de esta garza.
- Analizar las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes tóxicos en tejidos musculares y hepáticos de *C. albus*.
- Realizar comparaciones interanuales entre las concentraciones de metales pesados y compuestos orgánicos persistentes en tejidos de la Garza blanca grande, examinados durante el período febrero 2015 y marzo 2019.

#### 4.2.7.2.3. Material y métodos

Para el análisis de elementos y compuestos químicos, se tomaron muestras de músculo e hígado de tres especímenes de Garza blanca grande (*Ardea alba*) cazados en diferentes puntos del humedal (Tabla 4.2.7.2.1). Los especímenes recolectados fueron sometidos a necropsia en el Instituto de Patología Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UACH, para obtener los tejidos a analizar. Esos tejidos fueron lavados con abundante agua desionizada, sonicados para eliminar eventuales restos de sedimentos adheridos y luego secados por liofilización, para finalmente ser pulverizados. Las muestras preparadas para análisis de metales pesados (*i.e.*, Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio) se atacaron mediante digestión ácida en microondas para posteriormente ser analizadas por Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama. Debido a su baja concentración en esta matriz, el Plomo se analizó por ICP-MS y/o Espectroscopía de Absorción Atómica con horno de grafito.

**Tabla 4.2.7.2.1.** Fechas y sectores de caza de especímenes de Garza blanca grande (*Casmerodius albus*) para estudios de concentraciones de elementos y compuestos químicos en sus tejidos corporales. Los valores en paréntesis corresponden a número de ejemplares cazados por sector.

sectores de captura	verano 2015 febrero	primavera 2015 noviembre	primavera 2016 diciembre	primavera 2017 noviembre	verano 2019 marzo
eje central del río Cruces (sector estuarial)					
Santa María		10-11-2015 (1)	19-12-2016 (3)	27-11-2017 (1)	
Santa Clara	19-02-2015 (1)	10-11-2015 (1)			
Tres Bocas	21-02-2015 (1)	11-11-2015 (1)			
Punucapa	22-02-2015 (2)				
San Luis			21-12-2016 (1)	22-11-2017 (1)	
San Pedro				27-11-2017 (1)	
El Molino					20-03-2019 (1)
ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)					
río Pichoy		18-11-2015 (1)			
río San Ramón				22-11-2017 (1)	
Río Santa María					24-03-2019 (1)
Cuyinhue, río San Jose					24-03-2019 (1)

Las muestras para análisis de AOX y EOX se analizaron mediante titulación microcoulombimétrica (Norma Europea EN ISO 9562 y EN 1485, respectivamente), luego de la adsorción de los compuestos halogenados en carbón activado y extracción con solvente, respectivamente. Las muestras para análisis de Dioxinas y Furanos fueron analizadas en el Laboratorio de Dioxinas LADIOX, de la Universidad de Concepción, mediante Cromatografía Gaseosa de Alta Resolución-Espectrometría de Masa de Alta Resolución (HRGC-HRMS), de acuerdo al método EPA 1613.

#### **4.2.7.2.4. Resultados**

##### **Metales pesados**

Las Tablas 4.2.7.2.2 a 4.2.7.2.10 y Figuras 4.2.7.2.1 y 4.2.7.2.2 muestran la variabilidad interanual en las concentraciones de metales pesados en tejido muscular y hepático de Garza blanca grande, respectivamente.

En general, las concentraciones de metales pesados fueron más elevadas en tejido hepático que en tejido muscular. Los metales con mayor concentración en estos tejidos fueron el Hierro, Cobre y Zinc (Tablas 4.2.7.2.2, 4.2.7.2.5 y 4.2.7.2.6, respectivamente). Por el contrario, los elementos que presentaron las concentraciones más bajas fueron el Plomo, el Mercurio y el Manganeseo, este último, detectado por primera vez en tejido muscular durante el cuarto año de Monitoreo Ambiental del HRC (marzo 2019) (Tablas 4.2.7.2.7, 4.2.7.2.10 y 4.2.7.2.4, respectivamente). El Aluminio, el Cadmio (excepto verano 2015 en tejido hepático) y el Arsénico no han sido detectados (Tablas 4.2.7.2.3, 4.2.7.2.8 y 4.2.7.2.9, respectivamente).

**Tabla 4.2.7.2.2.** Concentraciones de Hierro en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas para cada garza). \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de Hierro.

campaña	sectores de captura	Hierro ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		músculo	hígado
febrero 2015	Punucapa (eje central del HRC)	253,4 (23,7)	1674,6
	Tres Bocas (eje central del HRC)	333,7 (3,3)	2283,8
	Santa Clara (eje central del HRC)	291,9 (3,5)	1343,9
	Punucapa (eje central del HRC)	209,3 (0,9)	622,5
	promedio	272,1 (53,2)	1481,2 (692,3)
noviembre 2015	Santa Clara (eje central del HRC)	224,7 (0,9)	614,8 (8,3)
	Santa María (eje central del HRC)	267,3 (8,9)	1498,0 (59,9)
	Tres Bocas (eje central del HRC)	214,0 (3,3)	2058,6 (103,5)
	Río Pichoy (río tributario del HRC)	252,5 (1,7)	968,9 (11,4)
	promedio	239,6 (24,6)	1285,0 (630,6)
diciembre 2016	Santa María (eje central del HRC)	301,8 (6,6)	1432,8
	Santa María (eje central del HRC)	221,9 (10,3)	888,2
	Santa María (eje central del HRC)	146,7 (2,2)	*
	San Luis (eje central del HRC)	249,7 (14,3)	*
	promedio	230,0 (64,7)	1160,5 (385,1)
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	209,3 (15,2)	*
	San Luis (eje central del HRC)	193,0	*
	San Pedro (eje central del HRC)	181,3	*
	Santa María (eje central del HRC)	176,3	*
	promedio	190,0 (14,7)	
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	226,3 (3,7)	761,3
	río Santa María (río tributario del HRC)	219,2	1422,2
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	261,3 (2,2)	1228,2
	promedio	235,5 (22,5)	1137,2 (339,7)

**Tabla 4.2.7.2.3.** Concentraciones de Aluminio en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en negrilla corresponden al límite de cuantificación del método utilizado. \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de Aluminio.

campaña	sectores de captura	Aluminio ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		músculo	hígado
febrero 2015	Punucapa (eje central del HRC)	0,5	0,5
	Tres Bocas (eje central del HRC)	0,5	0,5
	Santa Clara (eje central del HRC)	0,5	0,5
	Punucapa (eje central del HRC)	0,5	0,5
noviembre 2015	Santa Clara (eje central del HRC)	0,5	0,5
	Santa María (eje central del HRC)	0,5	0,5
	Tres Bocas (eje central del HRC)	0,5	0,5
	Pichoy (río tributario del HRC)	0,5	0,5
diciembre 2016	Santa María (eje central del HRC)	0,5	0,5
	Santa María (eje central del HRC)	0,5	0,5
	Santa María (eje central del HRC)	0,5	0,5
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	0,5	0,5
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	0,5	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	0,5	*
	San Pedro (eje central del HRC)	0,5	*
	Santa María (eje central del HRC)	0,5	*
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	0,5	0,5
	río Santa María (río tributario del HRC)	0,5	0,5
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	0,5	0,5



**Tabla 4.2.7.2.4.** Concentraciones de Manganeso en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en negrilla, corresponden al límite de detección del método utilizado. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas para cada garza). \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de Manganeso.

campaña	sectores de captura	Manganeso ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		músculo	hígado
febrero 2015	Punucapa (eje central del HRC)	0,10	11,0
	Tres Bocas (eje central del HRC)	0,10	11,9
	Santa Clara (eje central del HRC)	0,10	17,6
	Punucapa (eje central del HRC)	0,10	12,4
	promedio		13,2 (3,0)
noviembre 2015	Santa Clara (eje central del HRC)	0,10	14,5 (0,6)
	Santa María (eje central del HRC)	0,10	13,6 (0,0)
	Tres Bocas (eje central del HRC)	0,10	8,9 (0,6)
	Pichoy (río tributario del HRC)	0,10	10,6 (0,2)
	promedio		11,9 (2,6)
diciembre 2016	Santa María (eje central del HRC)	0,10	12,9
	Santa María (eje central del HRC)	0,10	8,7
	Santa María (eje central del HRC)	0,10	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	0,10	*
	promedio		10,8 (2,9)
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	0,40	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	0,40	*
	San Pedro (eje central del HRC)	0,40	*
	Santa María (eje central del HRC)	0,40	*
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	2,2 (0,7)	9,9
	río Santa María (río tributario del HRC)	2,9	9,9
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	3,5 (0,0)	10,8
	promedio	2,9 (0,7)	10,2 (0,5)

**Tabla 4.2.7.2.5.** Concentraciones de Cobre en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas para cada garza). \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de Cobre.

campaña	sectores de captura	Cobre ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		músculo	hígado
febrero 2015	Punucapa (eje central del HRC)	12,1 (0,1)	20,2
	Tres Bocas (eje central del HRC)	14,5 (0,0)	18,6
	Santa Clara (eje central del HRC)	12,6 (1,4)	18,8
	Punucapa (eje central del HRC)	12,2 (0,4)	52,0
	promedio	12,9 (1,1)	27,4 (16,4)
noviembre 2015	Santa Clara (eje central del HRC)	13,7 (0,3)	28,4 (1,0)
	Santa María (eje central del HRC)	14,4 (0,3)	32,7 (0,3)
	Tres Bocas (eje central del HRC)	11,5 (0,2)	22,5 (0,1)
	Pichoy (río tributario del HRC)	16,5 (0,1)	21,2 (0,2)
	promedio	14,0 (2,1)	26,2 (5,3)
diciembre 2016	Santa María (eje central del HRC)	15,3 (0,0)	174,8
	Santa María (eje central del HRC)	8,0 (0,0)	41,3
	Santa María (eje central del HRC)	9,5 (0,1)	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	13,5 (0,1)	*
	promedio	11,6 (3,4)	108,0 (94,4)
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	16,1 (0,4)	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	16,4	*
	San Pedro (eje central del HRC)	13,7	*
	Santa María (eje central del HRC)	15,1	*
	promedio	15,3 (1,2)	
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	16,4 (0,2)	19,2
	río Santa María (río tributario del HRC)	15,0	17,7
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	17,3 (0,2)	17,8
	promedio	16,2 (1,2)	18,2 (0,8)

**Tabla 4.2.7.2.6.** Concentraciones de Zinc en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas para cada garza). \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de Zinc.

campaña	sectores de captura	Zinc ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		músculo	hígado
febrero 2015	Punucapa (eje central del HRC)	80,6 (1,2)	91,3
	Tres Bocas (eje central del HRC)	69,9 (0,2)	104,1
	Santa Clara (eje central del HRC)	52,6 (0,2)	91,8
	Punucapa (eje central del HRC)	87,5 (0,0)	153,0
	promedio	72,6 (15,2)	110,1 (29,2)
noviembre 2015	Santa Clara (eje central del HRC)	77,5 (1,3)	89,1 (1,4)
	Santa María (eje central del HRC)	91,5 (0,4)	125,6 (0,2)
	Tres Bocas (eje central del HRC)	69,9 (0,7)	80,9 (3,8)
	Pichoy (río tributario del HRC)	92,3 (1,7)	90,7 (1,4)
	promedio	82,8 (11,0)	96,5 (19,8)
diciembre 2016	Santa María (eje central del HRC)	52,2 (1,1)	100,9
	Santa María (eje central del HRC)	55,9 (0,0)	77,2
	Santa María (eje central del HRC)	54,9 (0,2)	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	51,4 (1,0)	*
	promedio	53,6 (2,1)	89,1 (16,7)
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	51,8 (0,6)	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	52,5	*
	San Pedro (eje central del HRC)	72,4	*
	Santa María (eje central del HRC)	57,4	*
	promedio	58,5 (9,6)	
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	41,5 (0,1)	69,5
	río Santa María (río tributario del HRC)	47,1	68,8
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	43,8 (0,4)	74,3
	promedio	44,1 (2,8)	70,9 (3,0)

**Tabla 4.2.7.2.7.** Concentraciones de Plomo en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en negrilla corresponden al límite de cuantificación del método utilizado. \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de Plomo.

campaña	sectores de captura	Plomo ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		músculo	hígado
verano 2015	Punucapa (eje central del HRC)	0,01 (0,01)	0,02
	Tres Bocas (eje central del HRC)	0,05 (0,01)	0,02
	Santa Clara (eje central del HRC)	0,08 (0,01)	0,03
	Punucapa (eje central del HRC)	0,02 (0,01)	0,34
	promedio	0,04 (0,03)	0,10 (0,2)
primavera 2015	Santa Clara (eje central del HRC)	0,16 (0,07)	0,05 (0,0)
	Santa María (eje central del HRC)	0,05 (0,01)	0,06 (0,0)
	Tres Bocas (eje central del HRC)	0,06 (0,02)	0,05 (0,0)
	Pichoy (río tributario del HRC)	0,04 (0,01)	0,05 (0,0)
	promedio	0,08 (0,05)	0,05 (0,0)
primavera 2016	Santa María (eje central del HRC)	0,04 (0,02)	0,02
	Santa María (eje central del HRC)	0,03 (0,00)	0,02
	Santa María (eje central del HRC)	0,03 (0,01)	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	0,05 (0,00)	*
	promedio	0,04 (0,01)	0,02 (0,0)
primavera 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	0,07 (0,01)	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	0,02	*
	San Pedro (eje central del HRC)	0,04	*
	Santa María (eje central del HRC)	0,03	*
	promedio	0,04 (0,02)	
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	0,015	0,02
	río Santa María (río tributario del HRC)	0,015	0,02
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	0,015	0,015
	promedio		0,02 (0,0)

**Tabla 4.2.7.2.8.** Concentraciones de Cadmio en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en negrilla corresponden al límite de detección y de cuantificación del método utilizado y en paréntesis la desviación estándar (dos lecturas para cada garza). \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de Cadmio.

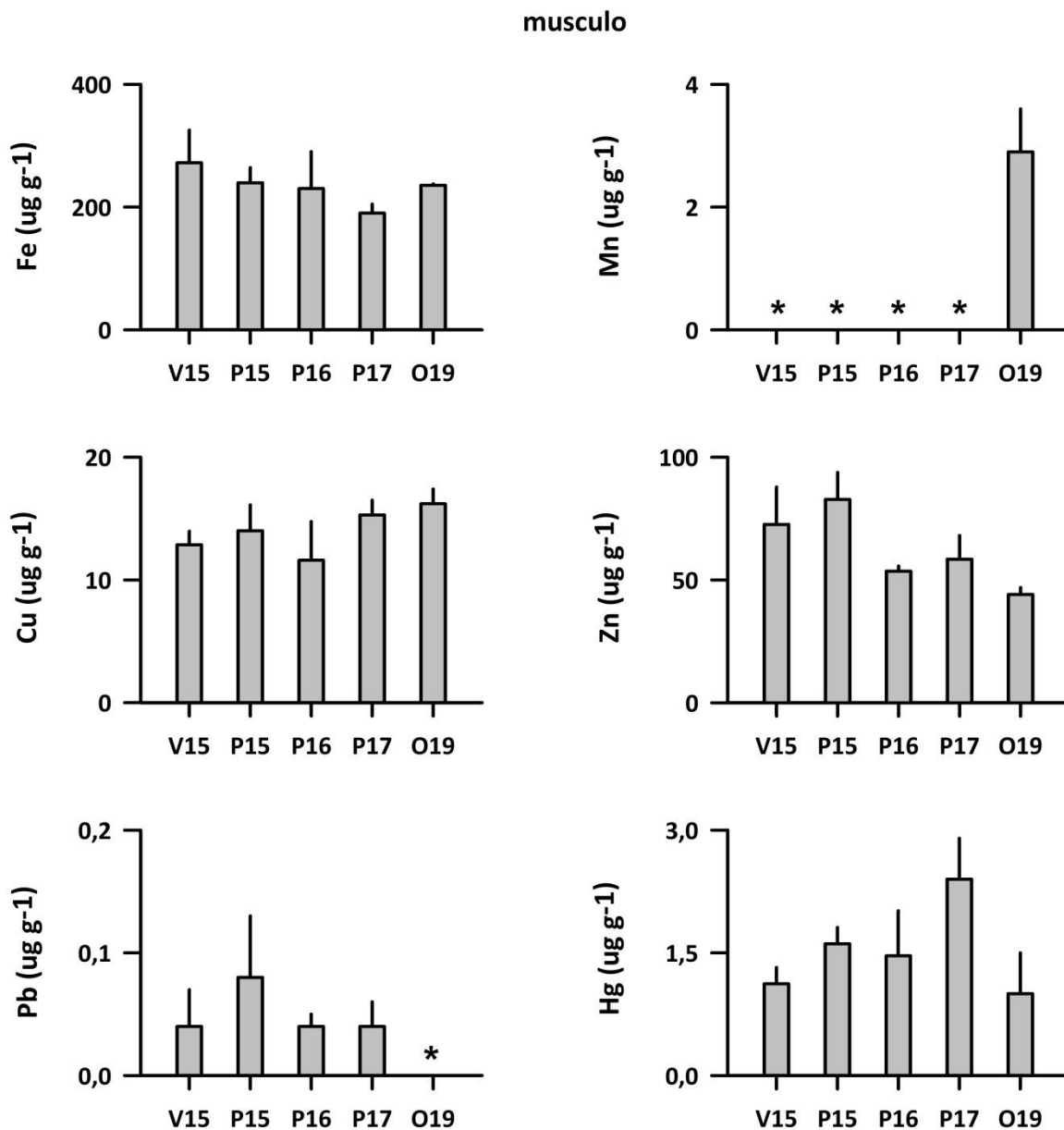
campaña	sectores de captura	Cadmio ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		músculo	hígado
febrero 2015	Punucapa (eje central del HRC)	0,01	0,20
	Tres Bocas (eje central del HRC)	0,01	0,24
	Santa Clara (eje central del HRC)	0,01	0,31
	Punucapa (eje central del HRC)	0,01	0,01
	promedio		0,19 (0,1)
noviembre 2015	Santa Clara (eje central del HRC)	0,01	0,01
	Santa María (eje central del HRC)	0,01	0,01
	Tres Bocas (eje central del HRC)	0,01	0,01
	Pichoy (río tributario del HRC)	0,01	0,01
	promedio		
diciembre 2016	Santa María (eje central del HRC)	0,01	0,01
	Santa María (eje central del HRC)	0,01	0,01
	Santa María (eje central del HRC)	0,01	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	0,01	*
	promedio		
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	0,03	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	0,03	*
	San Pedro (eje central del HRC)	0,03	*
	Santa María (eje central del HRC)	0,03	*
	promedio		
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	2,0	2,0
	río Santa María (río tributario del HRC)	2,0	2,0
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	2,0	2,0

**Tabla 4.2.7.2.9.** Concentraciones de Arsénico en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en negrilla corresponden al límite de detección y de cuantificación del método utilizado y en paréntesis la desviación estándar (dos lecturas para cada garza). \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de Arsénico.

campaña	sectores de captura	Arsénico ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		músculo	hígado
febrero 2015	Punucapa (eje central del HRC)	0,001	0,001
	Tres Bocas (eje central del HRC)	0,001	0,001
	Santa Clara (eje central del HRC)	0,001	0,001
	Punucapa (eje central del HRC)	0,001	0,001
noviembre 2015	Santa Clara (eje central del HRC)	0,001	0,001
	Santa María (eje central del HRC)	0,001	0,001
	Tres Bocas (eje central del HRC)	0,001	0,001
	Pichoy (río tributario del HRC)	0,001	0,001
diciembre 2016	Santa María (eje central del HRC)	0,001	0,001
	Santa María (eje central del HRC)	0,001	0,001
	Santa María (eje central del HRC)	0,001	0,001
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	0,001	0,001
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	0,001	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	0,001	*
	San Pedro (eje central del HRC)	0,001	*
	Santa María (eje central del HRC)	0,001	*
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	1,5	1,5
	río Santa María (río tributario del HRC)	1,5	1,5
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	1,5	1,5

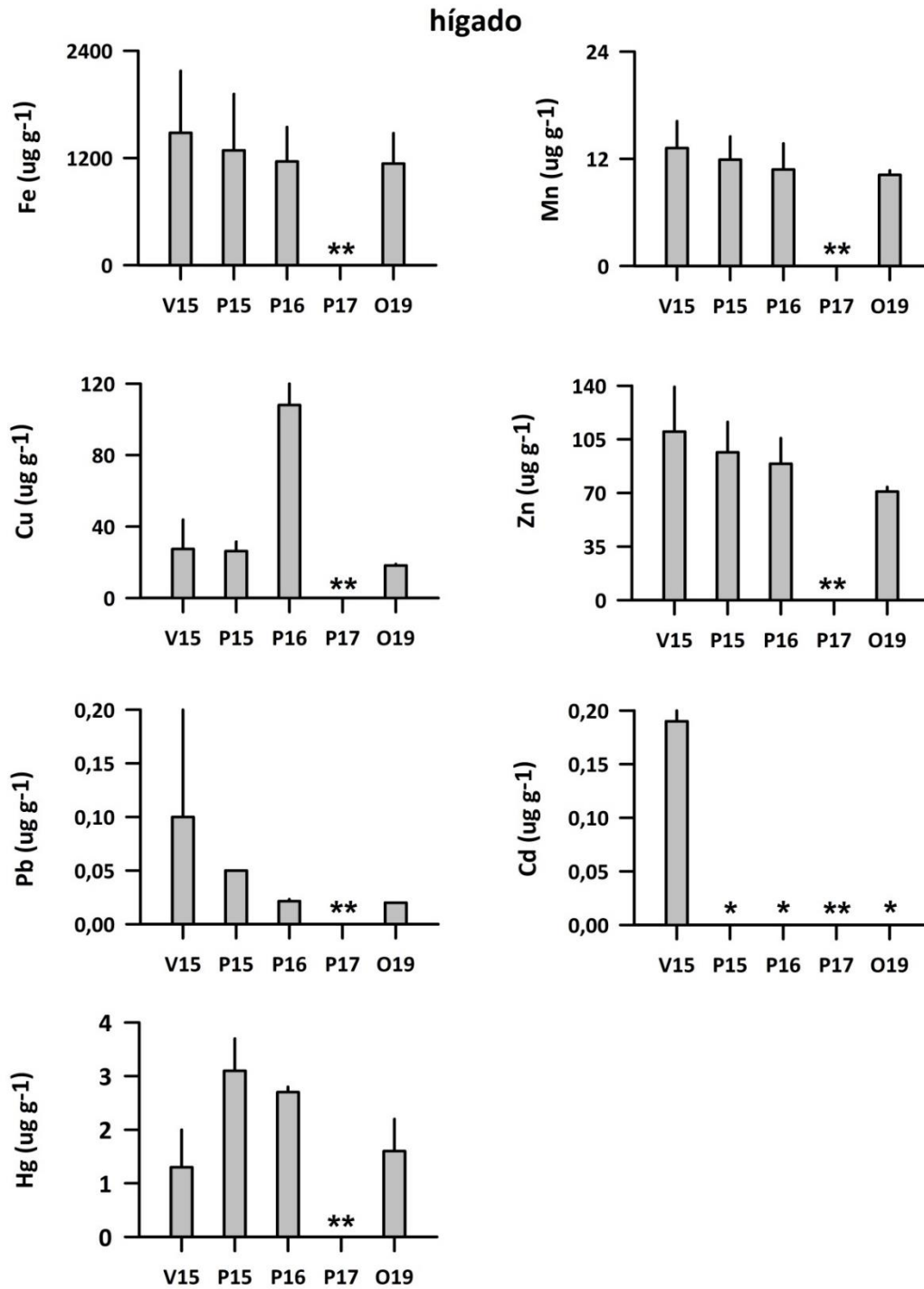
**Tabla 4.2.7.2.10.** Concentraciones de Mercurio en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas para cada garza). \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de Mercurio.

campaña	sectores de captura	Mercurio ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		músculo	hígado
febrero 2015	Punucapa (eje central del HRC)	1,3 (0,0)	2,1
	Tres Bocas (eje central del HRC)	1,0 (0,0)	1,5
	Santa Clara (eje central del HRC)	0,8 (0,0)	0,7
	Punucapa (eje central del HRC)	1,3 (0,1)	0,7
	promedio	1,1 (0,2)	1,3 (0,7)
noviembre 2015	Santa Clara (eje central del HRC)	1,9 (0,2)	3,4 (0,0)
	Santa María (eje central del HRC)	1,5 (0,0)	2,8 (0,0)
	Tres Bocas (eje central del HRC)	1,4 (0,0)	3,6 (0,0)
	Pichoy (río tributario del HRC)	1,7 (0,0)	2,4 (0,0)
	promedio	1,6 (0,2)	3,1 (0,6)
diciembre 2016	Santa María (eje central del HRC)	1,9 (0,2)	2,6
	Santa María (eje central del HRC)	0,6 (0,0)	2,7
	Santa María (eje central del HRC)	1,8 (0,1)	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	1,5 (0,1)	*
	promedio	1,5 (0,6)	2,7 (0,1)
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	2,6 (0,1)	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	3,3	*
	San Pedro (eje central del HRC)	1,9	*
	Santa María (eje central del HRC)	1,7	*
	promedio	2,4 (0,7)	
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	1,1 (0,1)	1,5
	río Santa María (río tributario del HRC)	0,5	1,0
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	1,5 (0,0)	2,2
	promedio	1,0 (0,5)	1,6 (0,6)



**Figura 4.2.7.2.1.** Concentraciones de metales pesados en tejidos musculares de *Ardea alba*, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores son promedios con una desviación estándar. \* = bajo el límite de detección del método utilizado. V=verano, P=primavera y O=otoño.





**Figura 4.2.7.2.2.** Concentraciones de metales pesados en tejidos hepáticos de *Ardea alba*, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores son promedios con una desviación estándar. \* = bajo el límite de detección del método utilizado. \*\* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de metales pesados. V=verano, P=primavera y O=otoño.

Las concentraciones de Hierro, Cobre, Plomo, Zinc y Mercurio detectadas en tejidos musculares de Garza blanca grande, presentaron diferencias significativas entre años ( $p < 0,05$ ) (Tabla 4.2.7.2.11).

Las concentraciones de Hierro, fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante el verano del año 2015 y primavera del año 2016 y las de Cobre durante el otoño del año 2019. El Zinc y el Plomo, presentaron concentraciones significativamente más altas, durante la primavera y verano del año 2015 ( $p < 0,05$ ), a la vez que las de Mercurio fueron más altas durante la primavera del año 2017 (Tabla 4.2.7.2.11).

Para el caso del tejido hepático, se detectaron tendencias interanuales significativas en las concentraciones de Cobre y Mercurio. El Cobre mostró concentraciones significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante la primavera del año 2016, a la vez que las concentraciones de Mercurio fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) durante los períodos primaverales de los años 2015 y 2016 (Tabla 4.2.7.2.12).

Es importante mencionar que, para las garzas capturadas durante la primavera del año 2017, solo se midieron concentraciones de metales pesados en tejido muscular, debido a que la cantidad de muestra de tejido hepático no fue suficiente para realizar los análisis.

**Tabla 4.2.7.2.11.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las concentraciones de metales pesados registrados en tejidos musculares de Garza blanca grande. El factor es Año (A) de muestreo (2015-2019). V=verano, P= primavera y O= otoño.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Hierro	Año (A)	4	19573,725	4893,431	2,863	<b>0,041</b>	V15 = P16 > P17
	Error	29	49571,650	1709,367			
	Total	33	69145,375				
Cobre (**)	Año (A)	4	96,129	24,032	6,213	<b>&lt;0,001</b>	O19 > P16 = V15
	Error	29	112,182	3,868			
	Total	33	208,311				
Zinc (**)	Año (A)	4	6621,937	1655,484	19,354	<b>&lt;0,001</b>	V15=P15>P16=P17=O1 9
	Error	29	2480,601	85,538			
	Total	33	9102,538				
Plomo (*)	Año (A)	4	1,379	0,345	5,192	<b>0,003</b>	V15 = P15 > O19
	Error	29	1,925	0,0664			
	Total	33	3,304				
Mercurio	Año (A)	4	5,930	1,482	8,553	<b>&lt;0,001</b>	P17>V15=P15=P16=O1 9
	Error	29	5,026	0,173			
	Total	33	10,956				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$ . (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA

**Tabla 4.2.7.2.12.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las concentraciones de metales pesados registrados en tejidos hepáticos de Garza blanca grande. El factor es Año (A) de muestreo (2015-2019). V=verano, P= primavera y O= otoño.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Hierro	Año (A)	3	249965,7	83321,89	0,257	0,855	
	Error	13	4217261,1	324404,69			
	Total	16	4467226,7				
Manganeso	Año (A)	3	18,011	6,004	1,019	0,416	
	Error	13	76,563	5,889			
	Total	16	94,575				
Cobre (*)	Año (A)	3	0,591	0,197	6,647	<b>0,006</b>	P16 > V15 = P15 = O19
	Error	13	0,385	0,0296			
	Total	16	0,976				
Zinc (**)	Año (A)	3	0,0594	0,0198	3,105	0,064	
	Error	13	0,0829	0,00637			
	Total	16	0,142				
Plomo (**)	Año (A)	3	0,0155	0,00518	0,878	0,478	
	Error	13	0,0767	0,00590			
	Total	16	0,922				
Mercurio	Año (A)	3	10,883	3,628	11,590	<b>&lt;0,001</b>	P15 = P16 > V15 = O19
	Error	13	4,069	0,313			
	Total	16	14,952				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$ . (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA.

### Ácidos grasos

La Tabla 4.2.7.2.13 y Figura 4.2.7.2.3 muestran las concentraciones de Ácidos grasos en tejidos musculares y hepáticos de *C. albus*. Para las garzas capturadas durante la primavera del año 2017, solo se midieron concentraciones de estos compuestos en tejido muscular (poco tejido).

**Tabla 4.2.7.2.13.** Concentraciones de Ácidos grasos en tejidos musculares y hepáticos de la Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas para cada garza). \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de Ácidos grasos.

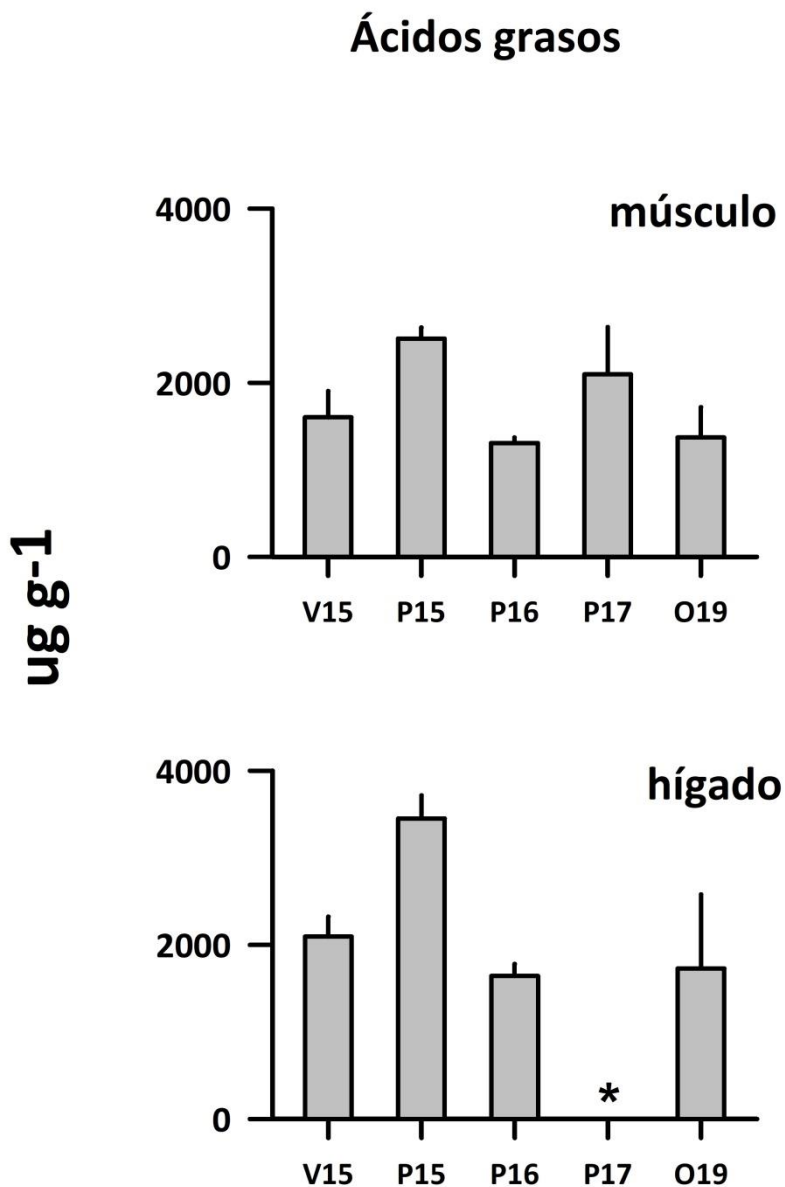
campaña	sectores de captura	Ácidos grasos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		músculo	hígado
febrero 2015	Punucapa (eje central del HRC)	1373,6 (564,7)	1870,1
	Tres Bocas (eje central del HRC)	1362,3 (122,9)	2123,3
	Santa Clara (eje central del HRC)	1673,5 (25,1)	1986,4
	Punucapa (eje central del HRC)	1999,6 (113,4)	2399,0
	promedio	1602,3 (301,6)	2094,7 (227,7)
noviembre 2015	Santa Clara (eje central del HRC)	2685,6 (39,9)	3468,7
	Santa María (eje central del HRC)	2386,8 (189,3)	3084,0
	Tres Bocas (eje central del HRC)	2482,6 (210,7)	3522,9
	Pichoy (río tributario del HRC)	2471,0 (115,1)	3723,4
	promedio	2506,5 (126,8)	3449,8 (267,3)
diciembre 2016	Santa María (eje central del HRC)	1262,5 (28,7)	1544,2
	Santa María (eje central del HRC)	1328,0 (20,7)	1740,8
	Santa María (eje central del HRC)	1388,0 (273,7)	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	1249,7 (60,9)	*
	promedio	1307,0 (64,0)	1642,5 (139,0)
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	2669,7	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	1726,9	*
	San Pedro (eje central del HRC)	1548,5	*
	Santa María (eje central del HRC)	2439,7	*
	promedio	2096,2 (542,6)	
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	1574,6 (186,8)	2499,0
	río Santa María (río tributario del HRC)	1567,7	1870,3
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	965,9 (116,6)	814,6
	promedio	1369,4 (349,5)	1728,0 (851,2)

Las concentraciones de Ácidos grasos detectadas en tejido muscular fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en garzas capturadas durante la primavera de los años 2015 y 2017 (Tabla 4.2.7.2.14) (cf. Fig. 4.2.7.2.3). Por otra parte, las concentraciones de Ácidos grasos en tejidos hepáticos fueron significativamente más altas en garzas capturadas durante la primavera del año 2015 (Tabla 4.2.7.2.14) (cf. Fig. 4.2.7.2.3).

**Tabla 4.2.7.2.14.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las concentraciones de Acidos grasos registrados en tejido muscular y hepático de Garza blanca grande. El factor es Año (A) de muestreo (2015-2019). V=verano, P= primavera y O= otoño.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Musculo (**)	Año (A)	4	7673742,8	1918435,7	20,966	<0,001	P15=P17>V14=P16=O19
	Error	28	2562035,6	91501,3			
	Total	32	10235778,3				
Hígado (**)	Año (A)	3	7259992,7	2419997,6	11,848	0,002	P15>V14=V16=O19
	Error	9	1838296,0	204255,1			
	Total	12	9098288,7				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar  $H_0$ ; (\*\*) = Cumple al menos uno de los supuestos de ANDEVA.



**Figura 4.2.7.2.3.** Concentraciones de Ácidos grasos en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores son promedios con una desviación estándar. \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de Ácidos grasos. V=verano, P=primavera y O=otoño.

### Ácidos resínicos

La Tabla 4.2.7.2.15 muestra que, en todas las muestras analizadas, no se detectaron Ácidos resínicos en los tejidos analizados mediante la técnica utilizada (ver Material y métodos).

**Tabla 4.2.7.2.15.** Resultados de análisis tendientes a evaluar presencia y concentración de Ácidos resínicos en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en negrilla corresponden al límite de detección del método utilizado. \* = cantidad de muestra insuficiente para evaluación de concentraciones de Ácidos resínicos.

campaña	sectores de captura	Ácidos resínicos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		músculo	hígado
febrero 2015	Punucapa (eje central del HRC)	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
	Tres Bocas (eje central del HRC)	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
	Santa Clara (eje central del HRC)	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
	Punucapa (eje central del HRC)	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
noviembre 2015	Santa Clara (eje central del HRC)	<b>0,01</b>	*
	Santa María (eje central del HRC)	<b>0,01</b>	*
	Tres Bocas (eje central del HRC)	<b>0,01</b>	*
	Pichoy (río tributario del HRC)	<b>0,01</b>	*
diciembre 2016	Santa María (eje central del HRC)	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
	Santa María (eje central del HRC)	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
	Santa María (eje central del HRC)	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	<b>0,007</b>	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	<b>0,007</b>	*
	San Pedro (eje central del HRC)	<b>0,007</b>	*
	Santa María (eje central del HRC)	<b>0,007</b>	*
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	<b>0,007</b>	*
	río Santa María (río tributario del HRC)	*	*
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	<b>0,007</b>	*



**AOX**

Las concentraciones de AOX medidas en tejido hepático fueron mayores a las medidas en tejido muscular de Garza blanca grande (Tabla 4.2.7.2.16 y Fig. 4.2.7.2.4).

**Tabla 4.2.7.2.16.** Concentraciones de AOX en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas para cada garza). \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de AOX.

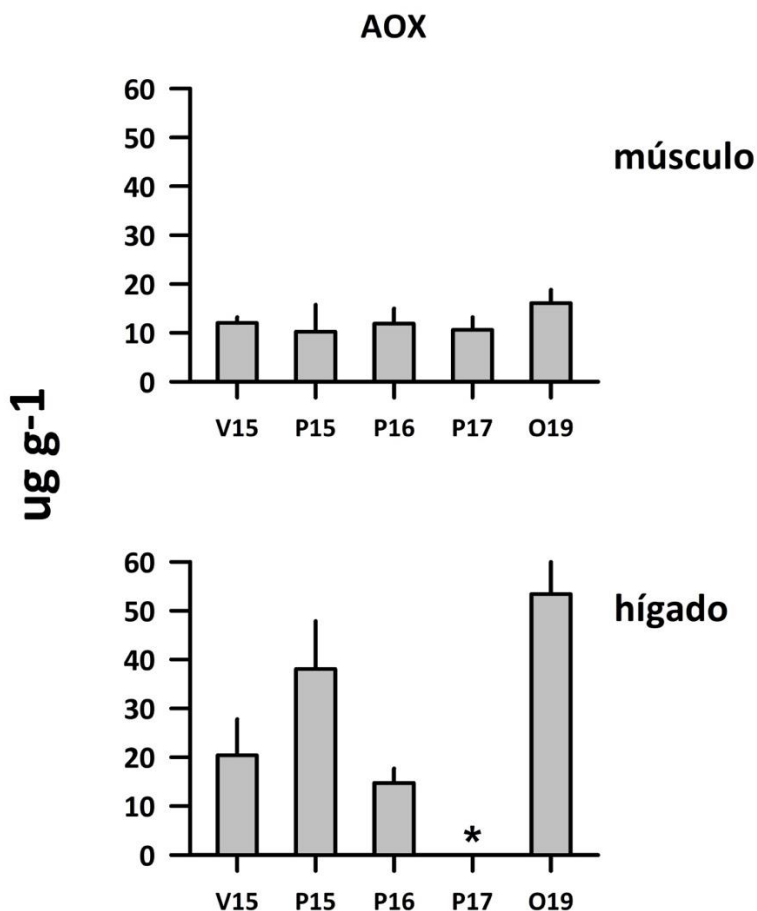
campaña	sectores de captura	AOX ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		músculo	hígado
febrero 2015	Punucapa (eje central del HRC)	11,8 (1,1)	26,1
	Tres Bocas (eje central del HRC)	10,7 (0,8)	18,6
	Santa Clara (eje central del HRC)	13,5 (3,4)	26,2
	Punucapa (eje central del HRC)	12,2 (1,7)	10,6
	promedio	12,0 (1,2)	20,4 (7,4)
noviembre 2015	Santa Clara (eje central del HRC)	8,9 (1,1)	32,3 (5,1)
	Santa María (eje central del HRC)	7,0 (0,8)	35,1 (5,1)
	Tres Bocas (eje central del HRC)	18,4 (3,4)	52,6 (0,0)
	Pichoy (río tributario del HRC)	6,7 (0,9)	32,2 (12,8)
	promedio	10,3 (5,5)	38,1 (9,8)
diciembre 2016	Santa María (eje central del HRC)	13,5 (0,8)	16,8
	Santa María (eje central del HRC)	15,4 (0,8)	12,6
	Santa María (eje central del HRC)	9,6 (0,6)	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	9,1 (0,4)	*
	promedio	11,9 (3,1)	14,7 (3,0)
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	7,1 (0,1)	*
	Fuerte San Luis (eje central del HRC)	9,9 (0,2)	*
	San Pedro (eje central del HRC)	13,0	*
	Santa María (eje central del HRC)	12,2 (0,5)	*
	promedio	10,6 (2,6)	
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	15,5	52,3
	río Santa María (río tributario del HRC)	13,7 (0,3)	46,6
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	19,0 (1,3)	61,2
	promedio	16,1 (2,7)	53,4 (7,4)

Las concentraciones de AOX encontradas en tejido muscular fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en garzas capturadas durante el otoño del año 2019 (Tabla 4.2.7.2.17) (cf. Fig. 4.2.7.2.4). A su vez, las concentraciones de AOX encontradas en tejido hepático, fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en garzas capturadas durante la primavera del año 2015 y el otoño del año 2019 (Tabla 4.2.7.2.17) (cf. Fig. 4.2.7.2.4). El año 2017 no se ingresó al análisis estadístico ya que la muestra de hígado no fue suficiente para detectar este compuesto.

**Tabla 4.2.7.2.17.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las concentraciones de AOX en tejido muscular y hepático de Garza blanca grande. El factor es Año (A) de muestreo (2015-2019). V=verano, P= primavera y O= otoño.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Musculo (*)	Año (A)	4	133,647	33,412	2,918	0,037	O19>P17=P15
	Error	31	354,900	11,448			
	Total	35	488,547				
Hígado	Año (A)	3	2739,293	913,098	12,915	<0,001	P15=O19>V15=P16
	Error	13	919,109	70,701			
	Total	16	3658,403				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*) = Datos transformados a  $\log_{10}$ .



**Figura 4.2.7.2.4.** Concentraciones de AOX en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande recolectadas durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores son promedios con una desviación estándar. \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de AOX. V=verano, P= primavera y O= otoño.

### Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos

Las Tablas 4.2.7.2.18 y 4.2.7.2.19 y la Figura 4.2.7.2.5 muestran las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs en tejidos musculares y hepáticos de la Garza blanca grande. Durante el año 2019 no se realizaron análisis de Dioxinas en tejido hepático, debido a que la cantidad de tejido recolectado fue insuficiente para este tipo de estudios.

**Tabla 4.2.7.2.18.** Concentraciones de Dioxinas, Furanos y ETQs en tejidos musculares de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas para cada garza). \* = una lectura solamente.

<b>campana</b>	<b>sectores de captura</b>	<b>Dioxinas (ng g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Furanos (ng g<sup>-1</sup>)</b>	<b>EQTs (ng g<sup>-1</sup>)</b>
febrero 2015	Santa Clara (eje central del río Cruces)	0,00275 (0,00007)	0,00235 (0,00035)	0,00144 (0,00003)
	Tres Bocas (eje central del río Cruces)	0,00505 (0,00078)	0,00460 (0,00056)	0,00199 (0,00034)
	Punucapa (eje central del río Cruces)	0,00155 (0,00007)	0,00110 (0,00028)	0,00080 (0,00011)
	Punucapa (eje central del río Cruces)	0,00060 (0,00014)	0,00105 (0,00007)	0,00041 (0,00000)
	promedio	0,00249 (0,00192)	0,00228 (0,00166)	0,00116 (0,00070)
noviembre 2015	Santa María (eje central del río Cruces)	0,01280 (0,01485)	0,00145 (0,00035)	0,00074 (0,00094)
	Santa Clara (eje central del río Cruces)	0,00950 (0,00127)	0,00085 (0,00049)	0,00112 (0,00080)
	Tres Bocas (eje central del río Cruces)	0,00190 (0,00071)	0,00155 (0,00092)	0,00062 (0,00033)
	río Pichoy (río tributario del HRC)	0,02085 (0,00559)	0,00240 (0,00014)	0,00268 (0,00030)
	promedio	0,01126 (0,00785)	0,00156 (0,00064)	0,00129 (0,00095)
diciembre 2016	Santa María (eje central del río Cruces)	0,00407 (0,00046)	0,00229 (0,00064)	0,00213 (0,00024)
	Santa María (eje central del río Cruces)	0,00207 (*)	0,00127 (*)	0,00036 (*)
	Santa María (eje central del río Cruces)	0,00193 (*)	0,00133 (*)	0,00109 (*)
	San Luis (eje central del río Cruces)	0,00474 (0,00005)	0,00165 (0,00082)	0,00169 (0,00010)
	promedio	0,00320 (0,00142)	0,00164 (0,00047)	0,00132 (0,00077)
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	0,00416 (0,00012)	0,00252 (0,00007)	0,00332 (0,00017)
	San Luis (eje central del río Cruces)	0,00431 (0,00098)	0,00128 (0,00087)	0,00282 (0,00001)
	San Pedro (eje central del río Cruces)	0,01635 (0,00071)	0,00142 (0,00039)	0,00343 (0,00019)
	Santa María (eje central del río Cruces)	0,00320 (0,00060)	0,00062 (0,00005)	0,00085 (0,00005)
	promedio	0,00701 (0,00625)	0,00146 (0,00079)	0,00261 (0,00120)
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	0,00505 (0,00049)	0,00147 (0,00060)	0,00209 (0,00024)
	río Santa María (río tributario del HRC)	0,00282 (*)	0,00089 (*)	0,00096 (*)
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	0,00335 (0,00046)	0,00237 (0,00064)	0,00119 (0,00017)
	promedio	0,00374 (0,00117)	0,00158 (0,00075)	0,00141 (0,00060)

**Tabla 4.2.7.2.19.** Concentraciones de Dioxinas, Furanos y ETQs en tejidos hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante diciembre 2016 y noviembre 2017. No fue posible realizar análisis similares durante el verano y primavera del año 2015 y otoño del año 2019, ya que la cantidad de tejido hepático recolectado fue insuficiente para este tipo de estudios. (\*) = una lectura solamente.

campana	sectores de captura	Dioxinas (ng g <sup>-1</sup> )	Furanos (ng g <sup>-1</sup> )	ETQs (ng g <sup>-1</sup> )
diciembre 2016	Santa María	0,00584 (*)	0,00140 (*)	0,00135 (*)
	Santa María y Fuerte San Luis	0,00557 (*)	0,00195 (*)	0,00183 (*)
	promedio	0,00571 (0,00019)	0,00167 (0,00039)	0,00159 (0,00034)
noviembre 2017	San Ramón y Santa María	0,03616 (*)	0,00461 (*)	0,00683 (*)
	Fuerte San Luís y San Pedro	0,00694 (*)	0,00230 (*)	0,00236 (*)
	promedio	0,02155 (0,02066)	0,00345 (0,00163)	0,00460 (0,00316)

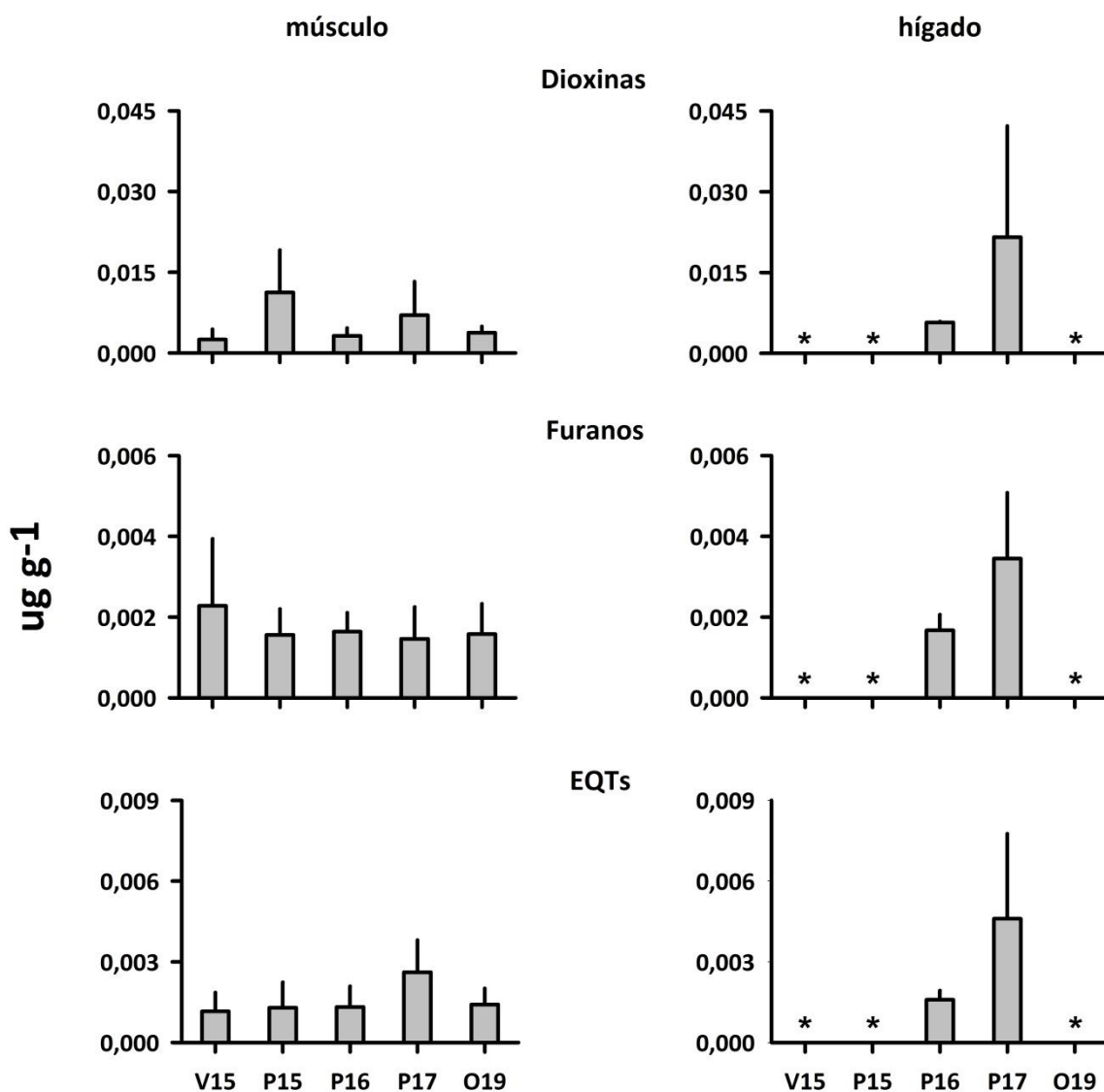
Las concentraciones de Dioxinas en tejido muscular de *A. alba* fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en garzas capturadas durante la primavera del año 2015 (Tabla 4.2.7.2.20) (cf. Fig. 4.2.7.2.5). No se detectaron diferencias interanuales significativas ( $p > 0,05$ ) en las concentraciones de Furanos, a la vez que las concentraciones de ETQs en tejido muscular fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en las garzas capturadas durante la primavera del año 2017 (Tabla 4.2.7.2.20) (cf. Fig. 4.2.7.2.5).

Las concentraciones de Dioxinas, Furanos y ETQs medidas en tejidos hepáticos de *A. alba* fueron más altas durante la primavera del año 2017 en comparación con la primavera del año 2016 (Fig. 4.2.7.2.5). Esto aun cuando los análisis de ANDEVA no detectaron diferencias significativas entre períodos ( $p > 0,05$ ). Durante el año 2019 no se realizaron análisis de Dioxinas en tejido hepático, debido a que la cantidad de tejido recolectado fue insuficiente para este tipo de estudios.

**Tabla 4.2.7.2.20.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs en tejido muscular de Garza blanca grande. El factor es Año (A) de muestreo (2015-2019). V=verano y P= primavera.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
Dioxinas	Año (A)	4	1,545	0,386	3,327	<b>0,023</b>	P15 > V14
	Error	30	3,483	0,116			
	Total	34	5,028				
Furanos	Año (A)	4	0,00000317	0,00000792	0,793	0,539	
	Error	30	0,0000300	0,00000999			
	Total	34	0,0000331				
EQTs	Año (A)	4	0,0000104	0,0000261	3,472	<b>0,019</b>	P17>V15=P15
	Error	30	0,0000226	0,00000752			
	Total	34	0,0000330				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho; (\*)=Datos transformados a log<sub>10</sub>.



**Figura 4.2.7.2.5.** Concentración de Dioxinas, Furanos y EQTs en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores son promedios con una desviación estándar. \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs. V=verano, P= primavera y O= otoño.

Las Tablas 4.2.7.2.21 y 4.2.7.2.22 y la Figura 4.2.7.2.6 muestran las concentraciones de Dioxinas 2.3.7.8-TCDD y 1.2.3.7.8-PeCDD en tejidos musculares y hepáticos de garzas.

Durante el año 2019 no se realizaron análisis de Dioxinas en tejido hepático, debido a que la cantidad de tejido recolectado fue insuficiente para este tipo de estudios.

**Tabla 4.2.7.2.21.** Concentraciones de Dioxinas 2.3.7.8-TCDD y 1.2.3.7.8-PeCDD en tejidos de músculo de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. los años 2015 (verano y primavera), 2016 (primavera), 2017 (primavera) y 2019 (otoño). Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas para cada garza). (\*) = una lectura solamente.

campana	sectores de captura	2.3.7.8-TCDD (ng g <sup>-1</sup> )	1.2.3.7.8-PeCDD (ng g <sup>-1</sup> )
febrero 2015	Santa Clara (eje central del río Cruces)	0,00040 (0,00000)	0,00080 (0,00000)
	Tres Bocas (eje central del río Cruces)	0,00050 (0,00028)	0,00105 (0,00007)
	Punucapa (eje central del río Cruces)	0,00015 (0,00007)	0,00055 (0,00007)
	Punucapa (eje central del río Cruces)	0,00015 (0,00007)	0,00015 (0,00007)
	promedio	0,00030 (0,00018)	0,00064 (0,00038)
noviembre 2015	Santa María (eje central del río Cruces)	0,00020 (0,00028)	0,00040 (0,00056)
	Santa Clara (eje central del río Cruces)	0,00040 (0,00000)	0,00050 (0,00070)
	Tres Bocas (eje central del río Cruces)	0,00020 (0,00000)	0,00020 (0,00028)
	río Pichoy (río tributario del HRC)	0,00075 (0,00007)	0,00145 (0,00021)
	promedio	0,00039 (0,00026)	0,00064 (0,00056)
diciembre 2016	Santa María (eje central del río Cruces)	0,00078 (0,00001)	0,00096 (0,00021)
	Santa María (eje central del río Cruces)	0,00005 (*)	0,00018 (*)
	Santa María (eje central del río Cruces)	0,00009 (*)	0,00077 (*)
	Fuerte San Luis (eje central del río Cruces)	0,00050 (0,00002)	0,00086 (0,00001)
	promedio	0,00036 (0,00035)	0,00069 (0,00035)
noviembre 2017	San Ramón (río tributario del HRC)	0,00123 (0,00004)	0,00146 (0,00090)
	San Luis (eje central del río Cruces)	0,00114 (0,00008)	0,00133 (0,00017)
	San Pedro (eje central del río Cruces)	0,00084 (0,00005)	0,00163 (0,00019)
	Santa María (eje central del río Cruces)	0,00023 (0,00001)	0,00045 (0,00003)
	promedio	0,00086 (0,00045)	0,00122 (0,00053)
marzo 2019	El Molino (eje central del río Cruces)	0,00111 (0,00011)	0,00071 (0,00008)
	río Santa María (río tributario del HRC)	0,00030 (*)	0,00049 (*)
	Cuyinhue (río tributario del HRC)	0,00034 (0,00002)	0,00056 (0,00022)
	promedio	0,00058 (0,00057)	0,00059 (0,00016)



**Tabla 4.2.7.2.22.** Concentraciones de Dioxinas 2.3.7.8-TCDD y 1.2.3.7.8-PeCDD en tejidos hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante los años 2016 (primavera) y primavera 2017 (primavera). Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas para cada garza). (\*) = una lectura solamente.

campana	sectores de captura	2.3.7.8-TCDD (ng g <sup>-1</sup> )	1.2.3.7.8-PCDD (ng g <sup>-1</sup> )
diciembre 2016	Santa María	0,00031 (*)	0,00073 (*)
	Santa María y Fuerte San Luis	0,00048 (*)	0,00088 (*)
	promedio	0,00040 (0,00012)	0,00081 (0,00011)
noviembre 2017	San Ramón y Santa María	0,00153 (*)	0,00300 (*)
	Fuerte San Luís y San Pedro	0,00064 (*)	0,00109 (*)
	promedio	0,00109 (0,00063)	0,00205 (0,00135)

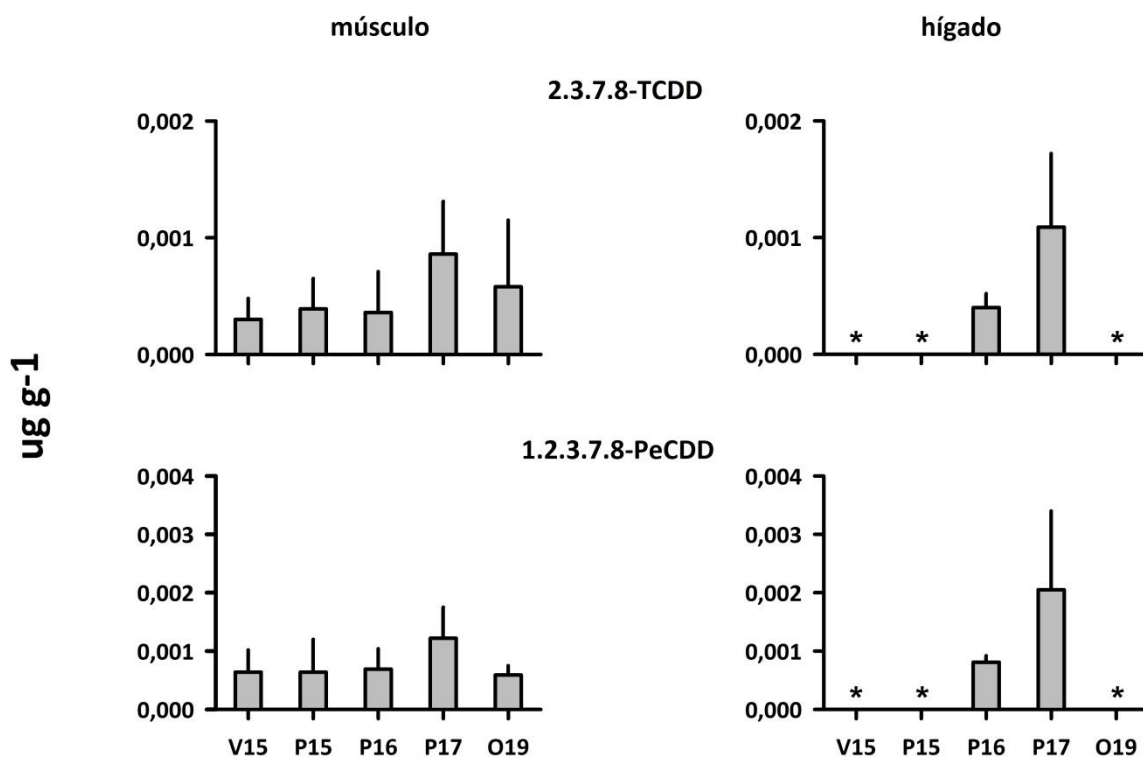
Los análisis de ANDEVA indican que las concentraciones de Dioxina 2.3.7.8-TCDD medida en tejido muscular de garzas capturadas durante la primavera del año 2017, fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ), que en garzas capturadas durante el verano del año 2015 (Tabla 4.2.7.2.23) (*cf.* Fig. 4.2.7.2.6). A su vez la Dioxina 1.2.3.7.8-PeCDD no presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) interanuales (Tabla 4.2.7.2.23) (*cf.* Fig. 4.2.7.2.6).

Durante la primavera del año 2017, se observó que las concentraciones de las Dioxinas 2.3.7.8-TCDD y 1.2.3.7.8-PeCDD fueron más altas en tejidos hepáticos que en tejido muscular (Fig. 4.2.7.2.6).

**Tabla 4.2.7.2.23.** Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las concentraciones de las Dioxinas 2.3.7.8-TCDD y 1.2.3.7.8-PeCDD en tejido muscular de Garza blanca grande. El factor es Año (A) de muestreo (2015 y 2017). V=verano, P= primavera y O= otoño

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor p	Prueba de Tukey
2.3.7.8-TCDD	Año (A)	4	0,00000156	0,00000391	3,608	<b>0,016</b>	P17 > V15
	Error	30	0,00000325	0,00000108			
	Total	34	0,00000482				
1.2.3.7.8-PeCDD	Año (A)	3	0,00000204	0,00000510	2,547	0,060	
	Error	31	0,00000601	0,00000200			
	Total	34	0,00000805				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho.



**Figura 4.2.7.2.6.** Concentraciones de las Dioxinas 2.3.7.8-TCDD y 1.2.3.7.8-PeCDD en tejidos musculares y hepáticos de Garza blanca grande, recolectados durante el período febrero 2015 - marzo 2019. Los valores son promedios con una desviación estándar. \* = cantidad de muestra insuficiente para lectura de concentraciones de estas Dioxinas. V=verano, P= primavera y O= otoño.

#### 4.2.7.2.5. Conclusiones más relevantes

- En general, las concentraciones de metales pesados en garzas fueron más elevadas en tejido hepático que en tejido muscular. Los metales con mayor concentración en estos tejidos fueron el Hierro, Cobre y Zinc y los metales con las concentraciones más bajas fueron el Plomo y el Mercurio. El Aluminio y el Arsénico no fueron detectados.
- Durante el período 2015 - 2019, no se detectaron Ácidos resínicos en las garzas examinadas.
- Las concentraciones de AOX medidas en tejido hepático fueron mayores a las medidas en tejido muscular de Garza blanca grande.
- Las concentraciones de Dioxinas en tejido muscular presentaron diferencias interanuales, siendo estas significativamente ( $p < 0,05$ ) más altas en garzas capturadas durante la primavera del año 2015. Las concentraciones de Furanos no mostraron variabilidad interanual significativa, a la vez que concentraciones de EQTs fueron más altas durante la primavera del año 2017. Las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs medidas en tejidos hepáticos de *C. albus* fueron significativamente más altas ( $p < 0,05$ ) en garzas examinadas durante la primavera del año 2017. No se han detectado tendencias al alza en las concentraciones de estos compuestos.
- Durante todo el período de estudio (2015 – 2019), se ha detectado la presencia de las Dioxinas 2.3.7.8- TCDD y 1.2.3.7.8-PeCDD, en tejidos musculares y hepáticos de la Garza blanca grande en el HRC. No se han detectado tendencias al alza en las concentraciones de estos compuestos.

### **4.2.7.3 Composición de la comunidad, condición corporal y eficacia biológica de la avifauna de las riberas**

#### **4.2.7.3.1 Antecedentes**

El Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC), es uno de los humedales australes más importantes para la conservación de la naturaleza debido principalmente a sus poblaciones de aves acuáticas (*e.g.*, Schlatter *et al.*, 2002). Por ello, parte del HRC está catalogado como Sitio Ramsar y también como Santuario de la Naturaleza en el marco de la legislación chilena, albergando una gran variedad de hábitats. La extensión del eje central del humedal a lo largo es de aproximadamente 25 kilómetros lineales, genera diferencias ecológicas notables produciendo una alta heterogeneidad de hábitat, lo que se asocia *a priori* con una elevada biodiversidad (Ward, 1998). En este contexto, las poblaciones de aves son un componente esencial de los humedales, debido a que se sitúan en el ápice de las cadenas tróficas siendo los principales consumidores, tanto herbívoros como carnívoros (*e.g.*, Navedo *et al.*, 2015).

A escala de paisaje se pueden reconocer cuatro grandes ambientes para las aves en el HRC: aguas libres, áreas pantanosas, zonas de vegetación palustre y bosque fluvial asociado. El humedal representa de hecho un área esencial para la conservación del mediático Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) (*e.g.*, Lagos *et al.*, 2008). Sin embargo, la presencia y abundancia poblacional de otras especies de aves principalmente asociadas a las riberas, menos icónicas, de hábitos más crípticos y/o con poblaciones más escasas asociadas al humedal son, en la mayoría de los casos, desconocidos hasta la fecha (*e.g.*, Victoriano *et al.*, 2006). Este déficit de conocimiento básico representa un impedimento esencial para poder evaluar los efectos de cualquier cambio estructural, ambiental y/o de usos del suelo sobre las comunidades de aves que habitan en las riberas del humedal.

En este Capítulo, se describen los resultados finales del seguimiento sistemático de la avifauna asociada a las riberas del humedal y que comenzara durante el primer año del

Programa Ambiental del HRC (abril 2015 – marzo 2016) y está enfocado en el estudio de (i) parámetros reproductivos de una especie modelo (Garza cuca *Ardea cocoi*), (ii) densidad y cambios poblacionales de otra especie modelo (Becasina *Gallinago magellanica*), y (iii) estructura de la comunidad, condición corporal individual de las aves y supervivencia aparente en las siguientes especies modelo: Siete colores *Tachuris rubigaster*, Cachudito *Anairetes parulus*, Trabajador *Phleocryptes melanops*, Fío-fío *Elaenia albiceps*, Chirihue *Sicalis luteola*, Trile *Agelasticus thilius* y Run-run *Hymenops perspicillata*). Todos los parámetros medidos en (i), (ii) y (iii) pueden ser utilizados como indicadores de calidad del hábitat del HRC.

Como se mencionó anteriormente, el presente Capítulo hace referencia a los resultados obtenidos sobre la avifauna asociada a las riberas del HRC y sus ríos tributarios, en el contexto del Programa de Monitoreo Ambiental considerando todos los muestreos realizados desde octubre de 2015 hasta diciembre de 2019.

#### **4.2.7.3.2 Objetivos**

- Obtener información básica de referencia sobre las comunidades de aves asociadas a las riberas del HRC, para poder evaluar eventuales futuros cambios estructurales y/o funcionales en el humedal.
- Desarrollar e implementar un sistema de indicadores y rangos de variación de los mismos, para la valoración de potenciales cambios estructurales y/o funcionales en el HRC en relación con diferentes grupos de aves de los ambientes predefinidos.

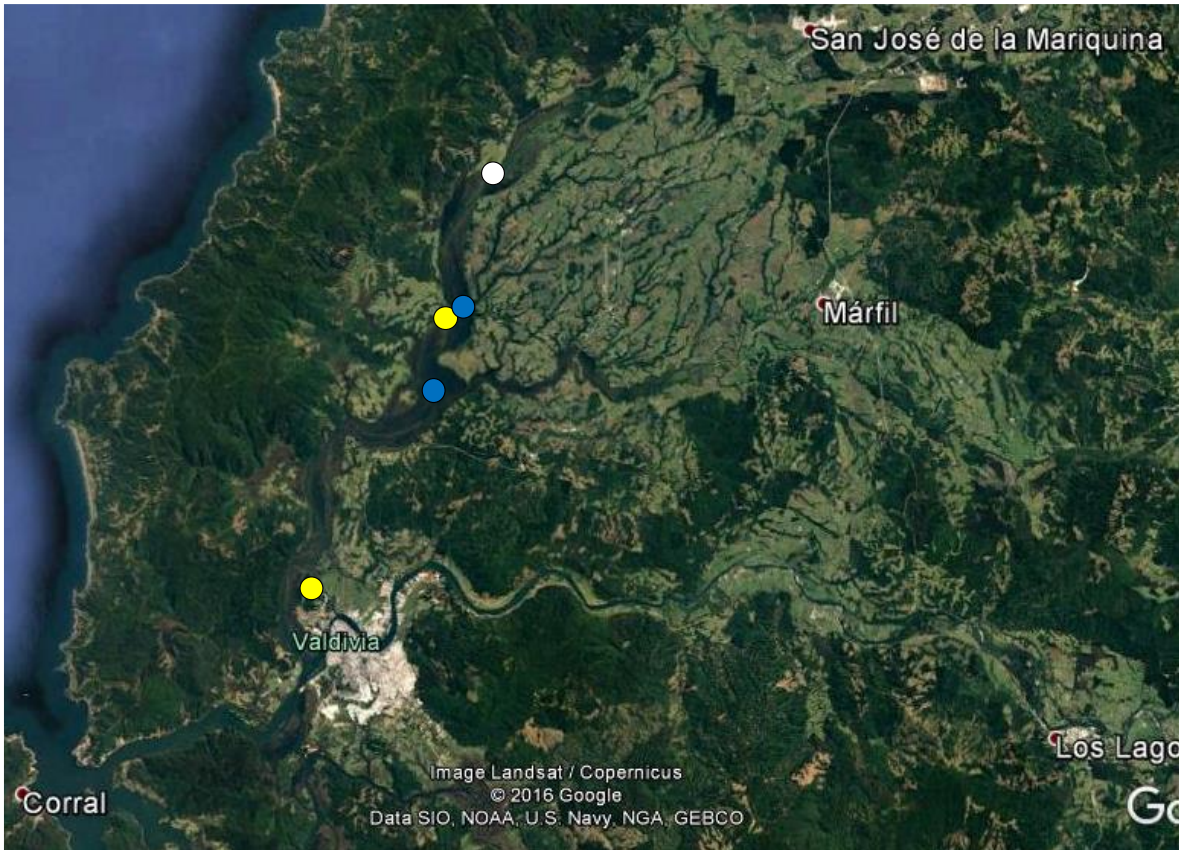
#### **4.2.7.3.3 Materiales y métodos**

Se han aplicado tres aproximaciones metodológicas para obtener información básica de referencia de los diferentes grupos taxonómicos que componen la comunidad de aves acuáticas *sensu lato*, aves zancudas, playeras y palustres asociadas a las riberas del humedal. Esta información biológica se integrará junto con otros componentes esenciales de la biodiversidad monitoreados en el marco del presente informe, y servirá para analizar

a posteriori la variabilidad estacional e interanual de diferentes parámetros asociados a la calidad del agua del humedal en cada una de las zonas y sectores seleccionados para este estudio.

Algunos de los índices propuestos se basan en parámetros que necesitan ser medidos de forma sistemática a largo plazo, idealmente en un período de, al menos, cuatro-cinco años. Las áreas donde se está llevando a cabo el monitoreo de cada uno de los distintos tipos de hábitats que se desglosan a continuación han sido seleccionadas en base a su tipología y localización espacial (Fig. 4.2.7.3.1).

Las especies objetivo se han seleccionado teniendo en cuenta la información disponible en otras zonas sobre algún taxón específico, así como las propias capturas realizadas hasta el momento. En este sentido, las especies que aparecen con mayor frecuencia y abundancia en las capturas, son utilizadas como especies modelo para garantizar una potencia suficiente de los análisis estadísticos que se realicen *a posteriori*.



**Figura 4.2.7.3.1.** Ubicación general de los sitios de muestreo seleccionados para realizar el monitoreo de la avifauna asociada a las riberas del Humedal río Cruces. Los puntos amarillos indican las áreas de captura de aves canoras (Orden Paseriformes) con redes de niebla; los puntos azules indican la ubicación de las colonias de garza cuca *Ardea cocoi* objeto del monitoreo; y el punto blanco el área de praderas inundables seleccionadas para el estudio de las becasinas *Gallinago magellanica*.

A continuación, se describen en detalle las características y diseños de muestreo para obtener la información asociada al monitoreo de las especies modelo seleccionadas en cada uno de los tres hábitats considerados.

- **Bosque inundado (Hualve)**

Se llevó a cabo el monitoreo reproductivo de la garza cuca *Ardea cocoi*, como modelo para evaluar la calidad del humedal para las especies de aves ictiófagas con nidificación colonial (Garza grande *Ardea alba* y Garza chica *Egretta thula*).

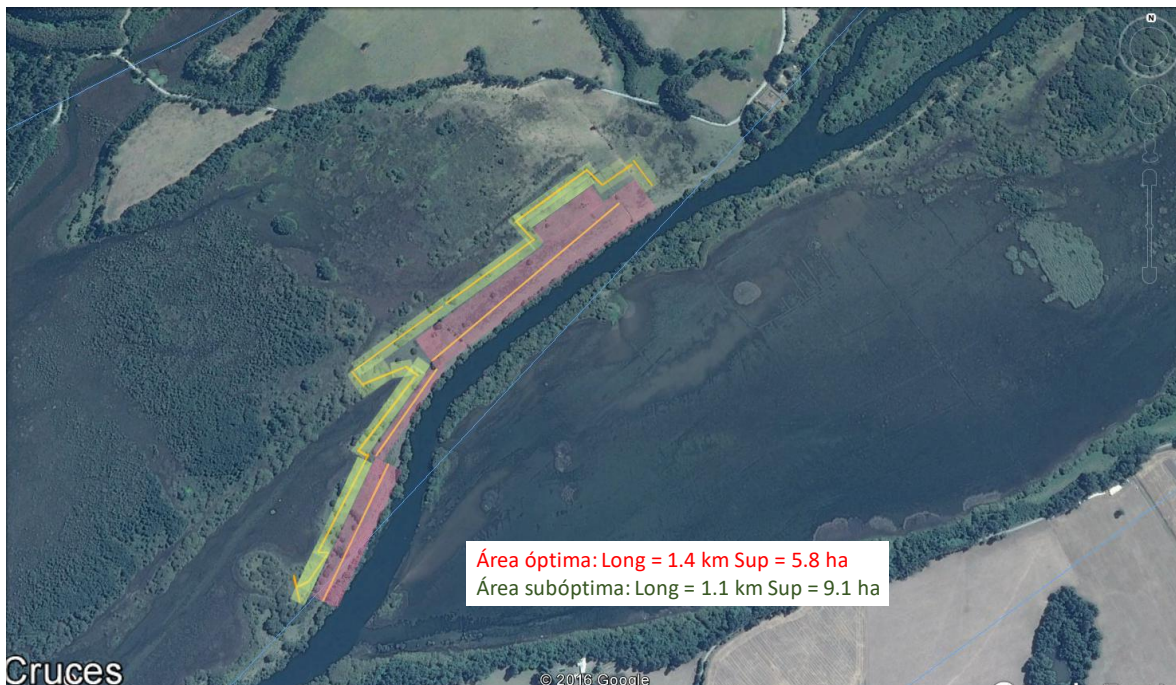
Tras realizar pruebas preliminares en octubre y noviembre del año 2015 con una cámara Go-pro para tratar de registrar el contenido de los nidos en las garceras seleccionadas, se descartó el uso de esta metodología por su elevada relación entre esfuerzo empleado ( $\text{horas} \cdot \text{persona}^{-1}$ ) y resultado ( $\text{n}^\circ \text{ de nidos muestreados} \cdot \text{hora}^{-1}$ ) para medir el éxito reproductor, al menos en estas colonias de bosques inundados. Alternativamente, y tras realizar las primeras pruebas en diciembre del año 2015, se diseñó y desarrolló un monitoreo mensual durante el período reproductivo de la especie modelo sobrevolando los nidos con un Dron tipo Hexacopter. El protocolo metodológico empleado resultó muy eficaz para evaluar el contenido de los nidos sin incidir en el comportamiento normal de los adultos (para más detalles ver Anexo correspondiente).

La colonia localizada más al sur del área de estudio se encuentra ubicada en árboles de escasa altura y con los nidos situados a un nivel relativamente bajo, en comparación con la colonia localizada más al norte, cuyos árboles son de elevado porte lo que permite a las garzas ubicar sus nidos a una altura considerable sobre el espejo de agua (*circa* 10 m). Durante las tres temporadas reproductivas que se reportan en este informe final se realizaron tres prospecciones por temporada en cada una de las dos colonias reproductivas seleccionadas (Fig. 4.2.7.3.1), identificándose *a posteriori* nidos activos mediante el análisis de los videos registrados. Se consideró un nido activo aquel donde se observa un individuo incubando. Para cada nido identificado se registró su contenido de forma cuantitativa, utilizándose la siguiente clasificación:  $\text{n}^\circ$  huevos,  $\text{n}^\circ$  pollos pequeños (hasta 4 semanas) y  $\text{n}^\circ$  pollos grandes (más de 4 semanas) (*sensu* Marion, 1979), que se pueden considerar ya pollos volanderos. De esta forma, se calculó *a posteriori* el éxito reproductivo ( $\text{n}^\circ$  pollos volanderos por pareja con éxito) y la productividad general ( $\text{n}^\circ$  pollos volanderos por pareja que inició la reproducción) de cada colonia.



- **Praderas inundables**

Se realizaron recorridos mensuales a pie por el área de muestreo para monitorear las densidades de la becasina común *Gallinago magellanica* (Miller *et al.*, 2020), seleccionada como especie modelo para evaluar la calidad del HRC para las aves que habitan las praderas inundables de las riberas del humedal. Se ha seleccionado una sola zona debido a la escasa disponibilidad relativa de este hábitat en el HRC. Se diseñó un sistema de transectos lineales con una longitud total de 2,490 metros, para cubrir la superficie del hábitat potencial, estimado en aproximadamente 15 hectáreas y dividido en dos sectores con diferentes características en términos de humedad general del sustrato (Fig. 4.2.7.3.2). El método utilizado es el denominado **Itinerario de Intercepción** (ver Tellería, 1986): *i.e.*, a lo largo de un transecto lineal de una longitud predeterminada (L) se estima la distancia (r) a la que un individuo objeto de muestreo (en este caso, becasinas) abandona su posición estática, debido al paso del observador. Para cada individuo detectado (i), esta distancia de huida o distancia de detección ( $r_i$ ) permite estimar la densidad (D) (ver Tellería, 1986), según:  $D = (1 / 2L) * \sum (1 / r_i)$ .



**Figura 4.2.7.3.2.** Transectos y superficies de hábitat potencial para becasina común *Gallinago magellanica*, en las dos zonas predefinidas *a priori* según características de humedad del sustrato.

- **Vegetación palustre (pajonales)**

Para obtener información básica de referencia sobre las comunidades de aves palustres asociadas a estos humedales y poder realizar aproximaciones comparativas, se realizaron muestreos sistematizados con redes de niebla. Aunque los conteos directos mediante diferentes aproximaciones metodológicas pueden aportar una descripción general sobre la composición de las comunidades de aves (*e.g.*, Silva *et al.*, 2016), para poder evaluar abundancias relativas en áreas cerradas, como es la vegetación palustre en la orla de los humedales, la captura con redes de niebla es el método más recomendable (Arizaga *et al.*, 2011).

Los muestreos mensuales sistematizados y con esfuerzo constante (uso de redes de niebla, con un total de 108 m, extendidas desde el amanecer durante 5 horas consecutivas) comenzaron durante noviembre del año 2015 en las dos áreas seleccionadas como zonas testigo: Teja Norte (TN) y Santa María (SM) (Fig. 4.2.7.3.1). Ambas zonas están constituidas por pajonales y/o hábitats de etapa emergida formada principalmente por pantano de cortadera (*Loto-Cyperetum eragrostidae*) (San Martín *et al.*, 1993). No obstante, la diversidad a escala de microhábitat es mayor en el área de captura de SM, siendo TN un hábitat de pajonal con gran potencia y, por tanto, mucho más homogéneo.

La mayoría de los individuos capturados fueron marcados mediante anillos metálicos (Resoluciones Exentas SAG 8632/2015, SAG 7219/2016; y posteriores renovaciones anuales); se exceptúa al Picaflor chico *Sephanoides sephanoides* para el que no había anillos *ad hoc* disponibles (a partir de octubre de 2018 se comenzaron a anillar; McFadden *et al.*, 2019). Se obtuvo una muestra de sangre de algunos ejemplares de las especies modelo. La muestra se obtuvo desde la vena braquial; luego de obtenida, la muestra fue centrifugada durante 10 minutos a 10,000 rpm para separar el plasma de las células. Este plasma se mantuvo refrigerado hasta ser analizado en el Laboratorio de Patología Clínica Veterinaria de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Austral de Chile.

Para todos los individuos capturados se registraron sus medidas biométricas y, en la medida de lo posible y en base a la coloración del plumaje y estado de la muda, su clase de edad (juvenil o adulto). Para las especies con dimorfismo sexual aparente se registró además el sexo de los individuos. Adicionalmente, se extrajo una muestra de sangre (alícuota: máximo 0.3 ml) de aquellas especies modelo que por su tamaño lo permiten, esencialmente Trile, Chirihue y Run-run. Con esta información se estimaron las variables que a continuación se indican y se han realizado comparaciones entre sectores incluyendo cuatro temporadas completas: abundancia específica relativa ( $n^{\circ}$  capturas·jornada<sup>-1</sup>), condición corporal aparente (Índice Escalado de Masa Corporal; Peig & Green, 2010), concentración de metabolitos plasmáticos ( $\beta$ -OH Butirato, Triglicéridos y Fructosamina) (*e.g.*, Lyons *et al.*, 2008) y estimación de la supervivencia adulta aparente ( $\phi$  = método de captura-marcaje-recaptura; Thomson *et al.*, 2009).

#### 4.2.7.3.4 Resultados

##### • Bosque inundado

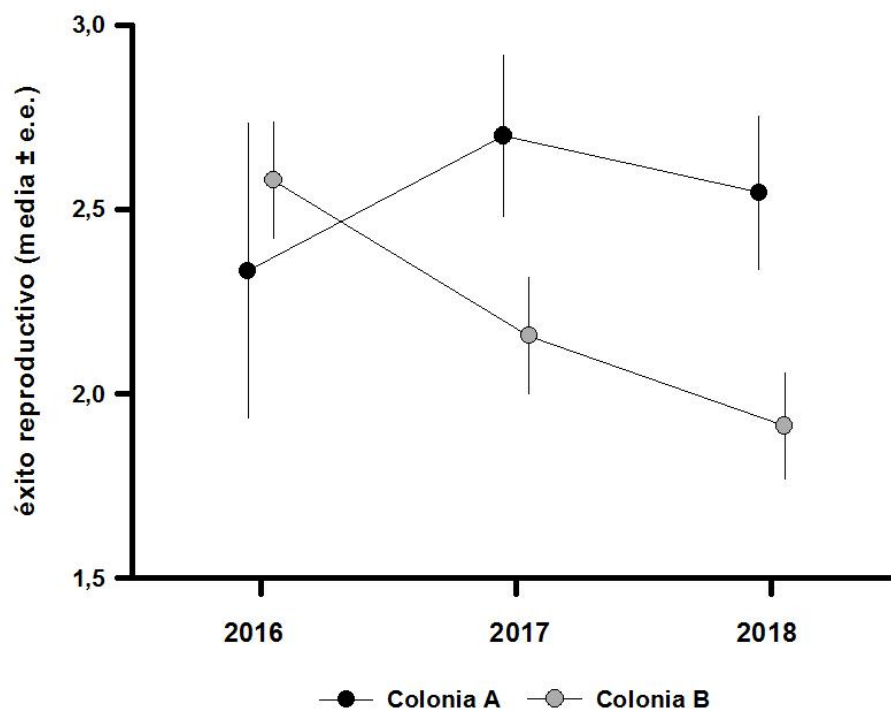
Durante las temporadas de cría del año 2016, 2017 y 2018, se monitorearon con alta precisión un total de 120 nidos de Garza cuca, distribuidos en dos colonias (A y B) ubicadas en el entorno de Santa María (Fig. 4.2.7.3.1). La puesta modal de la especie fue de 3 huevos, con un máximo de 5, siendo muy similar en ambas colonias e idéntica a la reportada en un estudio de esta especie en Argentina (Pretelli *et al.*, 2012).

En la colonia B (la más grande) se monitoreó el éxito reproductivo de un total de 84 nidos acumulados a lo largo de las tres temporadas, cuyas parejas produjeron un total de 125 pollos volanderos. Casi dos terceras partes de los nidos controlados tuvieron éxito (*i.e.*, al menos un pollo volandero). Por su parte, de los 36 nidos monitoreados en la colonia A (la más pequeña) 25 nidos tuvieron éxito, produciendo un total de 62 pollos volanderos (detalles en Tabla 4.2.7.3.1).

**Tabla 4.2.7.3.1** Parámetros reproductivos (promedio  $\pm$  DT) medidos en las temporadas de cría 2016, 2017 y 2018 en dos colonias de garza cuca *Ardea cocoi* en el HRC.

Colonia	nidos activos	nidos exitosos	puesta modal	% eclosión	éxito reproductor	productividad
<b>A</b>	36	25	3	83 $\pm$ 18	2.6 $\pm$ 0.7	1.6
<b>B</b>	84	61	3	74 $\pm$ 20	2.2 $\pm$ 0.7	1.5

El éxito reproductor de la Garza cuca en el HRC (promedio 2.3  $\pm$  0.7 pollos volantones por nido exitoso) fue similar entre temporadas (Kruskal-Wallis  $H_{2,85} = 4.73$ ;  $p = 0.09$ ). Sin embargo, fue mayor en la colonia más pequeña con diferencias marginalmente significativas (U Mann-Whitney  $Z = 1.98$ ;  $p = 0.05$ ), siendo estas diferencias más notables en las dos últimas temporadas (Fig. 4.2.7.3.3).



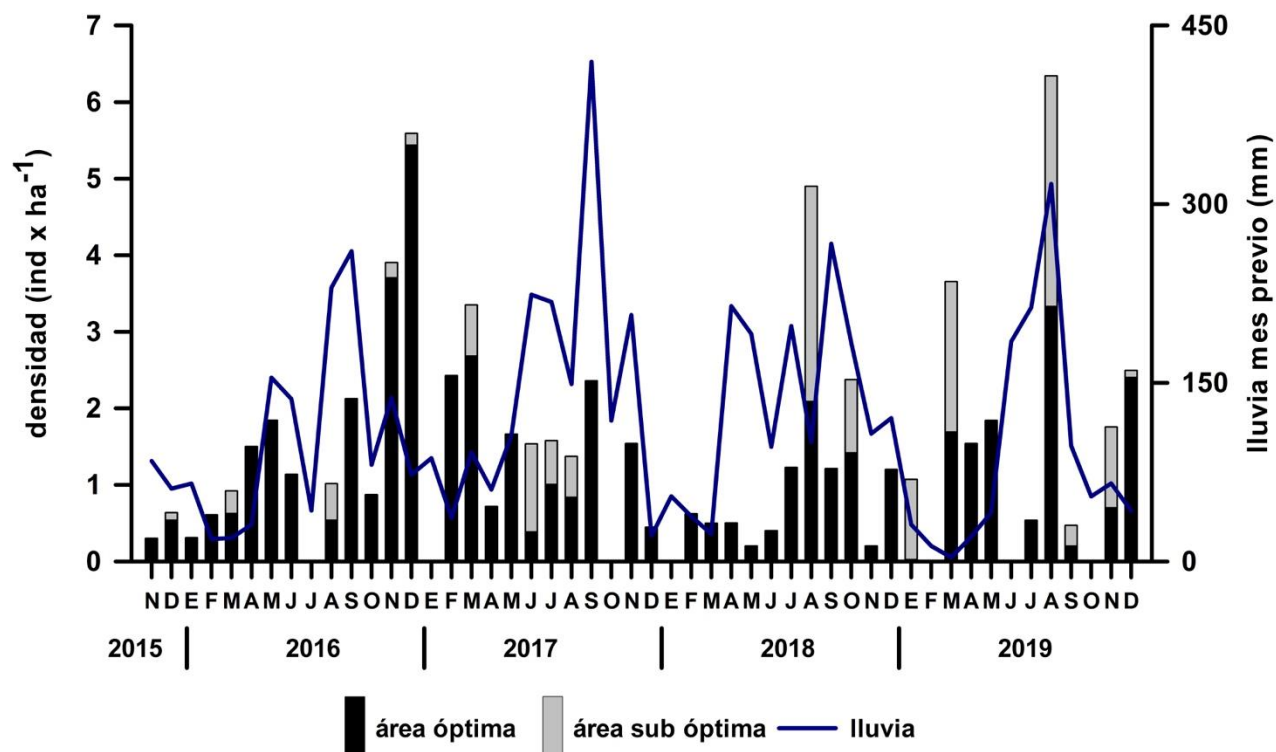
**Figura 4.2.7.3.3.** Número de pollos volantones producidos en cada una de las dos colonias estudiadas a lo largo de tres temporadas, por cada pareja de Garza cuca que fue exitosa en la reproducción (*i.e.* al menos produjo un pollo volantón; ver texto para detalles específicos).

En general las garzas produjeron en promedio 1.6 pollos volantones por cada pareja que inició la reproducción. Esta productividad es prácticamente igual a la registrada en una colonia estudiada en Chile central (1.7) (González-Acuña *et al.*, 2008), y mucho mayor que la reportada para una colonia en Argentina (0.6), cuyas causas principales de fracaso estuvieron relacionadas en ese caso con la escasez de alimento (Pretelli *et al.*, 2012).

- **Praderas inundables (\*)**

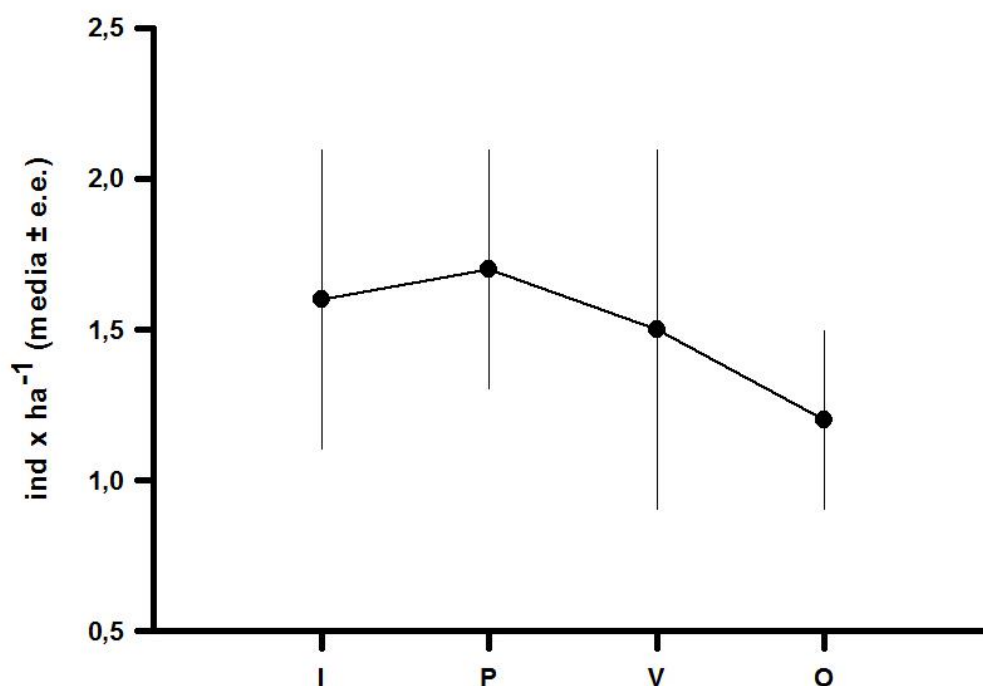
Durante el período noviembre 2015-diciembre 2019, se realizaron muestreos mensuales (n=41) en el área seleccionada. No se pudieron realizar algunos muestreos por impedimentos logísticos. Se produjeron un total de 255 intercepciones de Becasina común, detectándose hasta 294 ejemplares. La gran mayoría de las intercepciones fueron individuales (80%), localizándose una única vez un bando mayor de 4 becasinas (14 ejemplares el 18 de mayo 2016). La distancia promedio de detección ( $\pm$ EE) fue  $13.9 \pm 0.6$  metros, siendo similar entre estaciones y entre años (ANOVA;  $P > 0.45$  en todos los casos).

La densidad promedio ( $\pm$ EE) estimada a lo largo del estudio fue de  $1.6 \pm 0.2$  (rango: 0.2 – 6.3) becasinas·ha<sup>-1</sup>. Casi todas las intercepciones se produjeron en el sector predefinido con una mayor humedad general del sustrato (Fig. 4.2.7.2.4), siendo  $1.3 \pm 0.2$  becasinas·ha<sup>-1</sup> la densidad en esta zona de hábitat más óptimo. Estas densidades son más de un orden de magnitud superior al promedio registrado durante el período invernal para otra especie de becasina *G. delicata*, en la zona baja del río Mississippi (USA) (8.0 ind·km<sup>-2</sup> (4.6 – 14.2) en el año 2009 y 2.1 ind·km<sup>-2</sup> (1.5 – 3.1) en el año 2010; Carroll & Krementz, 2014).



**Figura 4.2.7.3.4.** Densidad mensual estimada de becasinas en el área óptima y sub óptima predefinidas en la zona monitoreada durante los muestreos realizados en el período noviembre 2015 – diciembre 2019 (ver texto para detalles específicos), en relación a la precipitación acumulada durante el mes previo al conteo.

Los datos obtenidos durante cuatro temporadas completas muestran marcadas oscilaciones mensuales sin un claro patrón fenológico (Fig. 4.2.7.3.4), y una gran variabilidad interanual. Sin embargo, cuando se agrupan los datos por estaciones la densidad resulta muy similar (Kruskal-Wallis  $H_{3,43} = 0.40$ ;  $p = 0.93$ ) (Fig. 4.2.7.3.5). Las condiciones generales del hábitat inferidas en base a la precipitación en el mes del conteo, así como la acumulada durante uno, dos y tres meses previos no tuvieron una relación estadísticamente significativa con la densidad estimada de becasinas (Spearman;  $P > 0.34$  en todos los casos), a diferencia de lo que ocurre en otras zonas con una especie afín (*e.g.*, Cline & Haig, 2011).



**Figura 4.2.7.3.5.** Densidad estacional de becasinas en la zona monitoreada durante los muestreos realizados en el período noviembre 2015 – diciembre 2019 (ver texto para detalles específicos).

Estas oscilaciones mensuales podrían entonces indicar que la zona alberga individuos migrantes, que es un área de reproducción y/o que puede ser utilizada de forma temporal por individuos de zonas aledañas. En este sentido un estudio realizado con una especie similar de becasina *G. delicata* en USA, muestra que los individuos de esta especie realizan movimientos estacionales importantes variando su 'rango de hogar' entre 1 y 7.5 km<sup>2</sup> (Cline & Haig, 2011).

Las becasinas que habitan el centro y sur de Chile, recientemente reconocida como especie *G. magellanica* separándola de *G. paraguiae* (Miller *et al.*, 2020) se reproducen durante la primavera austral, como lo muestra la localización de la mayoría de los huevos entre agosto y noviembre (Van Gils *et al.*, 2020). En el norte de Argentina y Uruguay se registran además llegadas de individuos procedentes de Tierra del Fuego durante el período

abril-julio (Van Gils *et al.*, 2020). Cabe destacar que se han encontrado varios nidos activos durante los recorridos (J. Ruiz *obs pers*), lo que confirma la reproducción de esta especie en el área de estudio. En este sentido y según las densidades estimadas en la época de reproducción (sep-nov), la abundancia promedio en la zona sería de 25 becasinas (rango 3-58), por lo que serían varias las parejas que se estarían reproduciendo en este sector, con grandes variaciones interanuales. Por su parte, la zona podría albergar durante algunos inviernos individuos migratorios procedentes de zonas más australes (Van Gils *et al.*, 2020), aspecto que debería ser estudiado en el futuro.

De cualquier modo, la gran variabilidad interanual de la densidad sugiere que el área monitoreada varía en sus condiciones generales, y que en determinados períodos es capaz de albergar una población notable de becasinas que, probablemente, utilicen otras zonas similares en el HRC. En este sentido según la estimación de densidad obtenida, la mayor abundancia en el sector monitoreado (*circa* 15 ha) podría ascender a cerca de 95 becasinas.

*(\*) A fecha de entrega del informe final se ha completado un manuscrito científico sobre las variaciones en las abundancias relativas de becasinas en el área monitoreada que será sometido a una revista de corriente principal (Web of Science) en el mes de mayo 2020.*

- **Vegetación palustre (pajonales)**

Durante cuatro ciclos anuales completos (noviembre 2015-diciembre 2019) se han registrado 1609 capturas, 1506 de ellas correspondientes a 1278 ejemplares de 22 especies del Orden Passeriformes (Tabla 4.2.7.3.2). No se han tenido en cuenta para los subsiguientes análisis 54 controles, esto es, aves capturadas dos veces durante una misma jornada de anillamiento, además de 44 capturas de Picaflor chico, 3 de Chunchu *Glaucidium nanum* y 2 de Huairavillo *Ixobrychus involucris*. El promedio ( $\pm$ EE) de capturas por unidad de esfuerzo fue básicamente el mismo en ambas zonas ( $3.1 \pm 0.3$  aves $\cdot$ h $^{-1}$ ), siendo la especie más abundante el Siete colores, aunque su contribución a la abundancia total fue mucho mayor en TN (68%) que en SM (27%). Las siguientes especies fueron capturadas en ambas



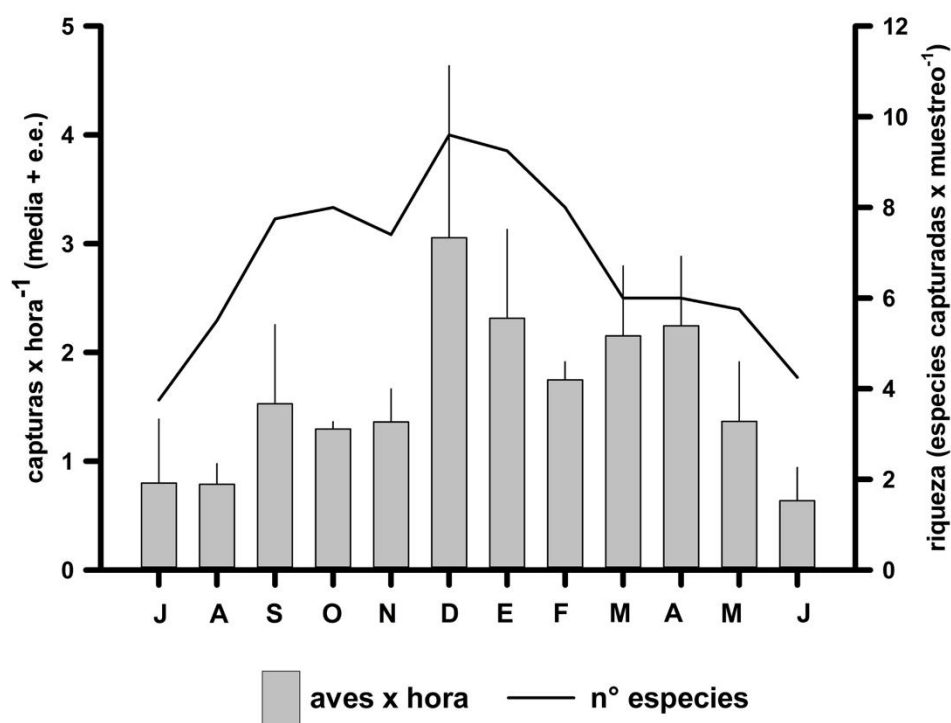
zonas con regularidad y abundancia suficiente para poder realizar comparaciones entre ambos sectores muestreados: Siete colores (N=770), Fío-fío (N=147), Cachudito (N=145) y Trabajador (N=86). Las especies capturadas incluyen dos migratorias (*E. albiceps* y *H. perspicillata*), así como otras que disminuyen drásticamente en número durante el invierno y que requiere seguir muestreando para poder dilucidar si realizan movimientos periódicos anuales (e.g., *S. luteola*).

**Tabla 4.2.7.3.2.** Capturas de aves en cada uno de los sectores seleccionados de vegetación palustre durante los muestreos realizados en el período noviembre 2015 – diciembre 2019 (ver texto para detalles específicos). \* no considerada en los cálculos de riqueza de especies y diversidad.

<b>Especies</b>	<b>Santa María</b>	<b>Teja Norte</b>
Cachudito	91	54
Chercán	52	3
Chercán de las Vegas	11	15
Chincol	1	
Chirihue	84	2
Churrín de la Mocha		4
Chuncho *	1	2
Churrín del Sur	2	3
Colilarga	24	25
Comesebos	1	
Diucón	2	1
Fío-fío	99	48
Huairavillo *		2
Jilguero	47	1
Mirlo	1	2
Picaflor *	35	9
Rayadito	3	11
Run-run	15	5
Sietecolores	192	578
Tijeral	1	4
Tordo	1	
Trabajador	13	60
Trile	18	20
Viudita	2	4
Zorzal austral	6	
<b>Total general</b>	<b>702</b>	<b>853</b>

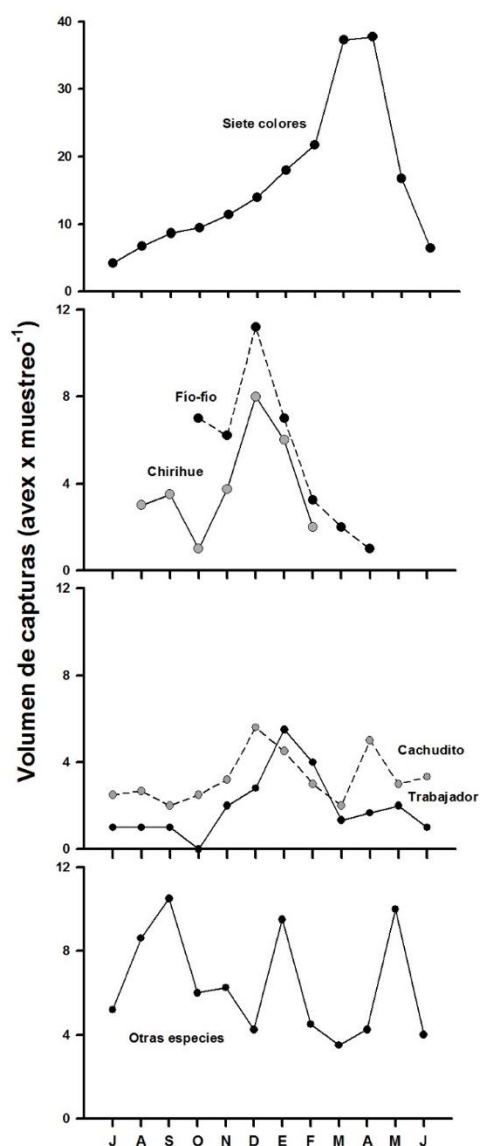
**Composición, estacionalidad y diversidad de la comunidad de aves en los pajonales**

Los pajonales y etapas sucesionales de vegetación palustre presentes en las riberas del HRC, albergan al menos 22 especies de aves Passeriformes. Diez de ellas están presentes regularmente en ambos sectores, estructurando por ello la comunidad de aves. En SM se registró la presencia de cuatro especies que no fueron capturadas en TN, mientras que una única especie (*Eugralla paradoxa*) fue capturada solamente en este último sector. De forma general, en el HRC se registra un incremento de las capturas aparejado al aumento de la riqueza específica en diciembre y enero, reduciéndose en febrero (Fig. 4.2.7.3.6). Además, destaca el posterior incremento de abundancia que se registra de forma consistente en marzo y abril, debido al aumento notable de capturas de Siete colores (Fig. 4.2.7.3.7).



**Figura 4.2.7.3.6.** Evolución mensual del número de capturas por hora y la riqueza específica, en el conjunto de ambos sectores durante los muestreos realizados en el período noviembre 2015 – diciembre 2019 (ver texto para detalles específicos).

Asumiendo que el método seleccionado es el óptimo para evaluar la abundancia relativa de las diferentes especies de aves passeriformes en estas zonas (Arizaga *et al.*, 2011), las cinco especies más regulares y abundantes en el HRC muestran distintas fenologías (Fig. 4.2.7.3.7). En primer lugar, el Siete colores, una especie residente y la más abundante en las áreas de vegetación palustre muestreadas en el HRC, muestra un pico de abundancia desde el mes de enero hasta mayo, ambos inclusive, manteniéndose mucho más bajo desde junio hasta diciembre.



**Figura 4.2.7.3.7.** Evolución mensual del número promedio de capturas de las especies más abundantes en el HRC, durante los muestreos realizados en el período noviembre 2015 – diciembre 2019 (ver texto para detalles específicos).

El aumento de la abundancia en los meses de enero y febrero corresponde, al menos en buena parte, a los juveniles nacidos recientemente y que abandonan el nido en estas fechas, incrementándose notablemente su presencia en las capturas. Sin embargo, las mayores abundancias durante los meses de marzo y abril podrían responder a un agrupamiento de la población adulta incluyendo los potenciales reclutas en bandadas postreproductivas, común en aves Passeriformes en otro tipo de ambientes (*e.g.*, Vergara & Marquet, 2007). Este sería un aspecto desconocido de la biología del Siete Colores que había pasado desapercibido hasta este estudio.

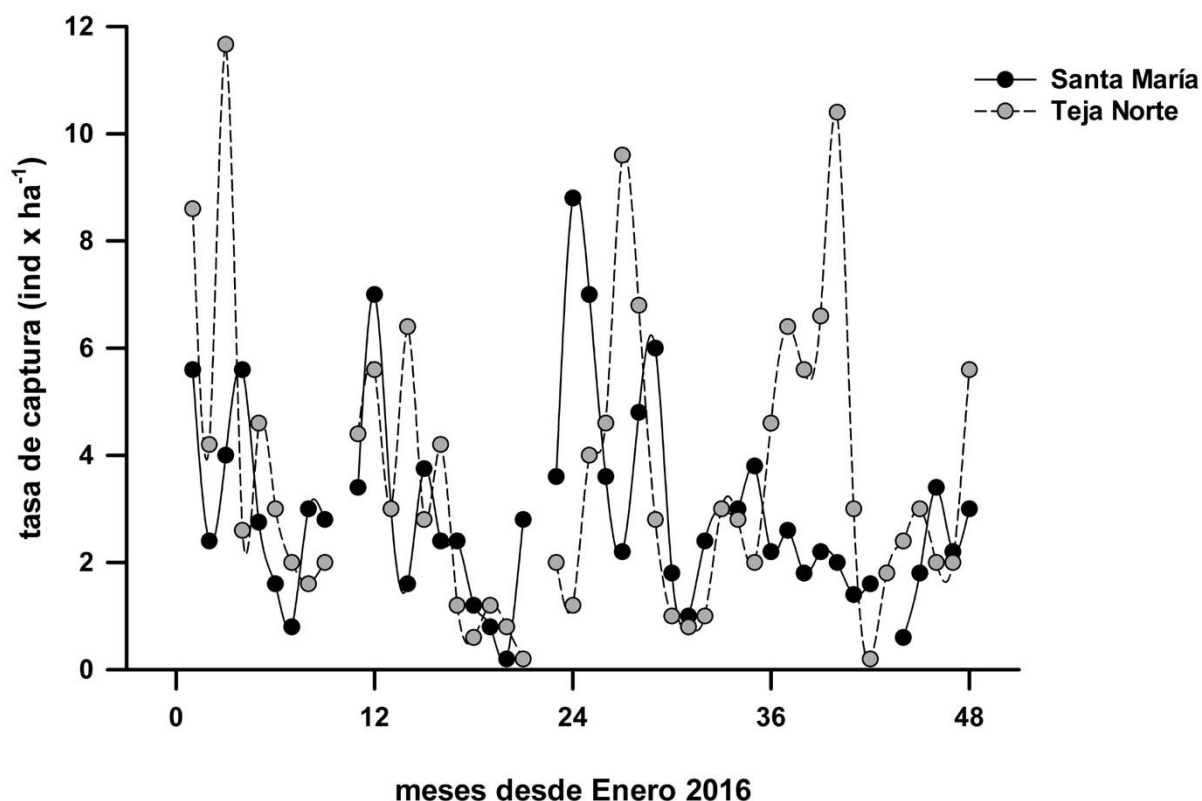
Por su parte, las abundancias de Fío-fío siguen el típico patrón de una especie migradora Neotropical en Chile, muy similar al encontrado para esta misma especie en zonas incluso más australes (Jiménez *et al.*, 2016). Aparece en las capturas a finales de octubre y sobre todo durante noviembre, mostrando un pico de abundancia en diciembre y enero para disminuir gradualmente su abundancia hasta el mes de abril, cuando se capturan los últimos individuos. En este caso, el pico de abundancia de diciembre no se puede asociar a la captura de juveniles del año, puesto que éstos recién aparecen en las capturas en enero, pero sobre todo en febrero. Por ello, una explicación alternativa podría estar relacionada con un incremento de la actividad en el HRC de las aves adultas reproductoras, lo que incremento sus desplazamientos para alimentarse y llevar comida al nido.

Paralelamente, las otras dos especies residentes en el HRC para las que se puede inferir la fenología en base a las capturas analizadas, Cachudito y Trabajador, muestran ambas un ligero aumento al principio del verano, diciembre y enero, posiblemente asociado a un incremento en la actividad de los adultos reproductores en esa época. Cabe destacar el gran número de capturas que se producen de Cachudito en los meses más crudos del invierno (Fig. 4.2.7.3.7), que podrían reflejar la presencia de algunos individuos que se desplazan desde otras zonas hasta el HRC. Por último, es interesante el patrón del Chirihue, que aparece únicamente en las capturas entre agosto y febrero, desapareciendo

completamente a partir de entonces. Aunque no es una especie migratoria (Couve *et al.*, 2017), estos resultados probablemente reflejan desplazamientos estacionales hacia otros hábitats durante el invierno.

### Abundancia temporal relativa

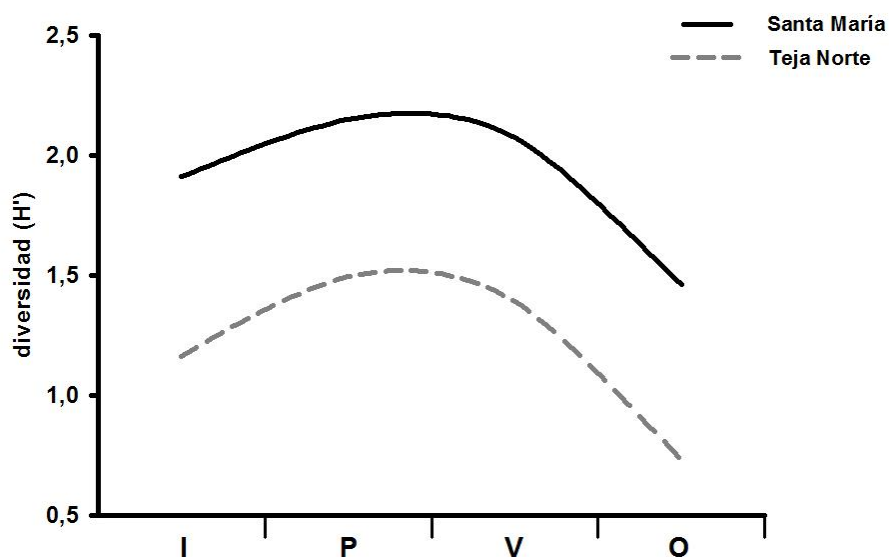
Como cabría esperar en una comunidad formada por animales con elevada capacidad de desplazamiento incluyendo además algunas especies migratorias, la abundancia relativa de aves asociadas a pajonales y vegetación pionera de ribera presenta marcadas variaciones intraanuales. Adicionalmente, los patrones periódicos de abundancia anual son diferentes en cada una de las zonas evaluadas (Fig. 4.2.7.3.8). Sin embargo, aunque muestra ciertas variaciones interanuales, especialmente en SM, no se observa ninguna tendencia general durante el período evaluado (nov 2015 – dic 2019).



**Figura 4.2.7.3.8.** Evolución de la tasa de captura (aves por hora) en Teja Norte (TN) y Santa María (SM) durante los muestreos realizados en el período 2016-2019 (ver texto para detalles específicos).

## Diversidad

Por su parte el índice de biodiversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) basado en las abundancias relativas de las distintas especies de aves passeriformes osciló entre 0.73 y 2.15, y fue significativamente mayor en SM que en TN (Student  $t = 3.076$ ;  $p < 0.03$ ) a lo largo de todo el ciclo anual (Fig. 4.2.7.3.9).



**Figura 4.2.7.3.9.** Evolución estacional de la diversidad asociada a las comunidades de aves passeriformes en dos áreas del HRC durante muestreos realizados en el período noviembre 2015 – diciembre 2019 (ver texto para detalles específicos).

La variación estacional en la diversidad fue similar en ambas zonas, siendo mínima en otoño, aumentando en invierno y manteniéndose básicamente constante durante el resto del año. Esta variación estacional de la riqueza y la biodiversidad está relacionada con el patrón fenológico de las distintas especies (Fig. 4.2.7.3.7). En otoño, los desplazamientos migratorios generan un recambio en la composición de las comunidades de aves en los pajonales del HRC. Desaparecen algunas especies migratorias que llegan únicamente a reproducirse en verano y a su vez aumenta ostensiblemente el número de individuos de la especie más abundante en el sistema, lo que produce una disminución generalizada en la diversidad asociada a la comunidad de aves passeriformes en el HRC.

### Condición corporal

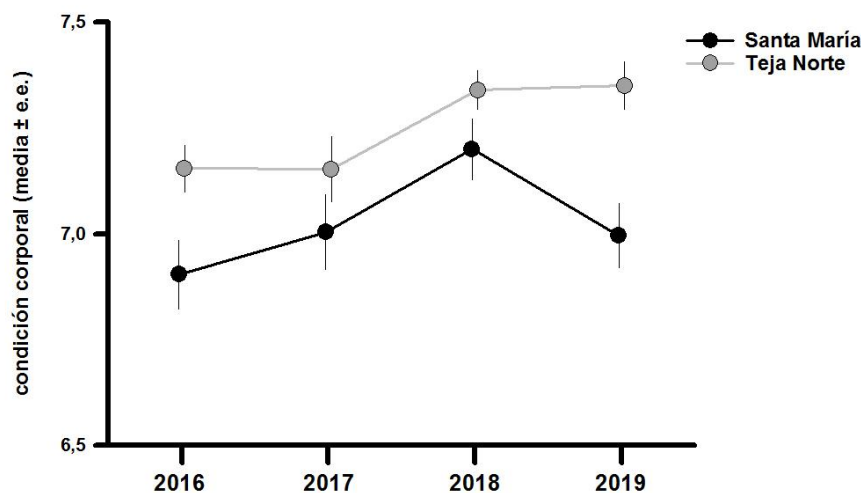
A pesar de que el pequeño tamaño de las especies modelo impide en muchos casos extraer la cantidad mínima necesaria para la cuantificación de los metabolitos con la metodología analítica disponible, se analizaron 32 muestras de sangre de diferentes especies, 9 en TN y 23 en SM. Aunque el tamaño muestral fue escaso, *a priori* las aves que habitan los pajonales y vegetación de ribera del HRC presentan niveles de metabolitos plasmáticos en rangos de variación similares a los obtenidos en otros estudios con especies de hábitats similares en otras regiones (*e.g.*, Wagner *et al.*, 2014). Para el Fío-fío la única especie para la que se pueden realizar comparaciones específicas (N=12), las diferencias observadas entre ambas zonas son muy similares a las registradas para el conjunto de especies. En particular para  $\beta$ -OH Butirato (BHB), estas diferencias entre zonas fueron marginalmente significativas en esta especie ( $F = 4.07$ ;  $P = 0.07$ ), y no estuvieron relacionadas con la época de captura.

Aunque las diferencias no son estadísticamente significativas, los mayores niveles de BHB en el área de SM podrían estar indicando que las aves estarían sometidas a períodos más frecuentes de ayuno que en TN en los días previos a las capturas. Por su parte, los mayores niveles de Fructosamina en TN estarían abundando en esta relación, indicando en general una mejor alimentación de estas aves en una ventana temporal más larga. Ambos parámetros sugieren, por tanto, que la funcionalidad de ambas zonas para el Fío-fío, y quizás para otras especies, puede ser diferente. Una posible explicación podría ser que TN sea un área principalmente de alimentación para el Fío-fío y SM un área de reproducción, donde los individuos capturados estén sometidos a períodos frecuentes de ayuno relacionados con la incubación y alimentación más limitada durante la alimentación de los pollos. Para otras especies es necesario continuar con la toma de muestras para poder obtener un número suficiente como para poder realizar estas comparaciones. De cualquier modo, los resultados obtenidos hasta ahora permiten establecer ya los valores promedio y rangos de variación de estos tres metabolitos para una especie representativa del humedal

que realiza migraciones de media distancia, conectando el HRC con otras zonas de Sudamérica, probablemente la cuenca del Amazonas (Jiménez et al., 2016).

Por otra parte, para la especie más abundante en ambas áreas del HRC y, por lo tanto, potencialmente utilizable como indicador de la calidad del hábitat, se ha realizado un esfuerzo específico adicional para evaluar su condición corporal aparente. Dado que su pequeño tamaño (5-9 g) impide extraer la cantidad de sangre necesaria para analizar los metabolitos plasmáticos con los medios analíticos que están a disposición a día de hoy en el laboratorio de referencia, se ha calculado el Índice Escalado de Masa Corporal (en adelante SMI; Peig & Green, 2010) para explorar potenciales diferencias entre ambas zonas del HRC.

Tal y como apuntaban los análisis preliminares realizados con una submuestra de individuos adultos (Valle, 2018), los resultados finales obtenidos analizando tanto aves adultas ( $n = 494$ ) como individuos juveniles ( $n = 121$ ) indican que existen diferencias significativas entre ambas zonas en la condición corporal de la especie más abundante (ANOVA  $F = 7.61$ ;  $p < 0.01$ ), siendo mayor en TN (Fig. 4.2.7.3.10).



**Figura 4.2.7.3.10.** Condición corporal individual de Siete Colores en Teja Norte (TN) y Santa María (SM) durante el período 2016-2019 (ver texto para detalles específicos).



Sin embargo, juveniles y adultos muestran una condición corporal similar ( $F = 0.16$ ;  $p = 0.70$ ) y, a pesar de las variaciones interanuales, no se registran diferencias significativas entre años durante el período de estudio ( $F = 2.18$ ;  $p = 0.09$ ). Además, ninguna de las interacciones entre estos tres factores resulta significativa. Todo esto indica que las características específicas del hábitat en Teja Norte le confieren mayor calidad relativa para la especie más abundante en el HRC.

### Supervivencia aparente

Se registraron un total de 234 recapturas correspondientes a 156 individuos de nueve especies. Teniendo en cuenta que se han capturado y marcado un total de 1260 individuos de 22 especies, la tasa de recaptura general es de 0.12, siendo dos puntos más alta si se consideran únicamente los individuos de las nueve especies que tienen al menos una recaptura. En general se registró un mayor porcentaje de recapturas en SM que en TN para casi todas las especies (Tabla 4.2.7.3.3).

**Tabla 4.2.7.3.3.** Individuos recapturados por especie (%) en dos áreas del HRC durante muestreos realizados en el período noviembre 2015 – diciembre 2019 (ver texto para detalles específicos).

<b>Especies</b>	<b>Santa María</b>	<b>Teja Norte</b>
Cachudito	0.27	0.20
Chercán	0.09	0.00
Chercán de las vegas	0.25	0.19
Chirihue	0.02	0.00
Colilarga	0.21	0.31
Fío-fío	0.14	0.10
Siete colores	0.21	0.13
Trabajadir	0.20	0.04
Viudita	0.00	0.33
<b>TOTAL</b>	<b>0.13</b>	<b>0.12</b>

Para las especies más representadas en la muestra, esto es, las más abundantes en el sistema (Arizaga *et al.*, 2011), la tasa de recaptura en SM es superior que en TN, mientras que las especies menos representadas aparecen con una mayor tasa de recaptura en TN.

De forma general destaca la alta tasa de recaptura (>20%) para varias especies residentes en el HRC, que además son las únicas para las que algunos individuos se han recapturado en varias temporadas sucesivas a lo largo de estos cuatro ciclos anuales completos. Estos resultados estarían indicando una elevada territorialidad de los individuos de estas especies en las zonas muestreadas, similar a lo reportado en otros humedales australes (Lara *et al.*, 2011). Esta elevada tasa de recaptura permitirá realizar estimas de supervivencia adulta aparente ( $\phi$  = método de captura-marcaje-recaptura; *cf.* Thomson *et al.*, 2009) para cada especie una vez controlada su probabilidad de recaptura anual.

En base a las recapturas obtenidas en diferentes temporadas, la probabilidad de recaptura anual, esto es, la probabilidad de que un individuo que haya sobrevivido de una temporada a la siguiente sea recapturado en el sistema de estudio, para el Fío-fío, Siete colores y Cachudito es aparentemente menor del 30%. Por lo tanto, la tasa de supervivencia anual sería mucho mayor que la tasa de recaptura anual estimada, 0.14 en SM y 0.21 en TN (Tabla 4.2.7.2.4). No obstante, estos resultados deben ser tomados con cautela hasta poder modelar adecuadamente la supervivencia analizando más temporadas consecutivas (Thomson *et al.*, 2009).

**Tabla 4.2.7.3.4.** Tasa de recaptura anual (promedio $\pm$ DT) de las cuatro especies más abundantes en dos áreas del HRC durante muestreos realizados en el período noviembre 2015 – diciembre 2019 (ver texto para detalles específicos).

Especies	Santa María	Teja Norte
Cachudito	0.16 $\pm$ 0.18	0.14 $\pm$ 0.14
Colilarga	0.20 $\pm$ 0.35	0.62 $\pm$ 0.40
Siete colores	0.08 $\pm$ 0.36	0.09 $\pm$ 0.07
Fío-fío	0.09 $\pm$ 0.08	-

A modo de ejemplo, de los 9 Fío-fíos capturados y marcados en la primera temporada de muestreo (2015-2016; primera cohorte) en SM, únicamente se recapturó uno de ellos en la segunda temporada (2016-2017). Sin embargo, en la tercera temporada (2017-2018) se recapturó uno de esos individuos marcados de la primera cohorte.

Asimismo, ni un solo de los Fío-fíos capturados en TN fue recapturado la temporada subsiguiente. Sin embargo, varios fueron recapturados a lo largo del monitoreo. Con la información de las recapturas que se sigan obteniendo en próximas temporadas para el Fío-fío (abril), se tendrá una primera estima de la probabilidad de recaptura de la primera cohorte para poder empezar así a estimar la supervivencia anual aparente. Siguiendo la misma aproximación, con la información de la tasa de recaptura de las diferentes cohortes y su probabilidad de recaptura se tendrá finalmente la tasa de supervivencia anual aparente para las especies más abundantes en las capturas (\*\*).

*(\*\*) A fecha de entrega del informe final se está terminando de analizar la información y modelando la supervivencia anual aparente del Siete Colores en ambas zonas de estudio.*

#### **4.2.7.3.5. Discusión general**

Este Programa de Monitoreo ha permitido obtener información básica de referencia por primera vez en Chile sobre la estructura de los ensambles, las variaciones en las abundancias relativas a lo largo del ciclo anual y la calidad del hábitat para diferentes especies de aves palustres que habitan un humedal austral tipo estuarial. Hasta la fecha, únicamente existe un estudio publicado sobre la biología de una de estas especies en humedales chilenos (Lara *et al.*, 2011), por lo que la contribución realizada al conocimiento general de la biodiversidad a escala país es muy relevante.

En este sentido, las aves palustres presentan una elevada diversidad funcional: distintas especies están involucradas en diferentes procesos dentro del humedal, por lo que pueden responder a diferentes variaciones en la calidad del hábitat (Cadotte *et al.*, 2011). Esto es principalmente debido a que son especies móviles, de vida corta, consumidores secundarios que utilizan diferentes recursos tróficos y presentan fuertes variaciones poblacionales relacionadas con las estaciones (fenología), además de fluctuaciones

interanuales relacionadas con la disponibilidad de alimento y la climatología. Adicionalmente en los pajonales habitan especies residentes y migratorias, que desaparecen en ciertos períodos del año.

Por ello, en comparación con otros métodos, los monitoreos utilizando redes de niebla en humedales son los que permiten evaluar con mayor precisión las tendencias poblacionales a largo plazo a través de índices de abundancia relativa en las capturas (Peach *et al.*, 1998; Osenkowski *et al.*, 2012). Simultáneamente, según se van completando años continuados de monitoreo, el método de captura-recaptura permite estimar con elevada precisión (i) la productividad anual de las especies más abundantes, esto es, cómo ha resultado la temporada reproductiva; (ii) la condición corporal individual; y (iii) la supervivencia aparente de los individuos en una población; parámetros esenciales para evaluar la eficacia biológica (fitness) en poblaciones animales.

En este contexto, el estudio a largo plazo de las poblaciones de aves de pajonales, es crucial para poder separar los efectos potenciales de las actividades humanas de variaciones naturales asociadas a climatología o disponibilidad de recursos en el HRC, entre otros. Por ejemplo, periódicamente existen años en los que las abundancias de aves son muy bajas debido a los efectos de las oscilaciones climáticas globales, como el 'Northern Oscillation Index' o 'El Niño Southern Oscillation', que pueden ser detectadas básicamente con estos programas con esfuerzo constante a largo plazo (Ballard *et al.*, 2003). Adicionalmente, las aves palustres son elementos funcionales clave que proveen diferentes servicios ecosistémicos (Sekercioglu, 2006) en los humedales.

Adicionalmente, el Programa de Monitoreo ha permitido establecer cuál es la productividad anual a escala poblacional de la Garza cuca una especie carnívora (ictiófaga) que se produce en el HRC, así como un valor de densidad promedio de la Becasina común, otra especie carnívora (invertebrados) en un pastizal de orilla, a lo largo de varios ciclos anuales consecutivos. Tanto la productividad actual de las colonias de garzas como la

densidad de becasinas pueden ser utilizadas como indicadores de calidad del estado del humedal durante el período (2015-2019) en futuras evaluaciones.

#### **4.2.7.3.6. Conclusiones**

- La productividad general de las dos colonias de Garza cuca *Ardea cocoi* monitoreadas durante tres temporadas (en promedio unos 40 nidos por temporada) fue de 1.6 pollos volantones por cada pareja que inició la reproducción. Se registraron ciertas variaciones (marginamente significativas) en el éxito reproductivo entre colonias y años.
- Las zonas de praderas inundables albergan durante todo el año poblaciones de la Becasina común *Gallinago magellanica*. En el sector de muestreo, la densidad promedio es 1.6 becasinas por hectárea, con variaciones muy notables que no parecen estar relacionadas con la pluviosidad acumulada. En determinados períodos el sector monitoreado podría albergar casi 100 becasinas. Se ha certificado la reproducción regular de esta especie en la zona seleccionada para el Programa de Monitoreo en el HRC.
- La estructura del ensamble de la comunidad de aves Passeriformes del humedal, es en general diversa y se asocia al grado de heterogeneidad de la vegetación emergente, presentando a lo largo del ciclo anual una mayor diversidad en Santa María. Dentro de cada sector, se registraron oscilaciones estacionales regulares derivadas de la fenología de las diferentes especies, sin grandes variaciones interanuales de muestreo, incluyendo a las especies migratorias.
- El Siete colores *Tachuris rubrigastra* es sin duda la especie dominante en estos hábitats, estando el ensamble comunitario compuesto durante el ciclo anual por 10 especies regulares (*i.e.* estructurales) y otras 12 que aparecen de forma irregular (*i.e.*

acompañantes). Aparentemente la especie más abundante parece agruparse y realizar desplazamientos postreproductivos.

- Hasta el final de este Programa de Monitoreo, se habían recapturado el 12% de los individuos marcados en ambas zonas del HRC (la mayoría perteneciente a cuatro especies estructurales), siendo el porcentaje de recapturas muy similar en todas las temporadas. La probabilidad de recaptura es aparentemente menor al 30%. El continuar con monitoreos similares a este, permitiría ajustar parámetros de abundancia y recaptura para estimar la tasa de supervivencia anual de especies de aves Passeriformes que habitan las riberas del HRC (incluyendo residentes y migratorias).
- Se ha estimado la condición corporal aparente de las dos especies más abundantes en el ensamble (Siete colores y Fío-fío), registrándose valores más altos en Teja Norte. Estas diferencias apoyan la adecuada selección de ambas zonas de muestreo en el HRC para la evaluación de la calidad de los pajonales para la comunidad de aves palustres.

#### **4.2.7.3.7. Referencias**

- Arizaga J, Deán JI, Vilches A, Alonso D, Mendiburu A (2011) Monitoring communities of small birds: a comparison between mist-netting and counting. *Bird Study* 58(3):291-301
- Cadotte MW, Carscadden K, Mirotnick N (2011) Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology* 48(5):1079-1087
- Carroll JM, Kremetz DG (2014) Density and abundance of Wilson's snipe *Gallinago delicata* in winter in the Lower Mississippi Flyway, USA. *Wildlife Biology* 20(2):108-114
- Cline BB, Haig SM (2011) Seasonal movement, residency, and migratory patterns of Wilson's snipe (*Gallinago delicata*). *The Auk* 128(3):543-555
- Couvé E, Vidal CF, Ruiz J (2016) Aves de Chile, sus Islas Oceánicas y Península Antártica: Una Guía de Campo Ilustrada. Fantástico Sur, Punta Arenas

González-Acuña D, Figueroa RA, González A, Barrientos C, Ardiles K, Moreno L (2008) Biología reproductiva de la Garza Cuca (*Ardea cocoi*) en el centro-sur de Chile. *Ornitología Neotropical* 19:485-493

Jiménez JE, Jahn AE, Rozzi R, Seavy NE (2016) First documented migration of individual White-crested Elaenias (*Elaenia albiceps chilensis*) in South America. *The Wilson Journal of Ornithology* 128(2):419-425

Lagos NA, Paolini P, Jaramillo E, Lovengree C, Duarte C, Contreras H (2008) Environmental processes, water quality degradation, and decline of waterbird populations in the río Cruces wetland, Chile. *Wetlands* 28(4):938-950

Lara J, Barrientos C, Ardiles K, Moreno L, Figueroa RA, González-Acuña D (2011) Biología reproductiva del trabajador (*Phleocryptes melanops*) en el centro-sur de Chile. *Ornitología Neotropical* 22:121-130

Marion L (1979) La croissance corporelle du heron cendre (*Ardea cinerea*) du Bretagne. Approche de la signification écologique. *L'Oiseau et la Revue Française d'Ornithologie* 49:1-30

McFadden TN, Biscarra G, Ruiz J, Navedo JG (2019) Recommended band sizes and a novel technique for sexing immature green-backed firecrown hummingbirds (*Sephanoides sephaniodes*). *Ornitología Neotropical* 30:179-184

Miller EH, Areta JI, Jaramillo A, Imberti S, Matus R (2020) Snipe taxonomy based on vocal and non-vocal sound displays: the South American Snipe is two species. *Ibis* 162(3):968-990. <https://doi.org/10.1111/ibi.12795>

Navedo JG, Hahn S, Parejo M, Abad-Gómez JM, Gutiérrez JS, Villegas A, Sánchez-Guzmán JM, Masero JA (2015) Unravelling trophic subsidies of agroecosystems for biodiversity conservation: food consumption and nutrient recycling by waterbirds in Mediterranean rice fields. *Science of the Total Environment* 511:288-297

Osenkowski JE, Paton PW, Kraus D (2012) Using long-term constant-effort banding data to monitor population trends of migratory birds: a 33-year assessment of adjacent coastal stations. *The Condor* 114(3):470-481

Peach WJ, Baillie SR, Balmer DE (1998) Long-term changes in the abundance of passerines in Britain and Ireland as measured by constant effort mist-netting. *Bird Study* 45(3):257-275

Peig J, Green AJ (2010) The paradigm of body condition: a critical reappraisal of current methods based on mass and length. *Functional Ecology* 24(6):1323-1332

Pretelli MG, Josens ML, Escalante AH (2012) Breeding biology at a mixed-species colony of great egret and cocoi heron in a pampas wetland of Argentina. *Waterbirds* 35(1):35-43

San Martín C, Medina R, Ojeda P, Ramírez C (1993) La biodiversidad vegetal del Santuario de la Naturaleza "Río Cruces" (Valdivia, Chile). *Acta Botánica Malacitana* 18:259-279

Schlatter RP, Navarro RA, Corti P (2002) Effects of El Niño southern oscillation on numbers of black-necked swans at Río Cruces Sanctuary, Chile. *Waterbirds* 25:114-122

Sekercioglu CH (2006) Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology and Evolution* 21(8):464-471

Silva CP, Sepúlveda R, Barbosa O (2016) Nonrandom filtering effect on birds: species and guilds response to urbanization. *Ecology and Evolution* 6(11):3711-3720

Tellería JL (1986) *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Raíces, Madrid

Thomson DL, Cooch EG, Conroy MJ (2008) *Modeling demographic processes in marked populations*. Springer, New York

Valle C (2018) *Estructura de las comunidades de aves Passeriformes y calidad del hábitat en el Humedal del Río Cruces*. Trabajo de Fin de Grado en Biología – Mención Biodiversidad. Universidad Austral de Chile/Universitat de Barcelona

Van Gils J, Wiersma P, Kirwan GM (2020) South American Snipe (*Gallinago paraguaiiae*). In: Del Hoyo, J, Elliott A, Sargatal J, Christie DA, de Juana EE (eds) *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx, Barcelona

Vergara PM, Marquet PA (2007) On the seasonal effect of landscape structure on a bird species: the thorn-tailed rayadito in a relict forest in northern Chile. *Landscape Ecology* 22(7):1059-1071

Victoriano PF, González AL, Schlatter R (2006) Estado de conocimiento de las aves de aguas continentales de Chile. *Gayana* 70(1):140-162

Wagner DN, Green DJ, Pavlik M, Cooper J, Williams TD (2014) Physiological assessment of the effects of changing water levels associated with reservoir management on fattening rates of Neotropical migrants at a stopover site. *Conservation Physiology* 2(1):10.1093/conphys/cou017

Ward JV (1998) Riverine landscapes: Biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biological Conservation* 83(3):269-278



#### **4.2.8. MAMÍFEROS ACUÁTICOS**

##### **4.2.8.1. Antecedentes**

La presencia o ausencia de mamíferos acuáticos en humedales, ha sido utilizada para describir el estado de salud ambiental de estos ecosistemas acuáticos; es decir, estos vertebrados pueden ser utilizados como bioindicadores de calidad ambiental, como es el caso del Huillín en las riberas del humedal del río Cruces (Oporto, 2006, 2009). Por otra parte, mamíferos acuáticos como el Coipo han sido mencionados como controladores de la composición vegetacional en humedales, reduciendo la propagación de plantas acuáticas emergentes y/o natantes (Crooks, 2002; Carter & Leonard, 2002; Guichón, 2003). En lo que compete a la presencia de especies invasoras en humedales chilenos - como es el caso del Visón - esta afectaría negativamente a las poblaciones de especies nativas a tal punto que tales especies son consideradas como causa relevante de extinciones de especies después de la pérdida de hábitat (Wilcove *et al.*, 1998; Crego & Jiménez, 2013), lo que pone en riesgo la conservación de la biodiversidad local.

En este Capítulo se entrega información obtenida de censos realizados a lo largo de las riberas del (HRC) y en parte de los ríos Calle Calle y Valdivia, durante el quinto año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2019 - abril 2020). También se comparan estos resultados con los resultados obtenidos durante los cuatro primeros años del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2015 - marzo 2019) y durante el Programa de Diagnóstico Ambiental ya ejecutado en el mismo humedal.

##### **4.2.8.2. Objetivos**

- Evaluar la presencia de coipos (*Myocastor coypus*), huillines (*Lontra provocax*) y visones (*Neovison vison*), en las riberas del HRC y partes de los ríos Calle Calle y Valdivia, durante el quinto año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2019 - abril 2020). Comparar los resultados obtenidos durante el quinto año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC, con los de los cuatro primeros años de este programa (abril 2015 - marzo 2019) y con los del Programa de Diagnóstico Ambiental realizado en el mismo humedal (abril 2014 - marzo 2015).

#### 4.2.8.3. Material y métodos

La Tabla 4.2.8.1 muestra las fechas en la cual se realizaron las salidas a terreno para el eventual avistamiento de coipos, huillines y visones en las riberas del área de estudio (Fig.4.2.8.1 y Tabla 1 de ANEXO).

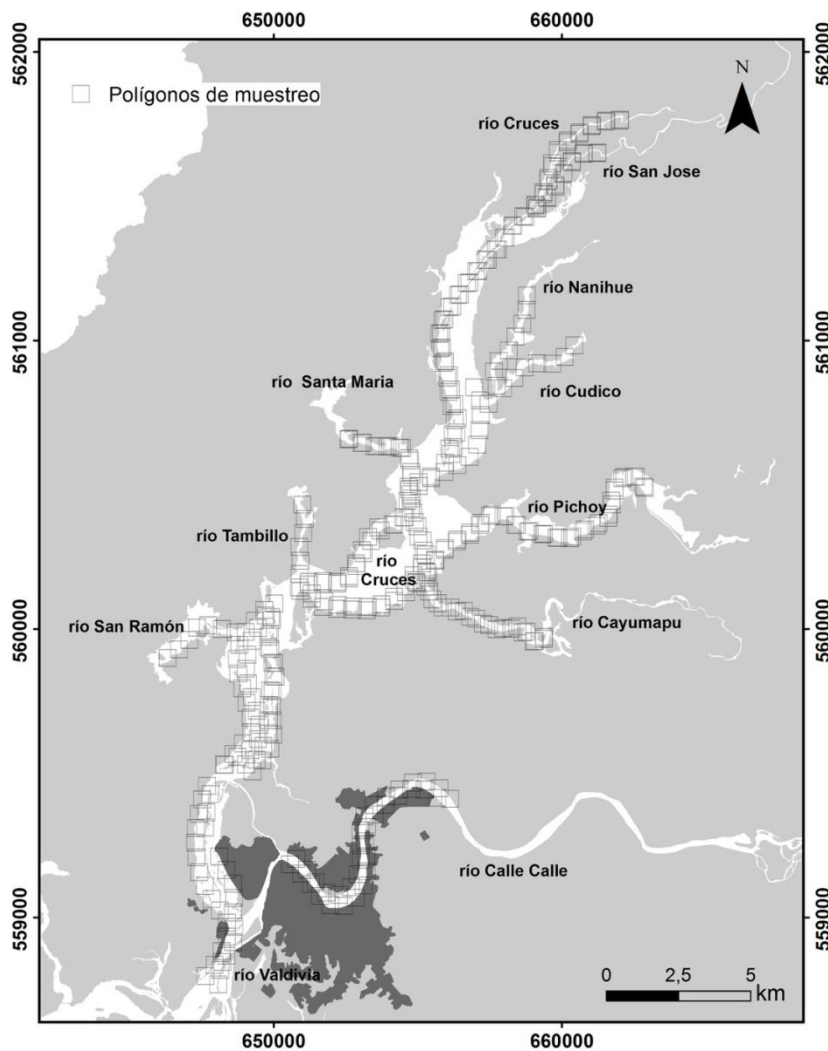
**Tabla 4.2.8.1.** Fechas de salidas a terreno efectuadas para eventuales avistamientos de coipos, huillines y visones durante el desarrollo del programa de Monitoreo y Diagnóstico Ambiental del HRC (cf. Tabla 1 de ANEXO).

año y Programa	período	períodos de avistamientos
Quinto año Monitoreo Ambiental	abril 2019 – abril 2020	06 - 08 mayo 2019
		25 - 27 junio 2019
		25 - 27 septiembre 2019
		10 - 12 diciembre 2019
		08 - 10 abril 2020
Cuarto año Monitoreo Ambiental	abril 2018 - marzo 2019	18 - 20 abril 2018
		17 - 19 julio 2018
		02 - 05 octubre 2018
		18 - 19 enero 2019
Tercer año Monitoreo Ambiental	abril 2017 - marzo 2018	09 - 11 mayo 2017
		04 - 06 julio 2017
		11 - 13 octubre 2017
		14 - 16 febrero 2018
Segundo año Monitoreo Ambiental	abril 2016 - marzo 2017	28 - 30 abril 2016
		13 - 15 julio 2016
		28 - 30 noviembre 2016
		25 - 27 enero 2017

Primer año Monitoreo Ambiental	abril 2015 - marzo 2016	28 - 30 septiembre 2015
		28 - 30 noviembre 2015
		27 - 29 enero 2016
Diagnóstico Ambiental	abril 2014 - marzo 2015	15 - 17 enero 2015

---

La Figura 4.2.8.1 muestra los sectores de muestreo, para evaluar la eventual presencia de mamíferos acuáticos. En cada uno de los mismos, se revisaron polígonos ordenados visualmente a lo largo de las riberas y cuyas longitudes aproximadas fueron de 500 m. Los censos así realizados, permitieron realizar registros continuos de coipos, huillines y visones a lo largo de todas las riberas del área de estudio.



**Figura 4.2.8.1.** Distribución de polígonos de aproximadamente 500 m de longitud, destinados a evaluar la eventual presencia y distribución espacial de los mamíferos acuáticos en las riberas del área de estudio (ver Material y métodos).

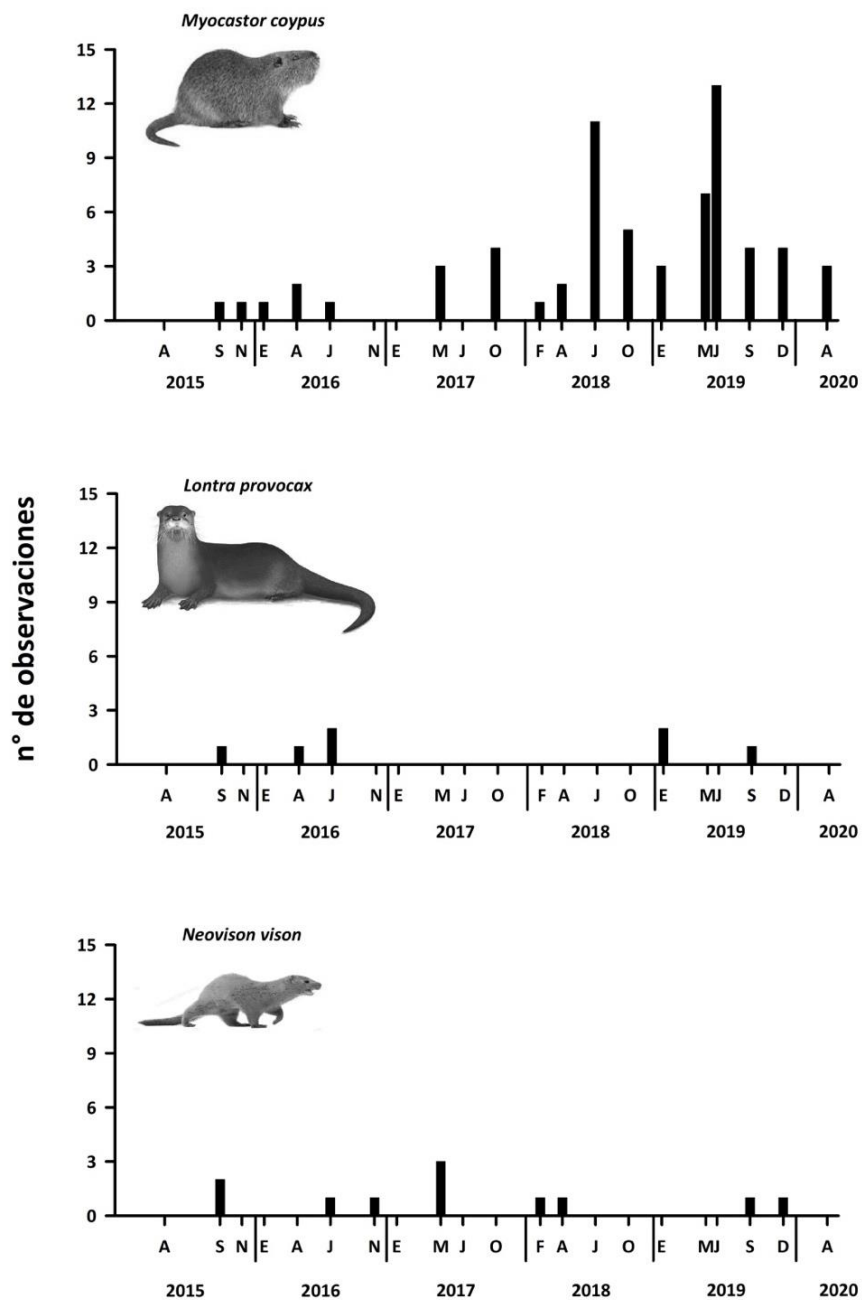
Los puntos iniciales y finales de cada polígono fueron georeferenciados en coordenadas UTM (huso WGS-84) con un GPS (Global Position System) GARMIN 60CSx. Para estas actividades se utilizaron dos tipos de embarcaciones (ambas conducidas a una velocidad aproximada de 5-6 nudos): lancha de fibra de vidrio, modelo Robalo y con cabina para pasajeros, eslora de 7,7 m y motor Mariner de 50 HP, durante meses de otoño e invierno y bote de goma Zodiac, modelo Skua 490, eslora 4,9 m y motor Suzuki de 60 HP, durante meses de primavera y verano.

En complemento a las campañas destinadas específicamente al avistamiento de mamíferos acuáticos, se registró todo avistamiento directo de coipos, huillines y visones, así como también la actividad biológica de los mismos (*e.g.* huellas, madrigueras, fecas, comederos, etc.), en salidas a terreno destinadas a otros objetivos que no fueran los recorridos programados del Monitoreo Ambiental del HRC para el avistamiento de mamíferos acuáticos. Todos estos datos han sido incluidos en la Tabla 2 del ANEXO de este Capítulo.

#### **4.2.8.4. Resultados**

La Figura 4.2.8.2, muestra el número de avistamientos directos de mamíferos acuáticos durante el desarrollo de la totalidad de recorridos realizados durante el transcurso del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (ver también Tabla 1 del ANEXO).

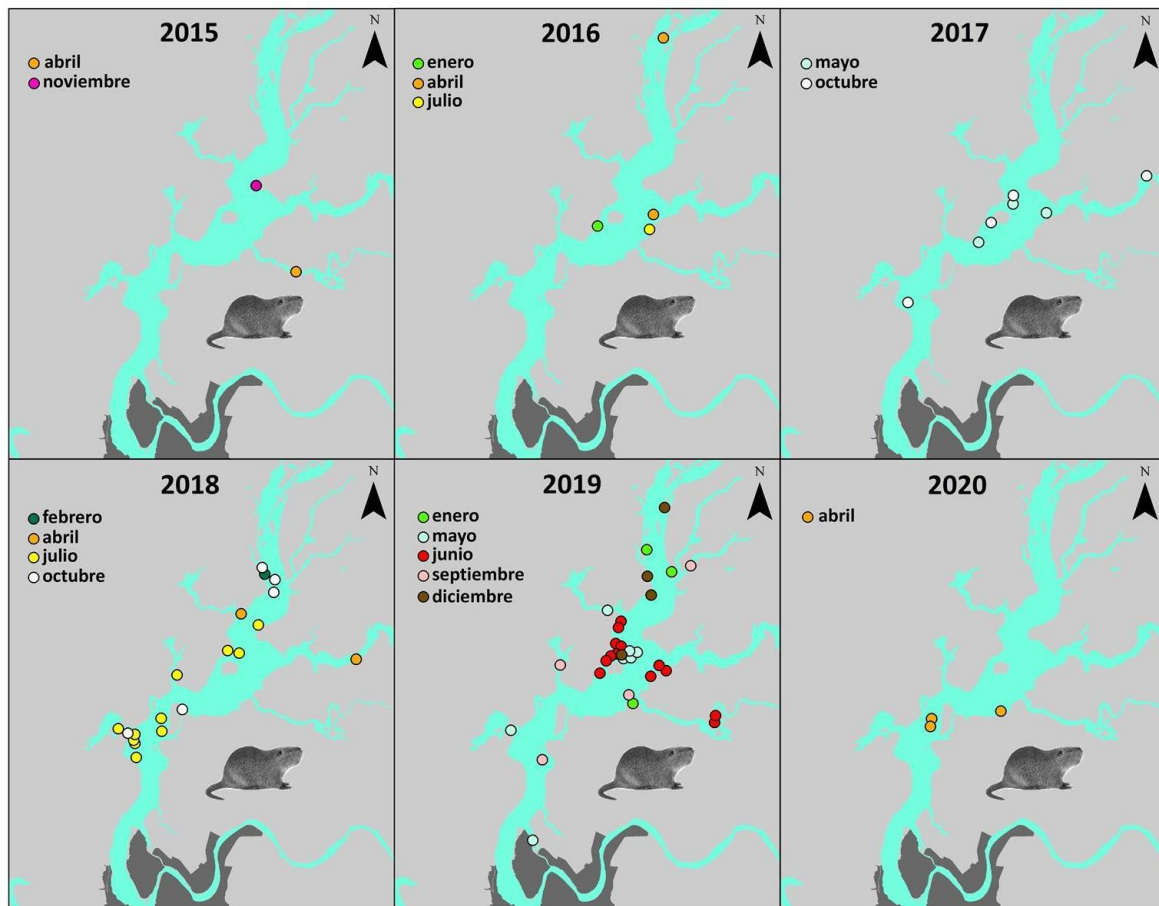
Durante todas las campañas del quinto año del Programa de Monitoreo, se observaron coipos y solo durante la campaña de septiembre 2019 se registró de modo simultáneo, la presencia de las tres especies objeto de estudio (cuatro Coipos, un Visón y un Huillín) (Fig. 4.2.8.2). Durante las campañas correspondientes al quinto año del Programa de Monitoreo, junio fue el mes donde se registró el mayor número de coipos (13 individuos), situación similar a la observada durante el año 2018 en el mismo mes (11 individuos) (Fig. 4.2.8.2). Los datos recopilados durante este estudio, muestran un aumento progresivo en las abundancias de esta especie a través del tiempo; por el contrario, el número de avistamientos de huillines y visones se mantiene relativamente estable y de modo esporádico, especialmente para el caso del Huillín (Fig. 4.2.8.2).



**Figura 4.2.8.2.** Número de avistamientos de Coipo (*Myocastor coypus*), Huillín (*Lontra provocax*) y Visón (*Neovison vison*), realizados durante los recorridos planificados como parte de las actividades del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC y destinadas al eventual avistamiento de estos mamíferos acuáticos.

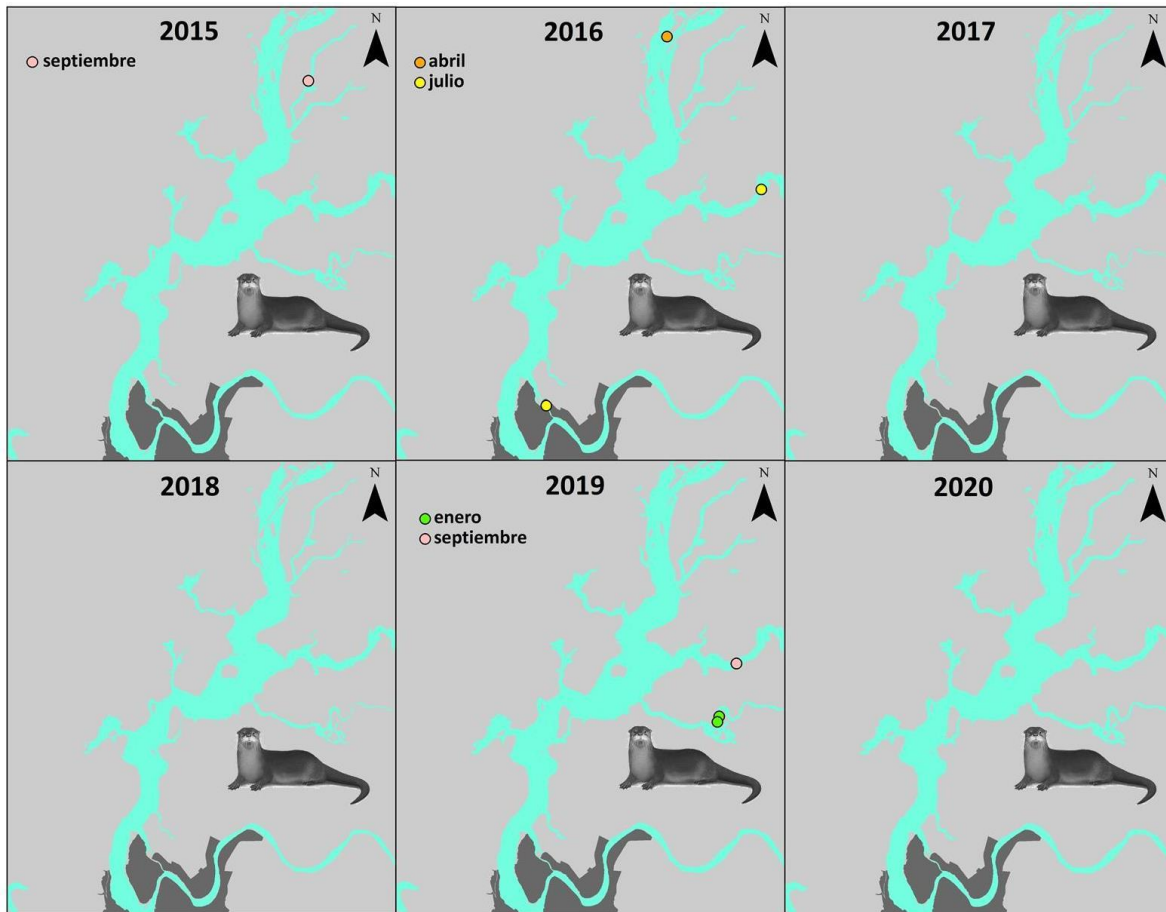
Las Figuras 4.2.8.3 a 4.2.8.5 muestran los avistamientos de mamíferos acuáticos en el área de estudio durante el período de estudio. Entre abril 2015 y octubre 2017, la mayor parte de las observaciones de coipos ocurrieron en el sector medio del HRC (alrededor de Isla Rialejo), a la vez que durante los años 2018 y 2019 la distribución aumento hacia el norte y sur de este sector (Fig. 4.2.8.3). Los avistamientos de huillines y visones tuvieron menor frecuencia que los de coipos: los primeros ocurrieron en ríos tributarios y en el canal mareal Cau Cau (Fig. 4.2.8.4), a la vez que los segundos en la porción superior del eje central del HRC, ríos tributarios y canal mareal Cau Cau (Fig. 4.2.8.4).

La frecuencia de avistamientos de coipos, huillines y visones en recorridos realizados para actividades aparte de las consideradas para el estudio de la presencia de mamíferos acuáticos en el HRC, muestra que durante el cuarto y quinto año del Programa de Monitoreo ocurrió un aumento notorio en la frecuencia de avistamientos de coipos, en relación a lo observado durante los tres primeros años del programa (ver Tabla 2 de ANEXO).

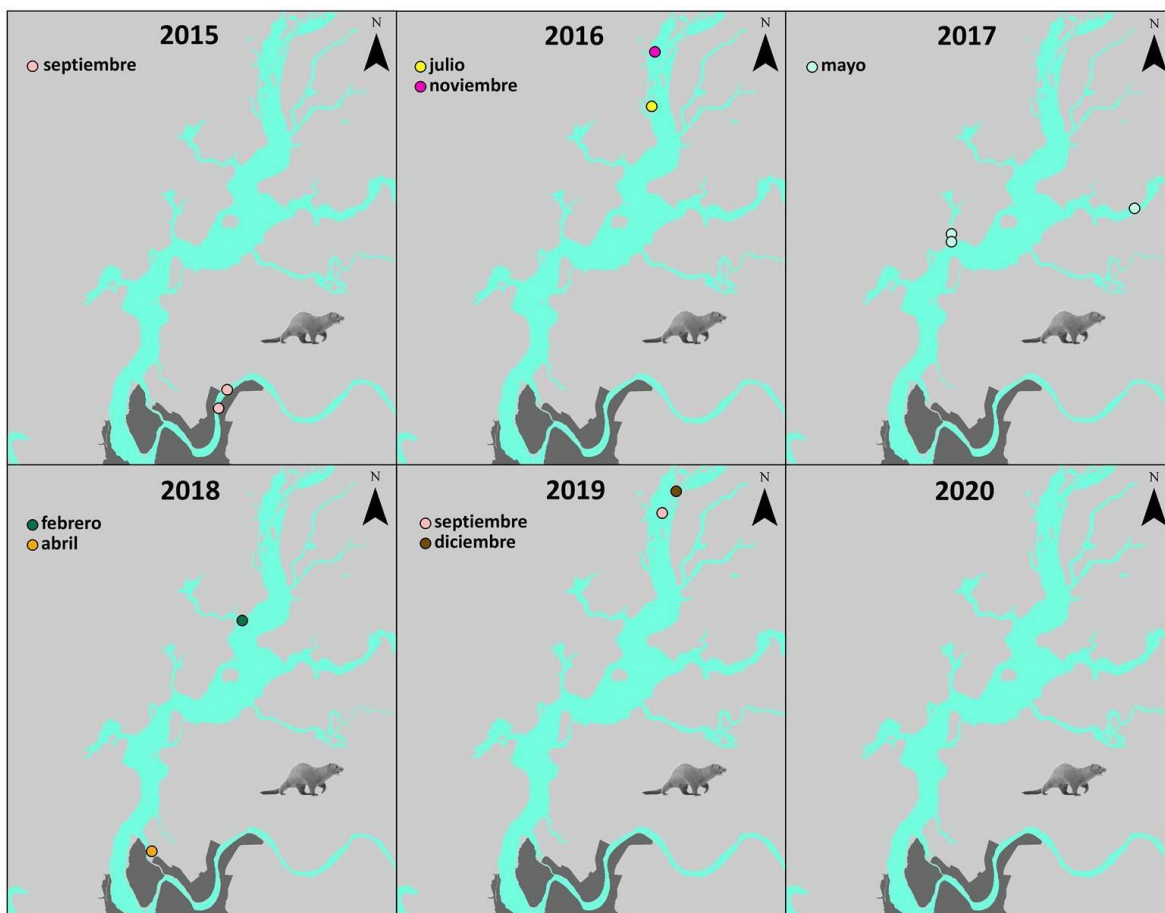


**Figura 4.2.8.3.** Variabilidad espacio- temporal del Coipo (*Myocastor coypus*), en base a los avistamientos de los cinco años del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC. Solo se indican los meses donde se detectó la presencia de esta especie.





**Figura 4.2.8.4.** Variabilidad espacio- temporal del Huillín (*Lontra provocax*), en base a los avistamientos de los cinco años del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC. Solo se indican los meses donde se detectó la presencia de esta especie.



**Figura 4.2.8.5.** Variabilidad espacio- temporal de Visón (*Neovison vison*), en base a los avistamientos de los cinco años del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC. Solo se indican los meses donde se detectó la presencia de esta especie.

#### 4.2.8.5. Conclusiones

- La mayor parte de los avistamientos exitosos de coipos ha sido en la parte media y superior del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; *i.e.*, aguas arriba del sector Punucapa.
- Las observaciones de huillines se han registrado principalmente en los ríos tributarios y fuera del HRC (canal mareal Cau Cau).
- En contraste a lo anterior, los avistamientos exitosos de visones - aun cuando escasos - cubren un mayor rango geográfico que los de coipos y huillines; (*i.e.*, se ha

observado a esta especie en la porción superior y media del HRC), en un río tributario del mismo (*i.e.*, río Pichoy) y fuera del humedal (*i.e.*, canal mareal Cau Cau y río Calle - Calle).

- Destaca la frecuencia de avistamientos no exitosos de mamíferos acuáticos durante los meses de verano, situación que puede estar relacionada a la expansión que ocurre hacia el interior del humedal durante el período estival por parte de las actividades turísticas. En contraste a esto, durante los meses de junio y julio la frecuencia de observaciones de mamíferos -particularmente de coipos - ha sido mayor. Los estudios hasta ahora realizados sobre la dinámica ambiental del humedal, no permiten elaborar una hipótesis plausible a lo mencionado en el párrafo anterior.

#### 4.2.8.6. Referencias

Carter J, Leonard B (2002) A review of the literature on the worldwide distribution, spread of, and efforts to eradicate the coypu (*Myocastor coypus*). *Wildlife Society Bulletin* 30:162-175

Crego R, Jimenez J (2013) Informe sobre estudio piloto de aspectos ecológicos del visón Americano (*Neovison vison*) exótico en isla Navarino, Chile, p 50

Crooks J (2002) Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers. *Oikos* 97(2):153-166

Guichón M (2003) Distribución espacial, comportamiento y estructura de poblaciones del coipo *Myocastor coypus* en la cuenca del Río Luján (Buenos Aires, Argentina). Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. <https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/>

Oporto J (2006) Prospección del Huillín (*Lontra provocax*) en la zona media del río Cruces, Provincia de Valdivia. Corporación Terra Australis, p 31

Oporto J (2009) Monitoreo del Huillín (*Lontra provocax*) y su hábitat en la zona de influencia de la planta Valdivia de Celulosa Arauco y Constitución, Región de los Ríos, Chile, p 70

Wilcove DS, Rothstein D, Dubow J, Phillips A, Losos E (1998) Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience* 48(8):607-615

## **ANEXOS**

**Tabla 1.** Avistamientos de mamíferos acuáticos en el área de estudio.

programas y campañas	número de especímenes	sectores de avistamientos
<b>Quinto año Programa de Monitoreo</b>		
<b>(abril 2019 – marzo 2020)</b>		
06 - 08 mayo 2019	7 coipos	uno en río San Ramón, uno en río Santa María, uno en canal mareal Cau Cau y cuatro en río Cruces, al norte de Isla Rialejo.
25 – 27 junio 2019	13 coipos	uno en balsa de Isla Rialejo, dos en río Cayumapu, dos en desembocadura de río Santa María, tres en desembocadura de río Pichoy y cinco al norte de Isla Rialejo.
25 – 27 septiembre 2019	4 coipos	uno en Isla La Culebra, uno en río Tambillo, uno en río Chorocamayo y uno en río Cudico.
	1 huillín	uno en río Pichoy.
	1 visón	uno en río Cruces, sector San Luis.
10 – 12 diciembre 2019	4 coipos	uno río Cruces, sector San Luis, uno en sector norte de Isla Rialejo y dos en río Cruces, sector Santa María.
	1 visón	uno en río Cruces, sector San Luis.
8 – 10 abril 2020	3 coipos	dos en sector norte Vuelta La Culebra y uno en sector medio río Chorocamayo.
<b>Cuarto año Programa de Monitoreo</b>		
<b>(abril 2018 – marzo 2019)</b>		
18 - 20 abril 2018	2 coipos	uno nadando en porción media de río Pichoy, el otro en totorales de desembocadura río Santa María.
	1 visón	posado en ribera de canal mareal Cau Cau, cercano a Jardín Botánico UACH.
17 - 19 julio 2018	11 coipos	dos en totorales de Vuelta La Culebra, dos posados sobre tronco en Isla Rialejo (letrero CONAF), tres en totorales desembocadura río San Ramón, uno en totorales interior río San Ramón, uno en totorales río Cruces, sector norte Punucapa, uno en totorales

		interior río Tambillo y uno en totorales río Cruces, sector Santa María.
02 - 05 octubre 2018	5 coipos	uno en totorales entrada río San Ramón, uno en totorales porción sur río Chorocamayo y tres en totorales río Cruces, sector San Martín.
18- 19 enero 2019	3 coipos	uno en totorales desembocadura río Cayumapu, uno en totorales porción sur río Nanihue y uno en totorales río Cruces, sector San Martín.
	2 huillines	Nadando entre praderas de <i>Ludwigia peploides</i> y Loto en sector medio de río Cayumapu.

**Tercer año Programa de Monitoreo  
(abril 2017 - marzo 2018)**

09- 11 mayo 2017	3 Coipos	en totorales río Cruces, cercanos a Isla Rialejo.
	3 visones	uno aguas arriba del río Pichoy, dos en la desembocadura del río Tambillo.
11- 13 octubre 2017	4 coipos	uno en la desembocadura del río San Ramón, cercano a Punucapa, dos cercanos a la isla Rialejo y uno aguas arriba del río Pichoy.
14-16 febrero 2018	1 coipo	río Cruces, sector Santa María.
	1 visión	en la desembocadura del río Santa María.

**Segundo año Programa de Monitoreo  
(abril 2016 - marzo 2017)**

28 - 30 abril 2016	2 coipos	uno en totorales cercanos a desembocadura del río Pichoy (hacia sector Plaza de Armas) y otro en totorales río San José, frente a Cuyinhue.
	1 huillín	en río Cruces, frente sector San Martín.
13 - 15 julio 2016	1 coipo	en totorales ubicados entre las desembocaduras de los ríos Pichoy y Cayumapu.
	2 huillines	uno en canal mareaal Cau Cau, frente a Facultad de Medicina UACH y otro en río Pichoy, aguas abajo del puente Pichoy.
	1 visión	en río Cruces, sector San Martín.

28 - 30 noviembre 2016	1 visión	en río Cruces, aguas abajo del Fuerte San Luis.
------------------------	----------	---

---



---

**Primer año Programa de Monitoreo**

**(abril 2015 - marzo 2016)**

28 - 30 septiembre 2015	1 coipo	en totorales del río Cayumapu, aguas abajo del sector la isla.
	1 huillín	en río Nanihue.
	2 visones	uno en río Calle Calle, aguas arriba playa Collico y otro en el mismo río, pero aguas arriba puente Santa Elvira.
28 - 30 noviembre 2015	1 coipo	en totorales río Cruces, sector Plaza de Armas.
27 - 29 enero 2016	1 coipo	en totorales río Cruces, cerca de Isla Rialejo.

---

**Tabla 2.** Registros de avistamientos y signos de presencia de Coipo (*Myocastor coypus*), Huillín (*Lontra provocax*) y Visón (*Neovison vison*) en el área del HRC y porciones de los ríos Calle Calle y Valdivia, durante el desarrollo del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (abril 2014 - marzo 2015) y los cinco años del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2015 abril 2020).

Quinto año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2019 - abril 2020)							
Sector avistamiento	fecha	coordenadas		especies			observaciones
		X	Y	Coipo	Huillín	visón	
río Chorocamayo	13/05/2019	653153	5600683	X			1 posado en totorales
río Cruces, norte Isla Rialejo	15/06/2019	655668	5603214	X			5 individuos entre totorales
río Cruces, norte Isla Rialejo	15/06/2019	654491	5603789	X			1 posado sobre letrero CONAF
río Cruces, Santa María	15/06/2019	656232	5607026	X			1 posado en totorales
río Cruces, sector San Luis	15/06/2019	658740	5614469	X			1 nadando
desembocadura río Pichoy	15/06/2019	656924	5603332	X			3 posados en totorales
río Cruces, norte Isla Rialejo	26/06/2019	654432	5603856	X			5 posados en totorales
río Cruces, sector Santa Clara	26/06/2019	653003	5602621	X			4 posados en totorales
sector sur Isla Rialejo	26/06/2019	653502	5603457	X			1 costado barcaza
desembocadura río Pichoy	02/07/2019	657232	5603806	X			4 posados en totorales
río San Ramón	02/07/2019	648449	5599818	X			6 posados en totorales del río
vega Santa Clara	03/07/2019	652546	5602104	X			2 posados en totorales
sector norte Isla Rialejo	03/07/2019	654491	5603789	X			2 posados en totorales
río Chorocamayo	03/07/2019	652309	5600745	X			1 nadando
entrada río Tambillo	10/07/2019	651030	5601882	X			1 posado en totorales
río Cruces, norte Isla Rialejo	10/07/2019	654476	5603737	X			3 posados en totorales
río Chorocamayo	10/07/2019	654193	5601104	X			1 posado en totorales
río San Ramón	10/07/2019	648174	5599966	X			2 posados en totorales
planicie La Dehesa	15/07/2019	649896	5599397	X			1 caminando
norte Vuelta La Culebra	15/07/2019	649798	5600480	X			2 posados en totorales
entrada río Tambillo	15/07/2019	651030	5601882	X			5 posados en totorales
río San Ramón	15/07/2019	648174	5599966	X			3 posados en totorales



vega Santa Clara	06/08/2019	652546	5602104	X	1 nadando
balsa Isla Rialejo	06/08/2019	653781	5603566	X	1 posado en la balsa
río San Ramón	06/08/2019	648174	5599966	X	5 posados en totorales
muelle río Chorocamayo	08/08/2019	654135	5600881	X	1 posado en totorales
río Cruces, norte Isla Rialejo	08/08/2019	654476	5603737	X	2 posados en totorales
río Cruces, norte Isla Rialejo	08/08/2019	654491	5603789	X	5 posados en totorales
río Cruces, Tres Bocas	13/08/2019	650966	5601359	X	4 posados en totorales
río Cruces, sector San Pedro	13/08/2019	650293	5600928	X	1 nadando
río San Ramón	13/08/2019	647789	5600264	X	9 posados sobre totorales
muelle río Chorocamayo	15/08/2019	654135	5600881	X	1 posado en totorales
río San Ramón	15/08/2019	647789	5600264	X	3 posados en totorales
norte Vuelta La Culebra	27/08/2019	650029	5600889	X	5 posados en totorales
río Cruces, sector San Pedro	27/08/2019	650293	5600928	X	5 posados en totorales
río Cruces, Tres Bocas	27/08/2019	650966	5601359	X	1 nadando
río Chorocamayo sur	27/08/2019	651213	5601331	X	1 posado en totorales
río Chorocamayo centro	27/08/2019	652148	5600936	X	1 posado en totorales
norte Vuelta La Culebra	29/08/2019	650029	5600889	X	1 nadando
Isla Rialejo	29/08/2019	653880	5603460	X	1 posado sobre la balsa
río Tambillo	31/08/2019	650916	5602863	X	1 posado en totorales
río Chorocamayo	31/08/2019	654434	5601093	X	3 posados sobre totorales
río Cruces, sector San Pedro	31/08/2019	650293	5600928	X	1 nadando
río Tambillo	12/09/2019	650831	5602427	X	1 posado en totorales
río Cruces, norte Isla Rialejo	12/09/2019	654476	5603737	X	3 posados en totorales
río Chorocamayo medio	12/09/2019	653109	5600649	X	1 posado en totorales
río San Ramón	12/09/2019	648174	5599966	X	2 posados sobre totorales
río Cruces, norte Isla Rialejo	14/09/2019	654439	5603732	X	12 posados sobre totorales
río Tambillo	14/09/2019	650966	5602340	X	2 posados sobre totorales
muelle río Chorocamayo	16/09/2019	654135	5600881	X	1 posado en muelle

río Cruces, sector San Ramón	16/09/2019	649092	5599636	X		1 posado en totorales
Vuelta La Culebra	28/09/2019	649794	5599313	X		3 posados en totorales
río Cruces, sector Punucapa	28/09/2019	648847	5598318	X		1 nadando
Isla Rialejo	01/10/2019	653880	5603460	X		1 posado sobre la balsa
río Chorocamayo	05/10/2019	654085	5600930	X		1 posado en totorales
Vuelta La Culebra	08/10/2019	649911	5598028	X		2 posados en totorales
vega camarones Santa Clara	28/11/2019	652546	5602104	X		1 posado en totorales
Isla La Culebra	31/01/2020	649839	5598742		X	1 caminando sobre totora
Isla Rialejo	31/01/2020	653880	5603460	X		1 caminando costado barcaza

**Cuarto año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2018 marzo 2019).**

sector	fecha	coordenadas		especies			observaciones
		X	Y	coipo	huillín	visón	
río Pichoy	21/06/2018	657027	5603480	X			1 individuo entre totorales
río Santa María	11/07/2018	654659	5604562	X			1 individuo entre totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	11/07/2018	654453	5603715	X			5 individuos entre totorales
río Cruces, Isla Rialejo sur	11/07/2018	653353	5603424	X			1 individuo en totorales
río Cruces, Santa Clara	11/07/2018	652868	5602128	X			2 individuos entre totorales
río Cruces, Tres Bocas	11/07/2018	651198	5601557	X			2 individuos entre totorales
río Tambillo	21/07/2018	650899	5602218	X			1 individuo en totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	21/07/2018	654490	5603703	X			7 individuos entre totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	21/07/2018	653455	5603414	X			2 individuos entre totorales
río Cruces, sector Punucapa	21/07/2018	648688	5599227	X			4 individuos entre totorales
río Cruces, sector San Martín	21/07/2018	656417	5608399	X			2 individuos entre totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	23/07/2018	654442	5603644	X			3 individuos entre totorales
río Cruces, balsa Isla Rialejo	23/07/2018	654155	5603576	X			2 individuos entre totorales
río Cruces, Isla Rialejo sur	23/07/2018	653349	5603419	X			1 individuo sobre troncos
río Cruces, sector Santa Clara	23/07/2018	652704	5602189	X			1 individuo en totorales
río Cruces, sector Isla Rialejo	23/07/2018	654656	5604010	X			1 individuo sobre troncos

río Cruces, sector Santa María	01/08/2018	655933	5605707	X		1 individuo en totorales
río Cruces, balsa Isla Rialejo	01/08/2018	654200	5603544	X		1 individuo en totorales
río Cruces, sector Santa Clara	01/08/2018	652949	5602179	X		1 individuo en totorales
Canal mareal Cau Cau	27/08/2018	649684	5592829		X	1 individuo en la ribera
río Chorocamayo	27/08/2018	655123	5602844	X		1 individuo en totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	27/08/2018	654448	5603645	X		10 individuos entre totorales
río Cruces, balsa Isla Rialejo	27/08/2018	654003	5603597	X		4 individuos entre totorales
río Cruces, sector San Martín	27/08/2018	656040	5607883	X		1 individuo en totorales
río Pichoy	27/08/2018	657061	5603534	X		1 individuo en totorales
Vuelta La Culebra	06/09/2018	649897	5599296	X		3 individuos entre totorales
Vuelta La Culebra	24/09/2018	649885	5600014	X		6 individuos entre totorales
río Cruces, sector San Pedro	24/09/2018	651464	5601675	X		2 individuos entre totorales
río Cruces, sector Santa María	24/09/2018	655135	5605199	X		5 individuos entre totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	24/09/2018	654404	5603613	X		1 individuo en totorales
río Tambillo	24/09/2018	651005	5602116	X		1 individuo en totorales
Vuelta La Culebra	25/09/2018	649962	5597757	X		3 individuos entre totorales
río Tambillo	25/09/2018	651005	5602116	X		1 individuo en totorales
río Cruces, Isla Rialejo sur	25/09/2018	653325	5603147	X		1 individuo en totorales
río Cruces, balsa Isla Rialejo	25/09/2018	653943	5603606	X		1 individuo en totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	25/09/2018	654590	5603909	X		10 individuos entre totorales
río Chorocamayo	25/09/2018	653740	5600645	X		1 individuo en totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	26/09/2018	654540	5600645	X		9 individuos entre totorales
río Cruces, sector Santa Clara	27/09/2018	653065	5602415	X		2 individuos entre totorales
río Cruces, balsa Isla Rialejo	27/09/2018	653943	5603606	X		2 individuos entre totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	27/09/2018	654540	5603799	X		5 individuos entre totorales
río Cruces, sector San Martín	27/09/2018	656213	5607646	X		2 individuos entre totorales
sector Isla La Culebra	27/09/2018	649918	5598800	X		4 individuos entre totorales
río Cruces, sector Punucapa	27/09/2018	648590	5598944	X		1 individuo en totorales

río Cruces, sector Tres Bocas	29/09/2018	650875	5601442	X		2 individuos entre totorales
río Chorocamayo	29/09/2018	652865	5600616	X		3 individuos entre totorales
río Cruces, sector Punucapa	29/09/2018	648696	5598402	X		2 individuos entre totorales
río Cruces, Isla Rialejo sur	03/10/2018	653353	5603424	X		1 individuos entre totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	03/10/2018	654540	5603799	X		6 individuos entre totorales
río Cruces, sector San Martín	03/10/2018	656213	5607646	X		3 individuos entre totorales
río Cruces, sector San Pedro	05/10/2018	651464	5601675	X		1 individuo en totorales
río San Ramón	09/10/2018	647950	5600012	X		1 individuo en totorales
sector río Mocho	09/10/2018	653651	5601264	X		4 individuos entre totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	09/10/2018	654404	5603613	X		6 individuos entre totorales
río Cruces, balsa Isla Rialejo	09/10/2018	653943	5603606	X		1 individuo en totorales
río Cruces, Isla Rialejo sur	09/10/2018	653353	5603424	X		2 individuos entre totorales
sector Isla La Culebra	11/10/2018	649918	5598800	X		1 individuo en totorales
río Tambillo	11/10/2018	650966	5602136	X		1 individuo en totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	11/10/2018	654540	5603799	X		3 individuos entre totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	22/10/2018	654448	5603645	X		4 individuos entre totorales
Canal mareal Cau Cau	22/10/2018	649056	5595159	X		1 individuo en totorales
río Cruces, sector San Pedro	23/10/2018	649981	5600993	X		1 individuo en totorales
río Cruces, sector Tres Bocas	24/10/2018	650828	5601230	X		1 individuo en totorales
río Cruces, sector San Martín	24/10/2018	656119	5606357	X		3 individuos entre totorales
río Cruces, sector San Pedro	05/11/2018	650438	5601102	X		1 individuo en totorales
río Cruces, Isla Rialejo norte	07/11/2018	654448	5603645	X		5 individuos entre totorales
río Cruces, sector San Martín	29/01/2019	656107	5606406	X		1 individuo en totorales

**Tercer año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2017 - marzo 2018).**

sector	fecha	coordenadas		especies			observaciones
		X	Y	coipo	huillín	visón	
sector San Ramón	02/05/2017	648759	5599692	X			tres individuos en totorales
desembocadura río Cudico-Nanihue	22/05/2017	657006	5607773	X			seis individuos entre totorales

sector San Martín	21/09/2017	656254	5607590	X	cinco individuos cercanos al muelle hualamo
sector San Martín	28/09/2017	656210	5607681	X	un individuo cercano al muelle hualamo
sector Cayumapu	07/10/2017	656461	5600550	X	dos individuos cruzando el río
sector San Martín	12/10/2017	655286	5605337	X	un individuo sobre balsa tronco
rio Cruces- Rialejo	15/12/2017	654074	5603618	X	un individuo en balsa rialejo
sector San Martín	01/01/2018	656187	5607774	X	un individuo sobre tronco cercano a muelle hualamo

**Segundo año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2016 - marzo 2017)**

sector	fecha	coordenadas		especies			observaciones
		X	Y	coipo	huillín	visón	
río Calle Calle, sector Quita calzón	01/04/16	655360	5594723			X	un individuo corriendo por la ribera
río Cruces, sector planicies Punucapa	01/04/16	649246	5596441		X		un individuo en el agua
río San Ramón, sector muelle	01/04/16	648443	5600007			X	fecas frescas
río Cruces, sector península San Ramón	01/04/16	649436	5600438			X	fecas frescas
río Cruces, sector Isla Teja	18/04/16	647595	5594501		X		letrinas frescas
canal mareal Cau Cau, sector baliza ARMADA de Chile	25/04/16	648670	5594734			X	fecas y huellas frescas, playa de arena
río Cruces, sector Carriquilda	05/05/16	667372	5620523		X		un individuo en el agua
río Cruces, sector planicies Punucapa	10/05/16	648559	5595558		X		un individuo en el agua
río Cruces, sector baliza Punucapa	01/06/06	649047	5597550		X		fecas frescas
río Cruces, sector totoral Punucapa	01/06/16	649316	5597530	X			un individuo en el agua
río Calle Calle, sector urbano Collico	21/07/16	653195	5592294			X	un individuo en muelle viejo

canal mareal Cau Cau, entrada marina J. Brieva	21/07/16	650149	5592393		X		un individuo en el agua
canal mareal Cau Cau, interior marina J. Brieva	21/07/16	650214	5592484			X	un individuo en el muelle
río Cruces, muelle La Dehesa	21/07/16	650081	5598745			X	fecas frescas
entrada río Pichoy	21/07/16	655916	5602715	X			un individuo en el agua
río Cruces, sector Santa María	21/07/16	656068	5608770		X		un individuo en el agua
río Cruces, sector planicie San Luis	21/07/16	658031	5613389	X			huellas y comederos frescos
río Cruces, sector Isla Rialejo	09/11/16	653146	5602827	X			un individuo en el agua
río Cruces, sector totoral Isla Rialejo	09/11/16	654155	5602558	X			comederos
salida río Cayumapu hacia río Pichoy	09/11/16	655409	5602081	X			un individuo en el agua
río Cruces, sector San Martin	09/11/16	655754	5609785		X		un individuo en el agua
río San José	09/11/16	660726	5617327	X			un individuo en el agua
río Cruces, muelle viejo sector Santa María	09/11/16	656032	5608692			X	fecas frescas
canal mareal Cau Cau, entrada marina J. Brieva	29/12/16	650113	5592413			X	un individuo en el agua
entre desembocaduras ríos Cayumapu y Pichoy	29/12/16	655517	5602208		X		un individuo en el agua
sector Plaza de Armas, entrada río Pichoy	24/01/17	656951	5603404	X			Individuo comiendo sector totoras
sector planicie San Luis	24/01/17	657888	5613225			X	un individuo en el agua

---

**Primer año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2015 - marzo 2016)**

sector	fecha	coordenadas		especies			observaciones
		X	Y	Coipo	Huillín	visón	
río Cruces, sector Carriquilda	08/04/15	667373	5620511		X		un individuo en el agua
canal mareal Cau Cau	15/04/15	650214	5592490			X	muelle, marina Jesús Brieva
canal mareal Cau Cau, sector baliza ARMADA de Chile	21/04/15	648635	5594726			X	fecas y huellas frescas, playa de arena

río Cruces, sector Isla Teja	21/04/15	647772	5594769		X		letrinas en buen estado y frescas
río Cruces, sector Península San Ramón	22/04/15	649516	5600512			X	fecas frescas
río Cruces, sector Punucapa (baliza)	13/05/15	649068	5597518		X		un individuo en el agua
río Cayumapu, sector interior.	13/05/15	658010	5599957	X			un individuo en el agua
río Cruces, sector San Martín	29/09/15	656084	5608684		X		un individuo en el agua
río Cayumapu, sector interior	29/09/15	658233	5600086	X			un individuo en el agua
río Calle Calle, sector urbano	28/09/15	653161	5592448			X	un individuo alimentándose
río Calle Calle, sector urbano	28/09/15	654120	5594318			X	un individuo corriendo por la ribera
río Cruces sector Plaza de Armas	19/11/15	655551	5605284	X			un individuo en el agua
río Nanihue, sector interior	19/11/15	658460	5610224		X		un individuo en el agua
río Tambillo, sector interior	07/01/16	650811	5602606			X	un individuo en el agua
río Cruces, sector Isla Rialejo	19/01/16	653200	5602981	X			un individuo en el agua

---

**Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (abril 2014 - marzo 2015)**

sector	fecha	coordenadas		especies			observaciones
		X	Y	Coipo	Huillín	visón	
río Cruces, sector Ciruelos	07/04/14	687860	5622468		X		fecas frescas
río Cruces, San Luis	14/04/14	658770	5614409			X	fecas frescas
canal mareal Cau Cau	09/04/14	650214	5592490			X	muelle, marina Jesús Brieva
canal mareal Cau- Cau	09/04/14	647779	5594774		X		letrinas en buen estado y frescas
río Pichoy	11/04/14	662677	5605173		X		letrinas en buen estado y frescas
río Cruces, sector La Dehesa.	20/04/14	650059	5598753				fecas frescas
río Cruces, sector Punucapa	29/05/14	649098	5596161		X		un individuo en el agua
río Cruces, sector Punucapa	15/07/14	648710	5595837		X		un individuo en el agua
río Cruces, sector Punucapa	16/09/14	648959	5597732		X		un individuo en el agua
río Cruces, sector Punucapa	16/09/14	648973	5597704			X	fecas frescas
río Cruces, sector Punucapa	16/09/14	649027	5597548		X		fecas frescas y antiguas
río San Ramón	28/10/14	648431	5599994			X	fecas frescas
río Cruces, sector San Ramón	28/10/14	649415	5600396			X	fecas frescas
río Cayumapu	04/11/14	655423	5601330			X	fecas frescas
río Cayumapu	05/11/14	659018	5600192	X			Individuo capturado en trampa

río Pichoy	13/11/14	659654	5603185			X	fecas frescas
río Cruces, sector Fuerte San Luis	19/11/14	659386	5614643	X			comederos y madrigueras
río Cruces, sector Plaza de Armas	19/11/14	656221	5605814	X			comederos frescos.
río Cruces, sector Isla Rialejo	19/11/14	654551	5602891	X			comederos frescos
río Cruces, sector Isla Rialejo	19/11/14	653565	5602457	X			comederos y madrigueras
río Tambillo	02/12/14	650961	5603343			X	fecas frescas
río Cruces, sector San Martin	10/12/14	655776	5609604		X		un individuo en el agua
San Martin	10/12/14	655764	5610122		X		un individuo en el agua
sector tres Bocas, río Tambillo	14/12/14	651020	5602212	X			un individuo entre totoras

---



### **4.3. ANÁLISIS COMPARATIVOS DE DATOS OBTENIDOS EN PROGRAMAS DE DIAGNOSTICO Y MONITOREO CON ESTUDIOS PREVIOS DE RIESGO ECOLÓGICO**

#### **4.3.1. Antecedentes**

Con el objeto de realizar predicciones y evaluar tempranamente las condiciones del ecosistema del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC), el Comité Científico y Social sugirió considerar dentro del diseño final del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC y sus ríos tributarios (2014), una metodología que incluyera la evaluación del Riesgo Ecológico Local (REC).

Durante el desarrollo del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC, se contrastaron los resultados obtenidos de los estudios de calidad de agua realizados durante el mismo, con los datos referenciales señalados en los estudios de Riesgo Ecológico realizados por Encina *et al.* (2011) para el área del humedal y aplicando una aproximación teórica, la que incluye el uso de los valores ecotoxicológicos “end point” de bioensayos agudos realizados con Hierro, Aluminio y Manganeso para especies representativas en el HRC (Encina *et al.*, 2009).

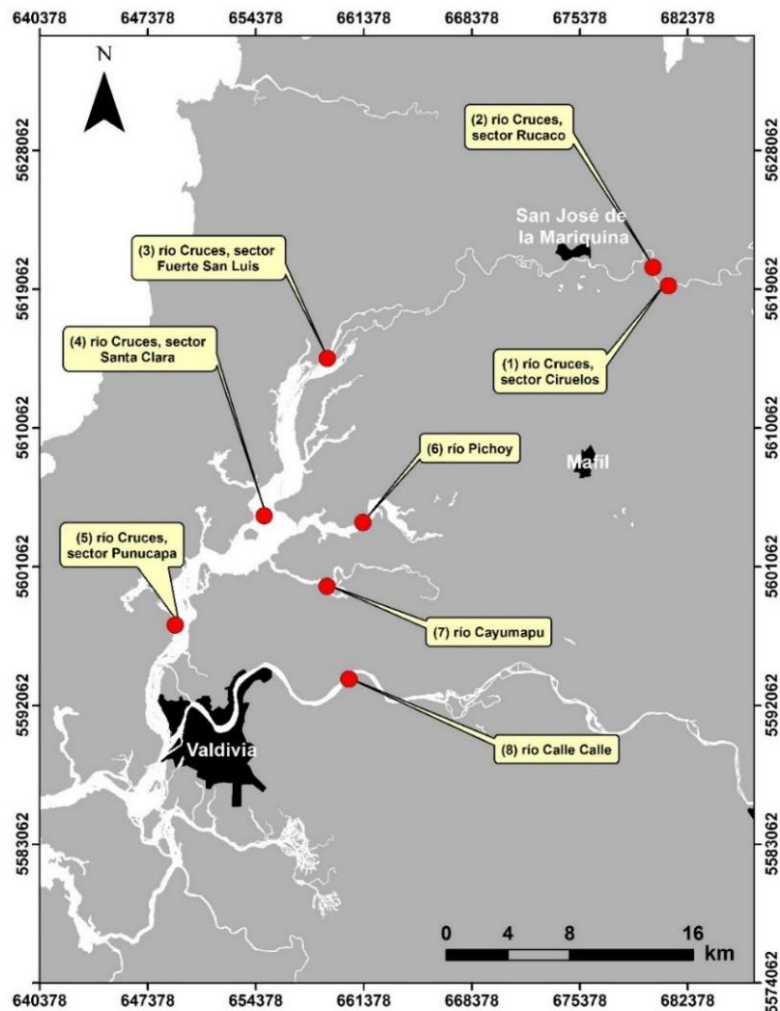
En este contexto y con el objetivo de evaluar las condiciones químicas del agua superficial del HRC, en cuanto a las concentraciones de los metales disueltos encontrados en mayor proporción (Hierro, Aluminio y Manganeso), se realizaron análisis comparativos entre las concentraciones obtenidos durante los Programas de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del humedal (abril, mayo y julio 2014 y abril y julio del período 2015-2019, respectivamente), con las estudiadas por Encina *et al.* (2011), en sus estudios de riesgo ecológico utilizando especies locales de relevancia ecológica dentro de este mismo sistema (Encina *et al.*, 2009).

#### 4.3.2. Objetivos

- Realizar una comparación entre las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disuelto en aguas superficiales registradas como parte del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (abril, mayo y julio 2014), con aquellas obtenidas durante el desarrollo del Programa de Monitoreo Ambiental del humedal (abril y julio del período 2015-2019), con las concentraciones de efectos no observados (NOEC) obtenidas para siete especies locales de importancia ecológica (Encina *et al.*, 2011).
- Evaluar el Riesgo Ecológico Potencial de las siete especies locales utilizadas, en base a los resultados derivados de los análisis de las comparaciones contempladas en el objetivo anterior.

#### 4.3.3. Material y métodos

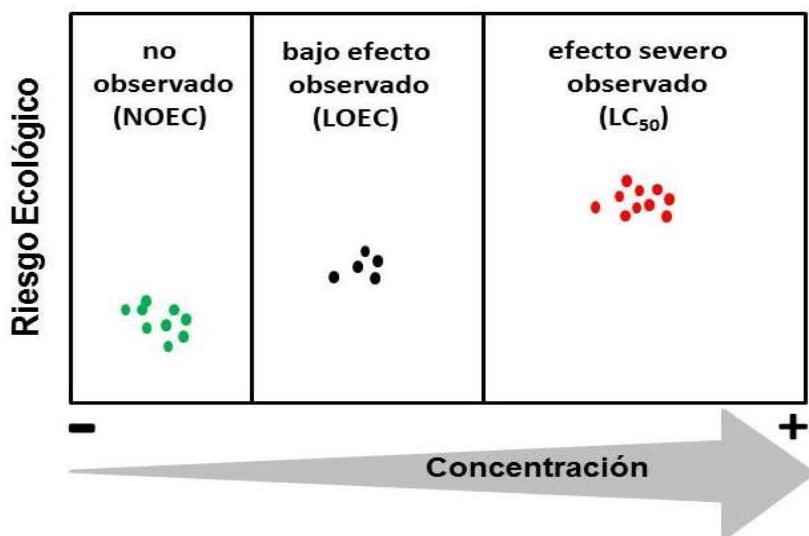
Basados en los resultados obtenidos por el estudio realizado por Encina *et al.* (2011), cuyo segundo objetivo general fue “determinar los niveles de sensibilidad crónica (efectos subletales) a determinados xenobióticos sobre siete especies locales de mayor relevancia ecológica” del HRC, se utilizaron los valores de NOEC (“No Observed Effect Concentration”) para evaluar y comparar las concentraciones de tres metales objeto de estudio (Hierro, Aluminio y Manganeso disuelto) en el Capítulo de Calidad de agua (Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC (2014-2019)). La concentración de esos metales pesados se midió en el agua superficial de ocho estaciones de muestreo ubicadas en diferentes partes del sistema hidrográfico del HRC (Fig. 4.3.1).



**Figura 4.3.1.** Ubicación de las estaciones de muestreo (1 a 8) para análisis de calidad de agua en el área de estudio. Las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el agua superficial de estas estaciones, es la utilizada en este estudio.

El fundamento teórico de la estimación de estos valores de protección ecológica, contempla la exposición de una concentración alta que no causa efecto (*e.g.* mortalidad, alteraciones reproductivas, cambios en comportamientos, alimentación, etc.) en la población estudiada al ser comparada con un efecto control (NOEC) de manera experimental. Por lo general, estos valores son usados con frecuencia como un indicador general de la toxicidad aguda de alguna sustancia específica presente en el medio acuático (Newman & Unger, 2003).

Teniendo en cuenta esos valores de concentraciones, se trabajó en base a un esquema conceptual, representado por un gráfico X-Y, donde el eje “X” incluye las concentraciones de un elemento determinado en el medio (*e.g.*, Hierro, Aluminio y Manganeseo disueltos) y el eje “Y” representa el riesgo ecológico potencial de ese elemento al sistema o especie modelo objetivo (Fig. 4.3.2).



**Figura 4.3.2.** Esquema conceptual para evaluar los valores de las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeseo disueltos obtenidos por Encina *et al.* (2011), *versus* los valores de las concentraciones de estos parámetros registrados en las estaciones establecidas en el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. NOEC: No Observed Effect Concentration; LOEC: Lowest Observed Effect Concentration y LC<sub>50</sub>: Median Lethal Concentration.

En base a este esquema conceptual de evaluación y a los valores de las concentraciones recopilados de los bioensayos toxicológicos realizados por Encina (Tabla 4.3.1) y a las concentraciones de metales medidas en el agua superficial de las ocho estaciones de muestreo del Programa de Monitoreo y sus equivalentes del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (Tablas 4.3.2 a 4.3.4), la metodología final utilizada para la comparación es la siguiente:

- Mediante un programa de diseño de gráficos (SigmaPlot 11.0), se confeccionaron gráficos “X-Y”, donde en el eje “X” se representan las ocho estaciones utilizadas en el

Programa de Monitoreo del HRC y en el eje “Y” las concentraciones registradas para Hierro, Aluminio y Manganese disueltos de la totalidad de las campañas realizadas en el periodo comprendido entre los años 2014 y 2019 en las estaciones que se muestran en la Figura 4.3.1. Una vez confeccionados los gráficos anteriores, se marcó mediante una línea paralela al eje “X” los valores NOEC para cada una de los siete taxa utilizados en los bioensayos de toxicología realizados por Encina *et al.* (2011).

- Posteriormente, se evaluó la proximidad de los valores de las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganese disueltos obtenidas en el agua superficial de las ocho estaciones del área de estudio del Programa de Monitoreo a la línea referencial representada por los valores NOEC obtenidos por Encina *et al.* (2011). Esto permitió establecer el Riesgo Ecológico Potencial (REP) estimado para cada una de los taxa utilizados en este análisis, según las concentraciones registradas durante el período 2014-2019.

**Tabla 4.3.1.** Resumen de las concentraciones ( $\mu\text{g/L}$ ) obtenidas para tres diferentes metales utilizados en Bioensayos de Toxicidad para NOEC y  $\text{LC}_{50}$  en siete especies locales del humedal del río Cruces. Los datos fueron extraídos de Encina *et al.* (2011).

especies	grupo	metal	NOEC	$\text{LC}_{50}$
Microalga <i>Scenedesmus quadricauda</i>	Fitoplancton	Fe	1200	6300
	Clase Chlorophyceae	Al	4600	9700
		Mn	5200	9400
Microalga del género <i>Chlorella</i>	Fitoplancton	Fe	600	1200
	Clase Chlorophyceae	Al	1500	7200
		Mn	900	1400
Cladóceros del género <i>Simocephalus</i>	Zooplancton	Fe	750	1500
	Clase Branchiopoda	Al	1000	5500
	Orden Cladocera	Mn	2200	7300
Rotíferos del género <i>Brachionus</i>	Zooplancton	Fe	1,3	4,3
	Clase Rotífera	Al	4,8	5,5
		Mn	0,8	1,0
Copépodos del género <i>Mesocyclops</i>	Zooplancton	Fe	600	1800
	Clase Crustacea	Al	800	1600
	Orden Copepoda	Mn	400	800
Insecto de la familia Leptophlebiidae	Macrobentos	Fe	500	4300
	Clase Insecta	Al	800	3000
	Orden Ephemeroptera	Mn	500	7500
Insecto de la familia Chironomidae	Macroinvertebrado	Fe	5500	9100
	Clase Insecta	Al	5500	24700
	Orden Diptera	Mn	5800	36000

**Tabla 4.3.2.** Concentraciones de Hierro disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones del área de estudio (Fig. 4.3.1) correspondiente al Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC (abril, mayo y julio 2014 y abril y julio 2015-2019, respectivamente). Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

Estaciones	Hierro ( $\mu\text{g/L}$ )				
	abril	2014 mayo	julio	2015 abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	111,2 (31,0)	47,2 (5,6)	45,6 (4,3)	138,5 (31,4)	44,8 (19,2)
2 (sector Rucaco)	10,7 (3,7)	47,8 (7,9)	46,6 (12,4)	68,33 (23,0)	45,3 (16,1)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	65,2 (13,6)	46,8 (0,7)	40,0 (6,2)	83,8 (2,2)	64,6 (3,7)
4 (sector Santa Clara)	57,2 (7,4)	100,3 (1,7)	53,9 (12,0)	31,1 (3,2)	64,5 (2,0)
5 (sector Punucapa)	44,0 (2,1)	64,8 (6,7)	52,7 (15,3)	15,5 (2,8)	71,3 (2,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	117,5 (38,1)	136,1 (53,8)	63,9 (4,9)	103,9 (0,6)	114,7 (1,8)
7 (río Cayumapu)	93,0 (1,2)	112,0 (24,3)	66,5 (1,2)	34,2 (6,1)	100,1 (34,9)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	23,7 (0,2)	33,2 (0,0)	23,7 (0,2)	43,5 (2,8)	25,2 (9,9)

Continuación Tabla 4.3.2.

estaciones	Hierro ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	93,7 (2,6)	68,3 (2,6)	141,7 (2,5)	104,1 (20,9)
2 (sector Rucaco)	20,9 (3,9)	22,2 (0,4)	21,3 (0,2)	111,6 (5,4)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	68,9 (7,1)	39,3 (2,1)	114,8 (2,4)	100,7 (25,2)
4 (sector Santa Clara)	45,5 (0,9)	37,0 (0,7)	64,7 (1,3)	110,5 (30,6)
5 (sector Punucapa)	15,7 (0,3)	15,4 (0,3)	22,3 (0,6)	144,6 (5,2)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	90,1 (0,3)	102,1 (0,7)	136,6 (1,1)	167,8 (44,5)
7 (río Cayumapu)	55,0 (1,8)	61,9 (0,3)	77,0 (1,2)	249,2 (20,1)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	33,8 (0,3)	30,5 (1,6)	38,5 (0,4)	35,8 (2,3)



Continuación Tabla 4.3.2

estaciones	Hierro ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	187,1 (7,0)	71,3 (0,3)	118,9 (1,0)	70,9 (0,2)
2 (sector Rucaco)	96,7 (0,6)	47,9 (0,6)	13,7 (0,4)	52,5 (0,7)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	184,1 (8,9)	110,2 (0,6)	70,6 (0,2)	68,4 (0,2)
4 (sector Santa Clara)	133,1 (1,1)	127,0 (1,4)	27,6 (1,2)	52,7 (0,8)
5 (sector Punucapa)	141,8 (1,3)	91,4 (1,3)	4,9 (0,1)	53,6 (0,2)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	189,6 (1,3)	170,8 (1,1)	195,0 (1,9)	67,3 (0,3)
7 (río Cayumapu)	189,1 (11,4)	154,6 (2,3)	63,7 (0,2)	96,0 (0,3)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	47,3 (0,3)	22,8 (0,6)	35,5 (0,8)	18,5 (0,1)

**Tabla 4.3.3.** Concentraciones de Aluminio disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones del área de estudio (Fig. 4.3.1) correspondiente al Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC (abril, mayo y julio 2014 y abril y julio 2015-2019, respectivamente). Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

Estaciones	Aluminio ( $\mu\text{g/L}$ )				
	2014			2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	9,9 (2,0)	8,2 (1,1)	20,4 (1,4)	10,5 (1,6)	18,6 (4,2)
2 (sector Rucaco)	6,3 (0,6)	11,2 (0,9)	23,4 (7,0)	10,1 (0,4)	18,3 (4,9)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	7,6 (1,5)	11,6 (0,3)	11,9 (1,2)	10,8 (0,4)	20,7 (0,1)
4 (sector Santa Clara)	12,9 (1,4)	14,8 (1,2)	17,9 (2,1)	8,2 (1,1)	21,8 (0,1)
5 (sector Punucapa)	9,0 (0,5)	11,8 (0,8)	13,5 (3,2)	5,7 (0,1)	25,5 (1,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	12,6 (1,8)	21,0 (5,3)	28,3 (1,0)	12,0 (0,0)	44,4 (0,7)
7 (río Cayumapu)	6,6 (0,5)	19,2 (2,8)	38,5 (1,6)	1,3 (0,2)	48,7 (14,6)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	5,3 (0,6)	20,0 (1,1)	10,5 (1,7)	6,3 (0,0)	24,6 (6,5)

Continuación Tabla 4.3.3.

estaciones	Aluminio ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	7,0 (0,01)	4,4 (0,41)	9,5 (0,7)	10,1 (0,5)
2 (sector Rucaco)	7,7 (0,70)	3,9 (0,38)	5,4 (0,2)	11,6 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	8,2 (0,57)	5,3 (0,73)	10,1 (0,0)	12,6 (2,2)
4 (sector Santa Clara)	11,2 (0,01)	5,1 (0,09)	9,1 (0,1)	15,4 (1,0)
5 (sector Punucapa)	4,1 (0,58)	3,4 (0,71)	8,7 (0,5)	22,2 (0,6)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	7,5 (0,02)	14,4 (0,55)	11,2 (0,1)	28,1 (4,5)
7 (río Cayumapu)	3,6 (0,13)	5,9 (0,03)	4,9 (0,2)	35,6 (0,2)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	7,3 (0,13)	4,3 (0,27)	9,4 (0,6)	10,3 (1,3)

Continuación Tabla 4.3.3.

estaciones	Aluminio ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	21,7 (0,5)	8,1 (0,9)	7,3 (0,1)	28,3 (0,2)
2 (sector Rucaco)	9,8 (0,2)	10,6 (0,2)	5,0 (0,1)	14,1 (0,3)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	16,4 (0,4)	13,4 (0,3)	6,8 (0,1)	20,9 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	16,0 (0,0)	21,6 (0,1)	14,3 (0,3)	17,2 (0,6)
5 (sector Punucapa)	25,7 (0,1)	17,1 (0,3)	5,8 (0,1)	18,2 (0,7)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	41,4 (0,5)	32,3 (0,5)	5,5 (0,1)	23,1 (0,8)
7 (río Cayumapu)	39,4 (0,0)	37,3 (0,9)	2,1 (0,0)	40,0 (0,0)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	12,0 (0,2)	6,6 (0,1)	2,6 (0,0)	10,9 (0,1)

**Tabla 4.3.4.** Concentraciones de Manganeso disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones del área de estudio (Fig. 4.3.1) correspondiente al Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC (abril, mayo y julio 2014 y abril y julio 2015-2019, respectivamente). Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

Estaciones	Manganeso ( $\mu\text{g/L}$ )				
		2014		2015	
	abril	mayo	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>					
1 (sector Ciruelos)	17,7 (0,3)	4,7 (0,2)	1,4 (0,2)	11,4 (1,1)	2,6 (0,5)
2 (sector Rucaco)	24,4 (0,5)	5,5 (0,5)	1,6 (0,4)	25,3 (0,9)	2,8 (0,2)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>					
3 (sector Fuerte San Luis)	26,5 (1,5)	10,0 (0,1)	2,2 (0,0)	3,5 (0,3)	2,8 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	0,9 (0,1)	9,2 (5,5)	2,0 (0,0)	0,2 (0,0)	1,3 (0,0)
5 (sector Punucapa)	1,4 (0,2)	0,8 (0,0)	2,5 (0,3)	1,8 (0,1)	1,5 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>					
6 (río Pichoy)	27,0 (0,3)	19,1 (0,4)	22,6 (0,9)	19,7 (2,9)	8,8 (0,2)
7 (río Cayumapu)	22,4 (0,2)	4,9 (0,5)	5,4 (0,1)	27,8 (1,9)	9,8 (0,6)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>					
8 (río Calle Calle)	3,5 (0,1)	0,9 (0,1)	1,8 (0,3)	3,4 (0,0)	2,3 (0,2)

Continuación Tabla 4.3.4.

estaciones	Manganeso ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2016		2017	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	13,5 (0,02)	14,4 (0,28)	8,5 (0,2)	19,1 (0,2)
2 (sector Rucaco)	18,5 (0,29)	16,2 (0,36)	12,0 (0,0)	18,7 (0,5)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	1,5 (0,21)	12,0 (0,92)	5,1 (0,0)	20,8 (1,0)
4 (sector Santa Clara)	0,8 (0,13)	0,4 (0,01)	0,4 (0,0)	9,1 (0,2)
5 (sector Punucapa)	8,6 (0,16)	1,7 (0,02)	0,5 (0,0)	7,6 (0,1)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	13,4 (0,21)	4,1 (0,05)	6,0 (0,0)	37,5 (0,6)
7 (río Cayumapu)	27,7 (0,16)	0,7 (0,02)	4,5 (0,0)	19,7 (0,2)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	0,6 (0,01)	3,3 (0,23)	1,8 (0,1)	5,3 (0,1)

Continuación Tabla 4.3.4.

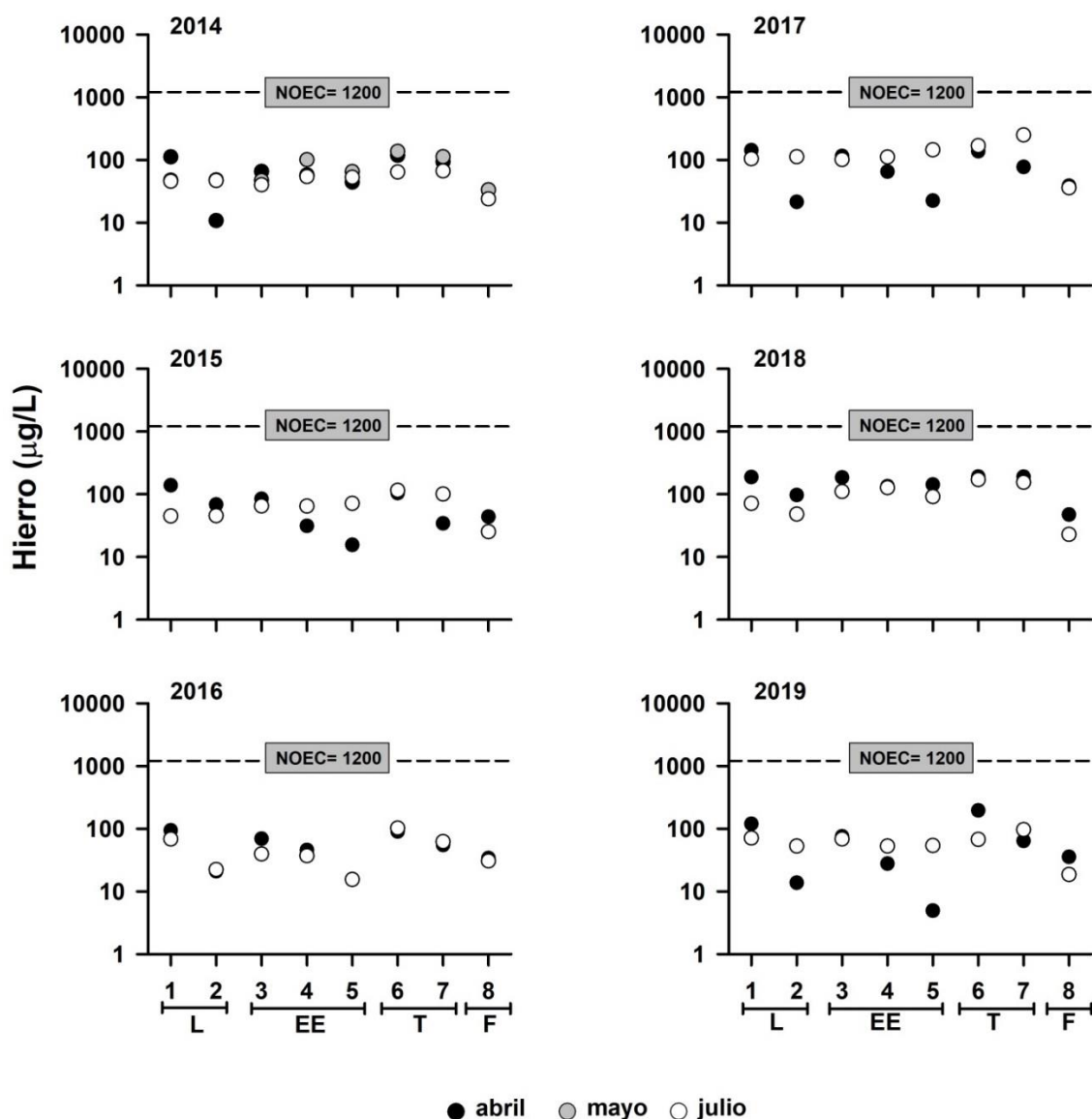
estaciones	Manganeso ( $\mu\text{g/L}$ )			
	2018		2019	
	abril	julio	abril	julio
<b>Eje central del río Cruces (área límnic)</b>				
1 (sector Ciruelos)	15,6 (0,3)	11,2 (0,2)	8,2 (0,4)	8,0 (0,0)
2 (sector Rucaco)	16,9 (0,2)	14,2 (0,5)	9,1 (0,1)	7,5 (0,0)
<b>Eje central del río Cruces (área estuarial)</b>				
3 (sector Fuerte San Luis)	17,5 (0,3)	14,1 (0,2)	10,5 (0,1)	8,5 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	5,8 (0,0)	8,6 (0,0)	1,6 (0,0)	4,5 (0,1)
5 (sector Punucapa)	1,4 (0,0)	6,0 (0,4)	17,5 (0,3)	5,0 (0,0)
<b>Ríos tributarios del río Cruces (área estuarial)</b>				
6 (río Pichoy)	27,4 (0,0)	18,6 (0,3)	17,7 (0,5)	13,4 (0,1)
7 (río Cayumapu)	22,1 (0,1)	14,1 (0,0)	17,0 (0,0)	11,8 (0,1)
<b>Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (área estuarial)</b>				
8 (río Calle Calle)	1,5 (0,0)	3,7 (0,0)	1,7 (0,0)	2,5 (0,0)

#### 4.3.4. Resultados

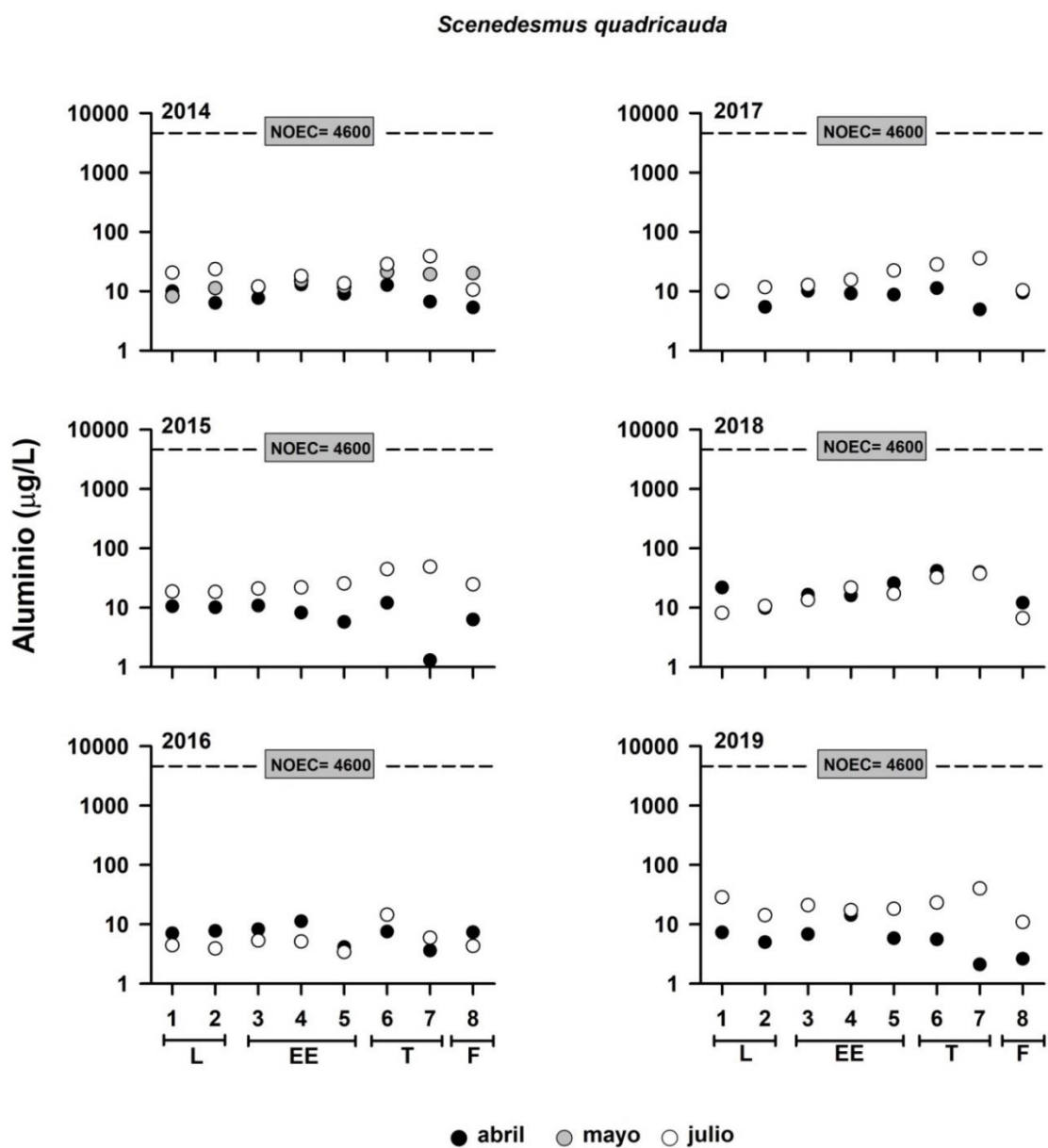
La integración de los resultados de Encina *et al.* (2011) con las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el agua de las ocho estaciones estudiadas, durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC, se presenta en las Figuras 4.3.3 a la 4.3.23. Debido a las grandes diferencias en las magnitudes de los valores representados en los ejes “Y” de los gráficos (concentraciones de metales), fue necesario utilizar escalas logarítmicas para reducir esas diferencias a rangos más cercanos y obtener así una representación más apropiada para una mejor comprensión gráfica de los resultados.

El rotífero del género *Brachionus* es la única especie cuyos valores de NOEC (ver Tabla 4.3.1) están bajo las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el área de estudio (Fig. 4.3.12 a 4.3.14)

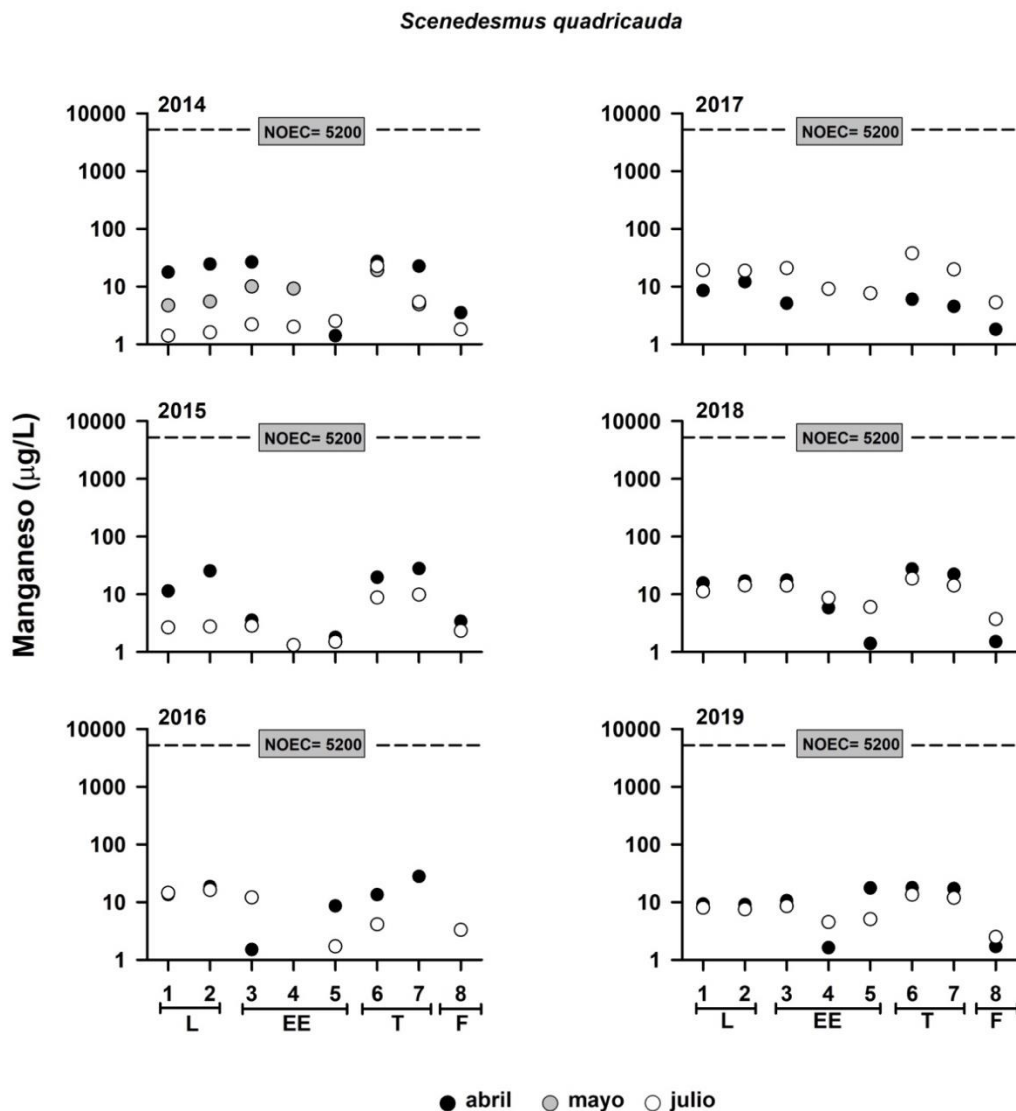


*Scenedesmus quadricauda*

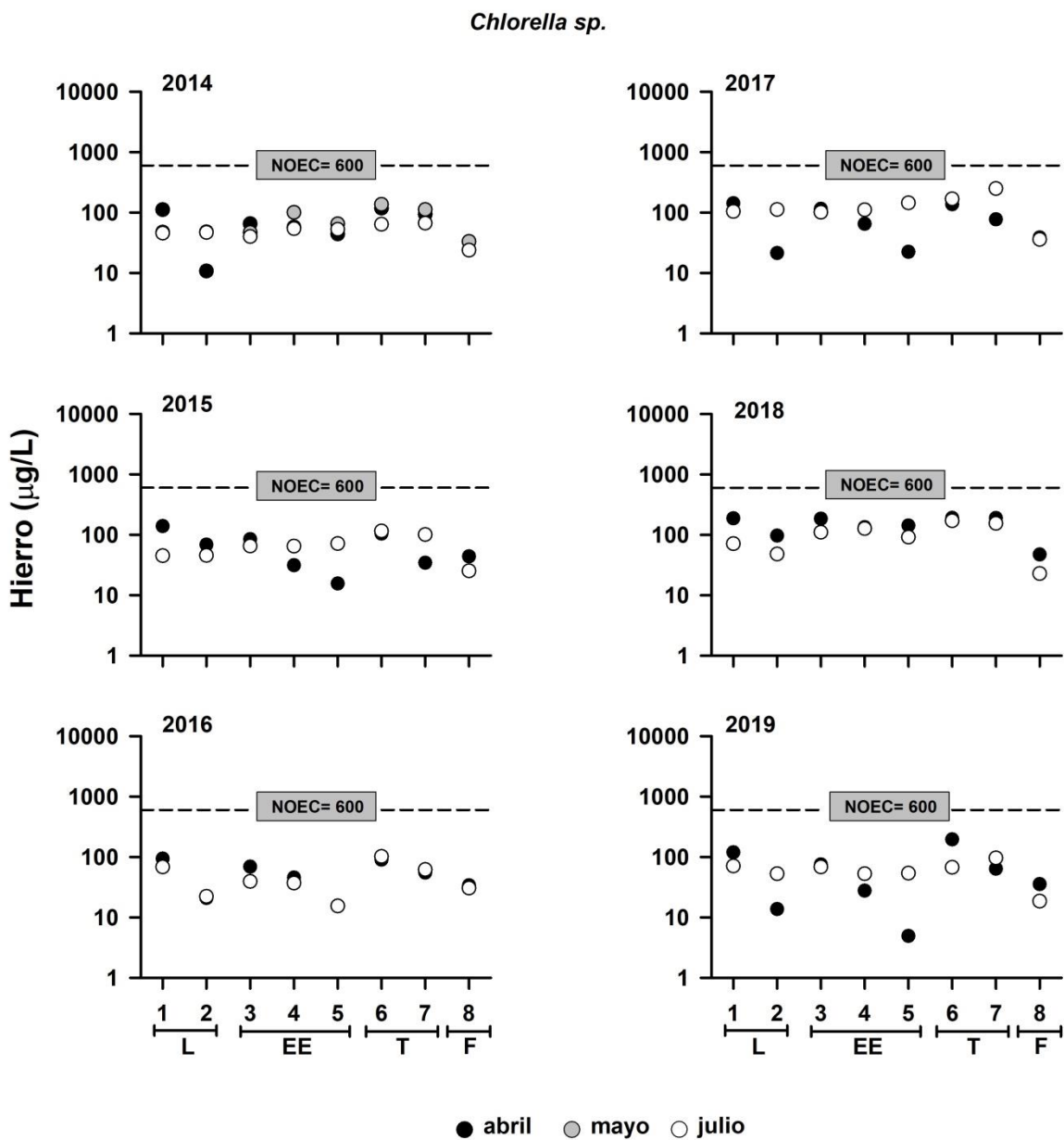
**Figura 4.3.3.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Hierro disuelto en la especie *Scenedesmus quadricauda* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Hierro disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnic o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.



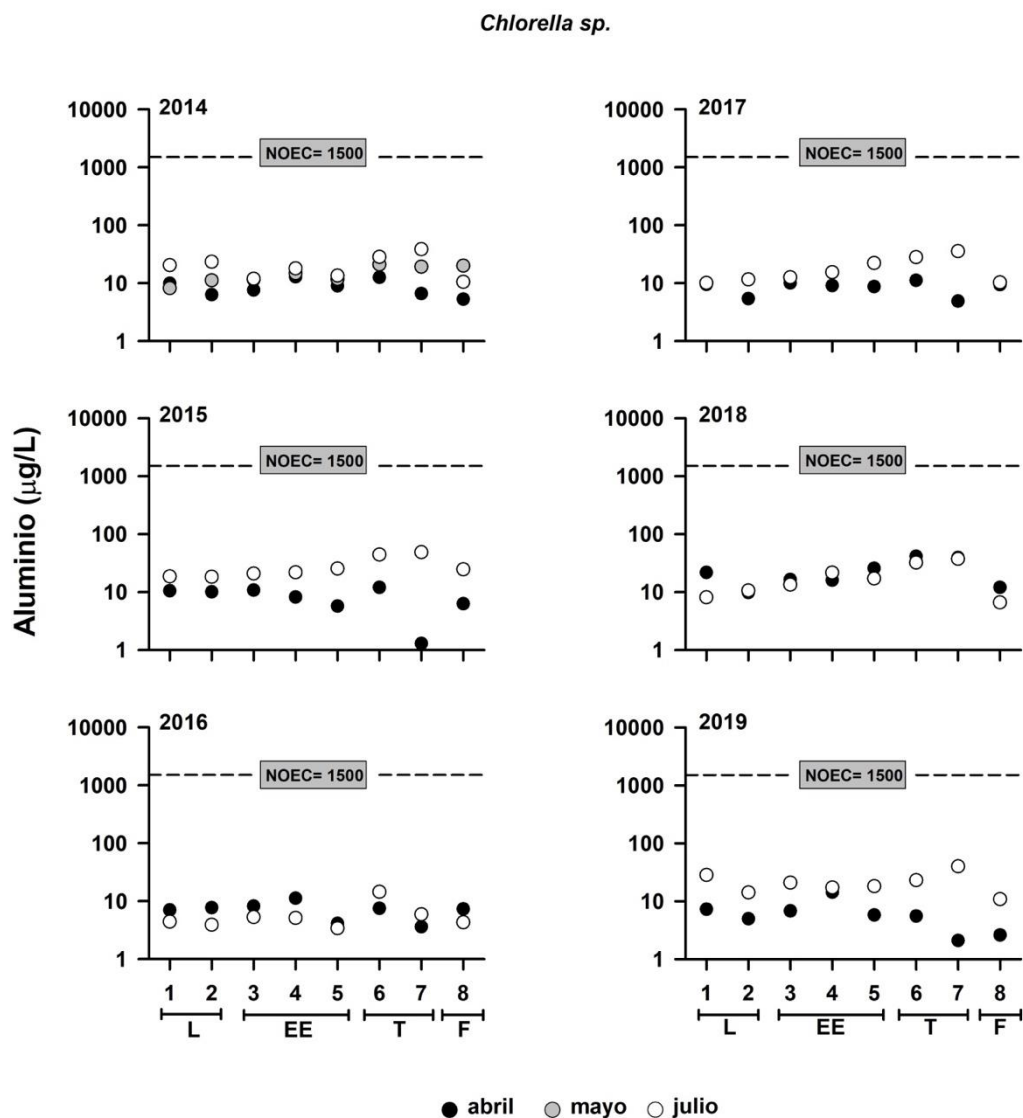
**Figura 4.3.4.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Aluminio disuelto en la especie *Scenedesmus quadricauda* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Aluminio disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnico o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.



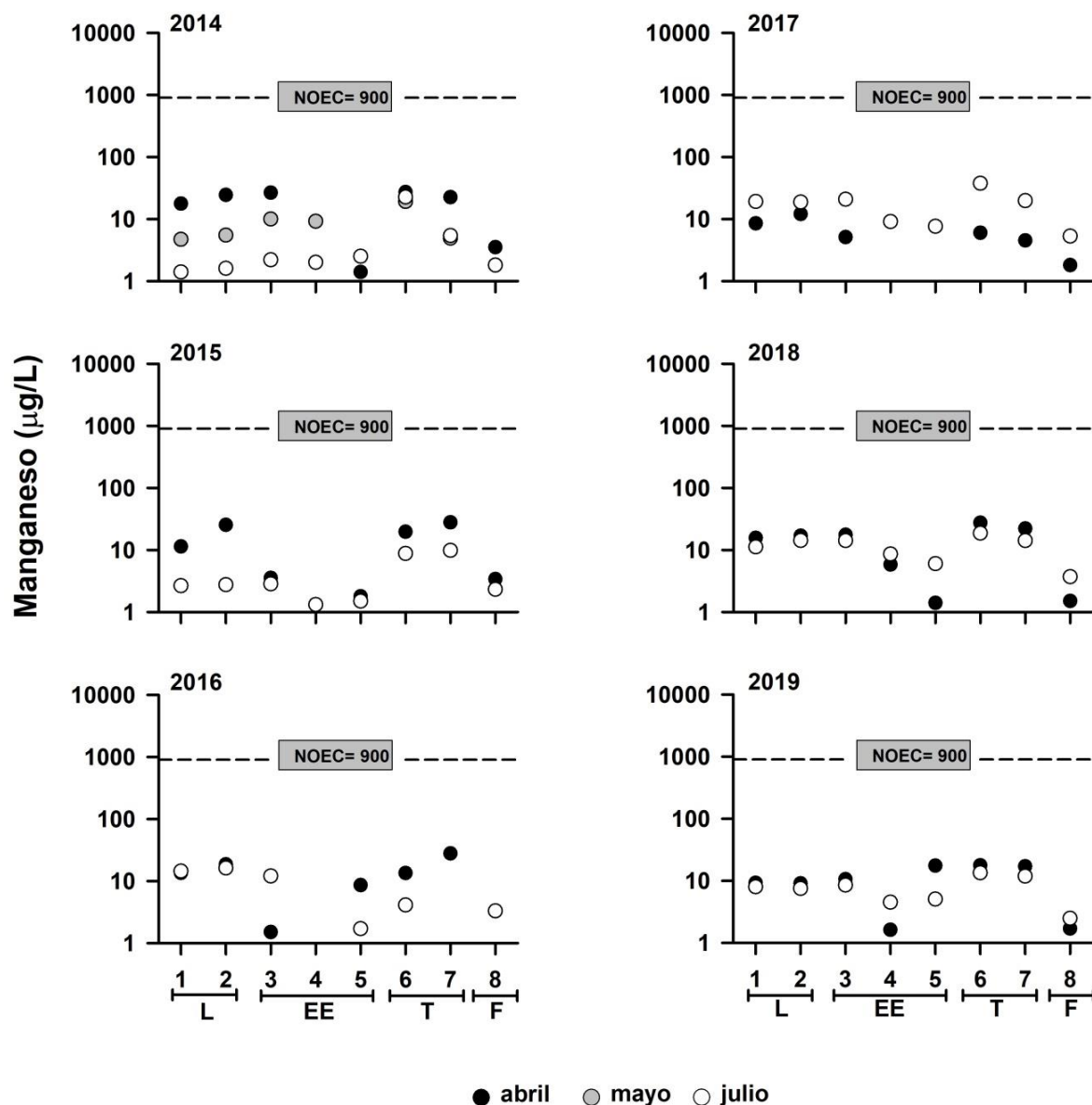
**Figura 4.3.5.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Manganese disuelto en la especie *Scenedesmus quadricauda* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Manganese disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnico o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.



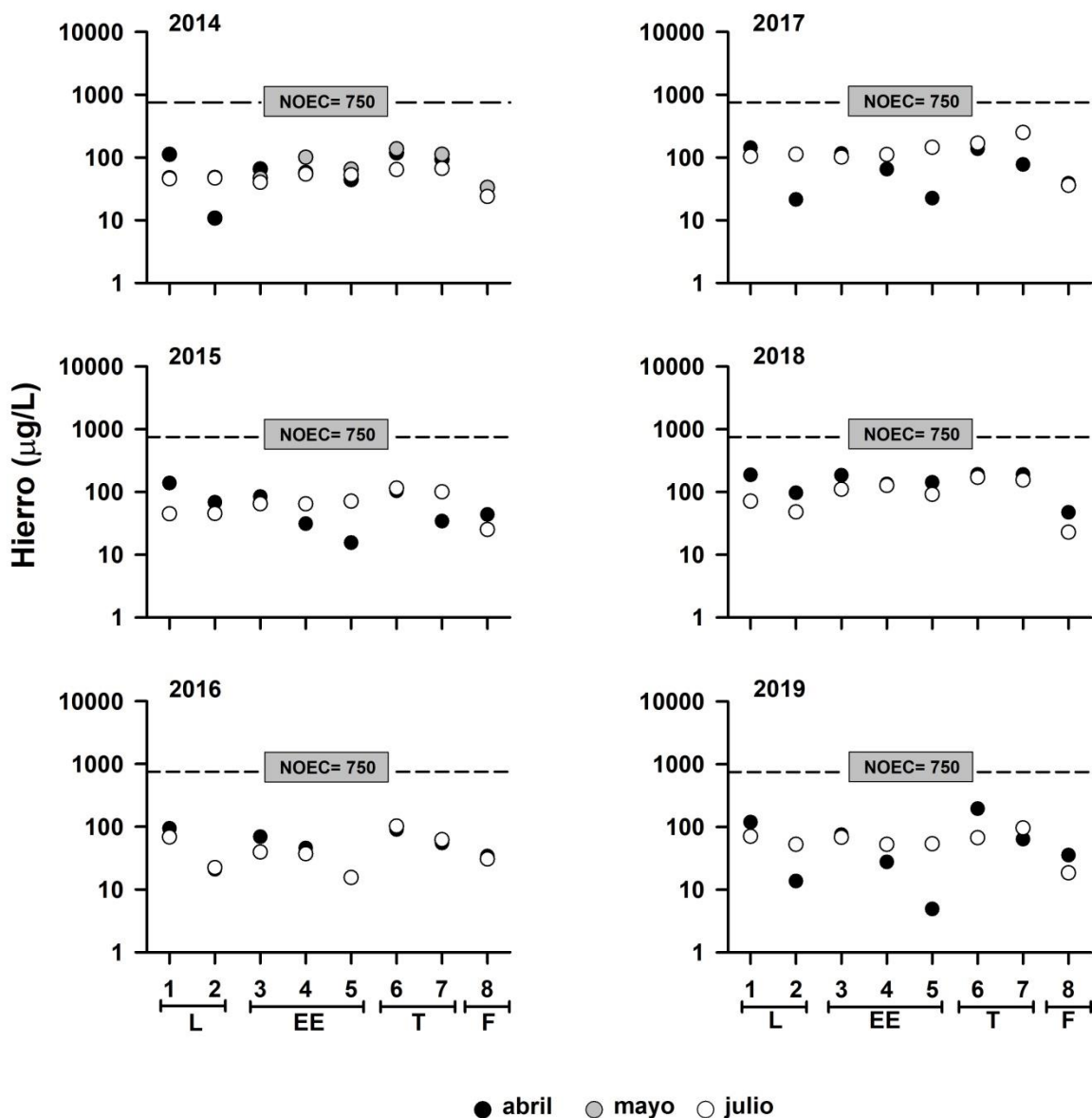
**Figura 4.3.6.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Hierro disuelto en la especie *Chlorella sp.* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Hierro disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnic o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.



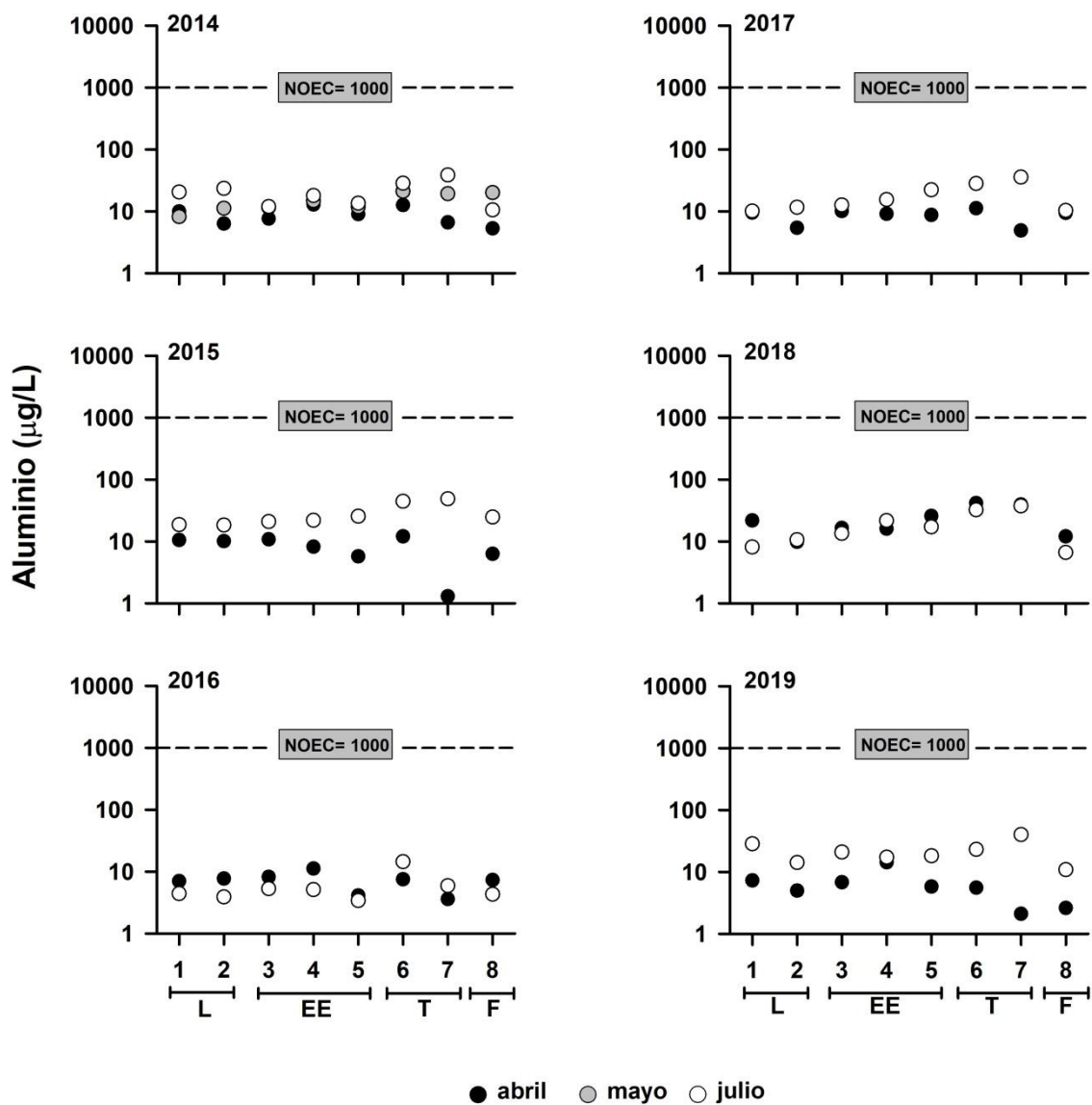
**Figura 4.3.7.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Aluminio disuelto en la especie *Chlorella sp.* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Aluminio disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnic o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

*Chlorella sp.*

**Figura 4.3.8.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Manganese disuelto en la especie *Chlorella sp.* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Manganese disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnic o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

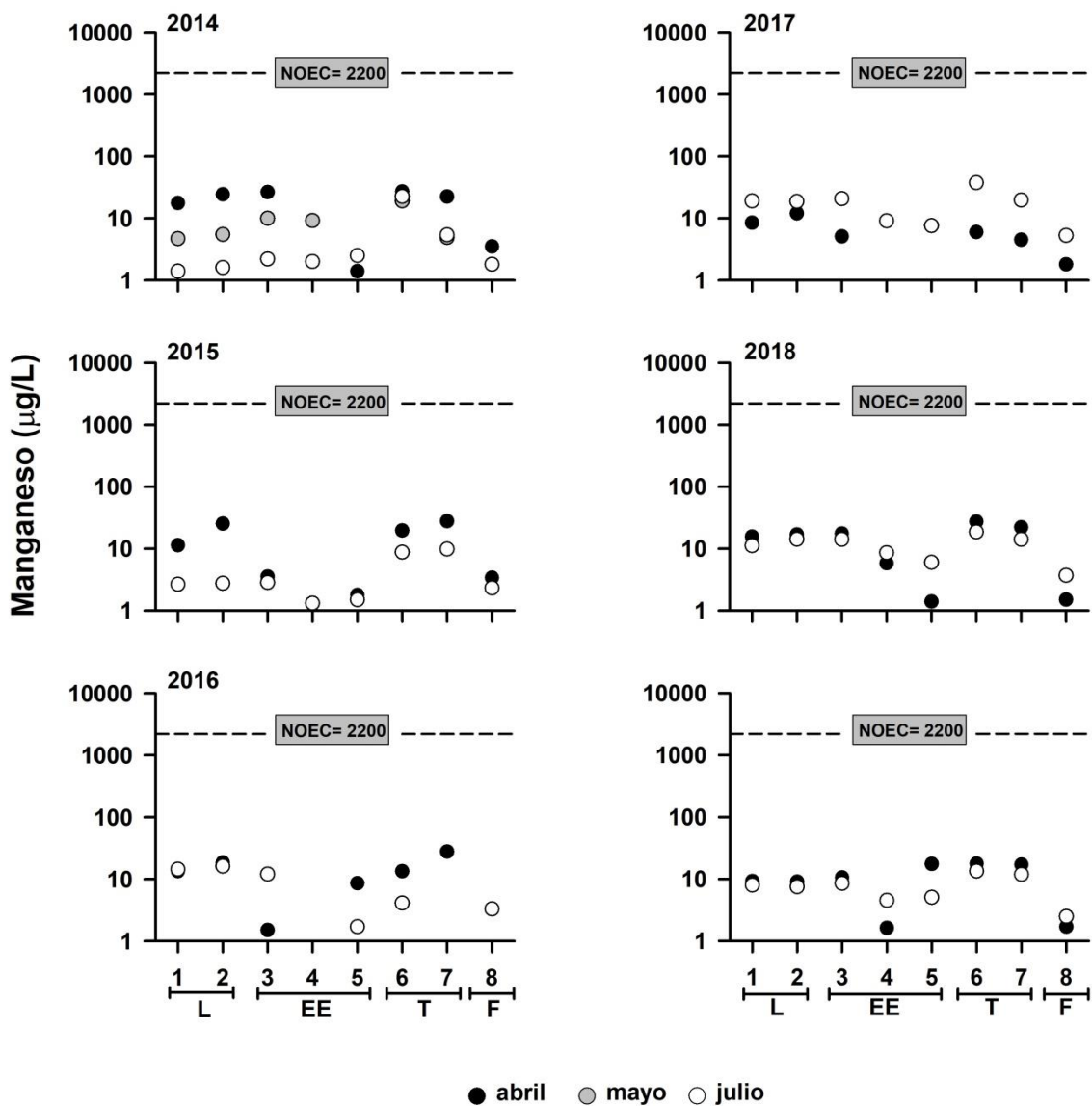
*Simocephalus sp.*

**Figura 4.3.9.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Hierro disuelto en la especie *Simocephalus sp.* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Hierro disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnic o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

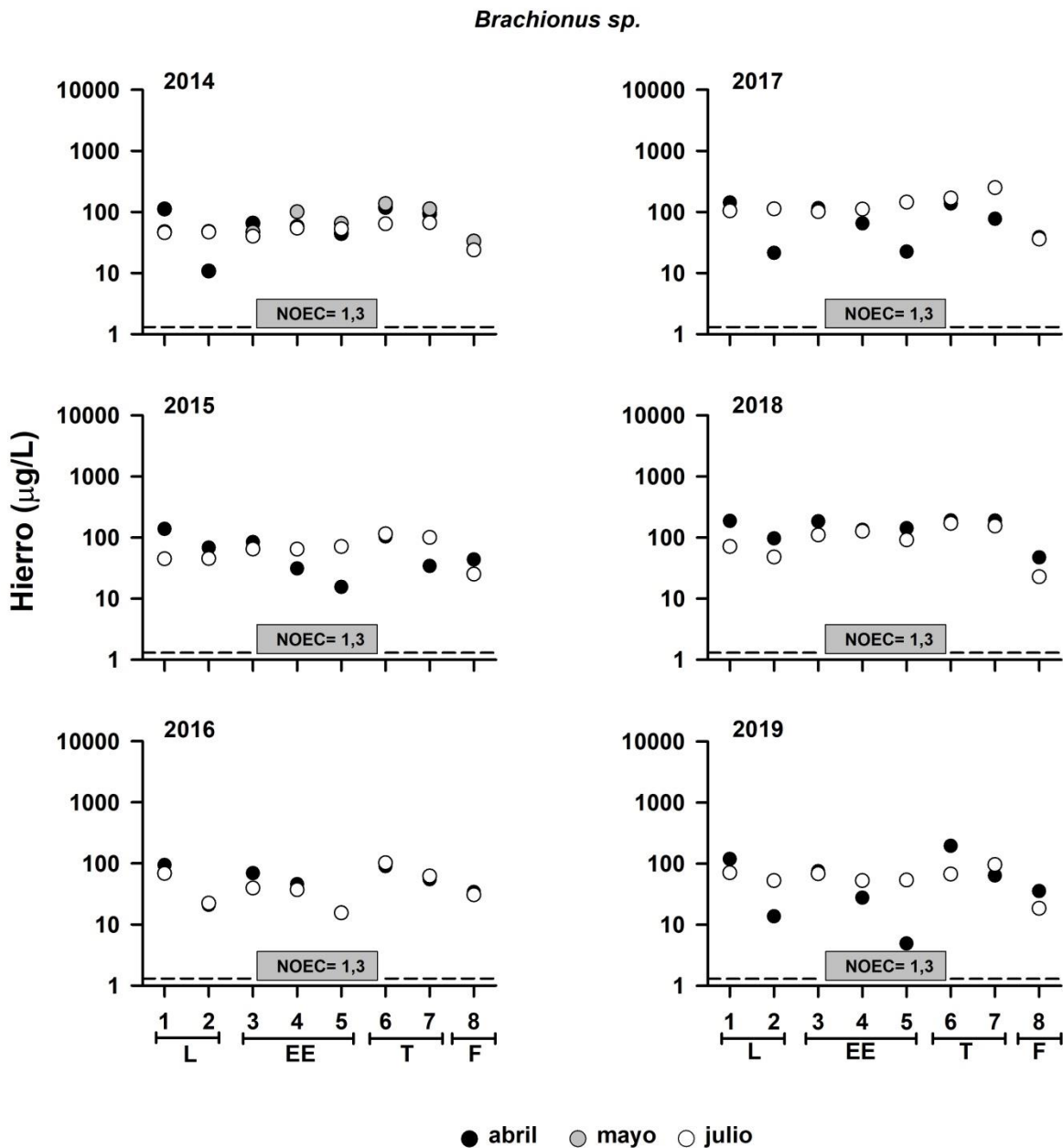
*Simocephalus sp.*

**Figura 4.3.10.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Aluminio disuelto en la especie *Simocephalus sp.* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Aluminio disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnic o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

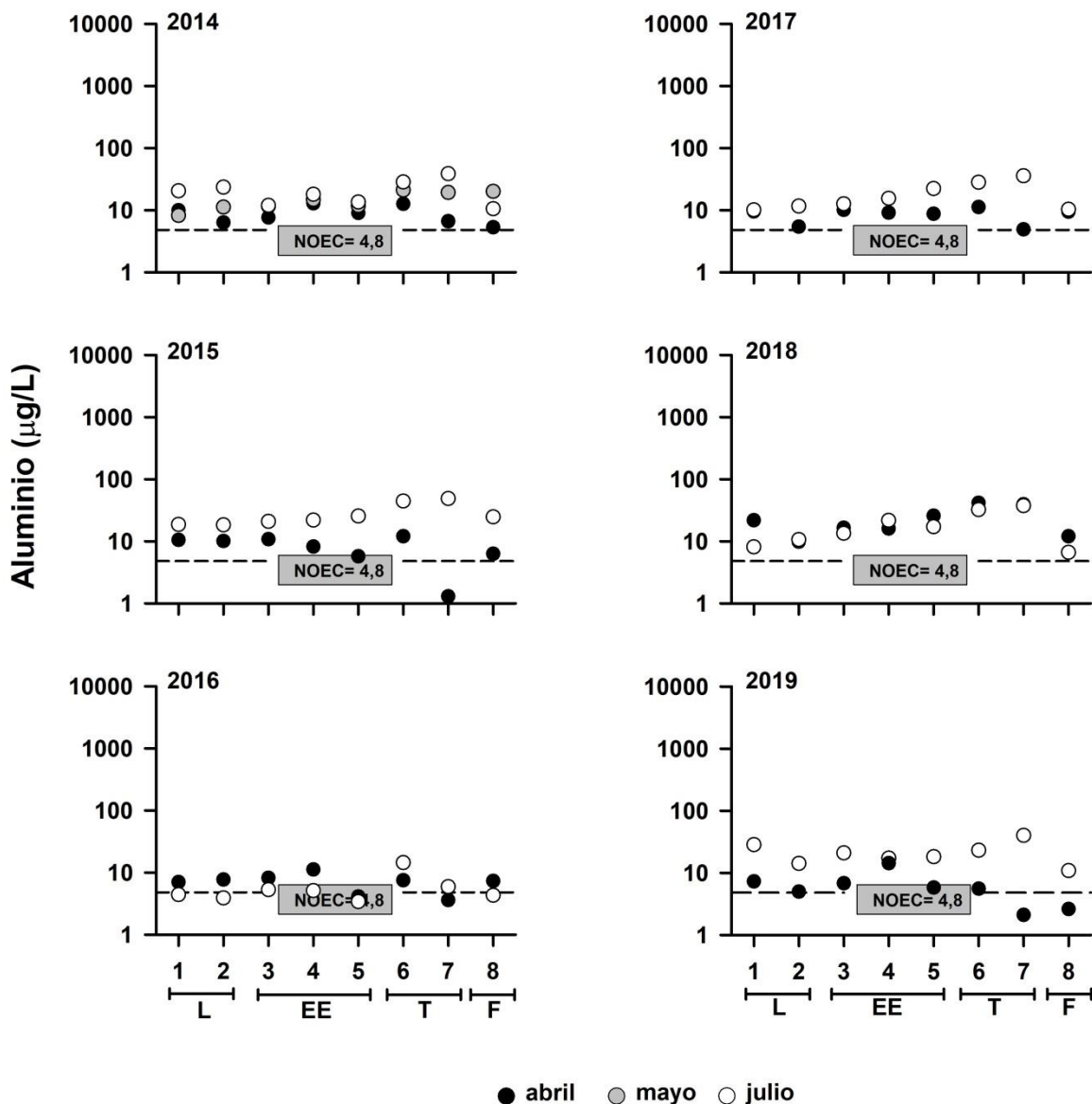


*Simocephalus sp.*

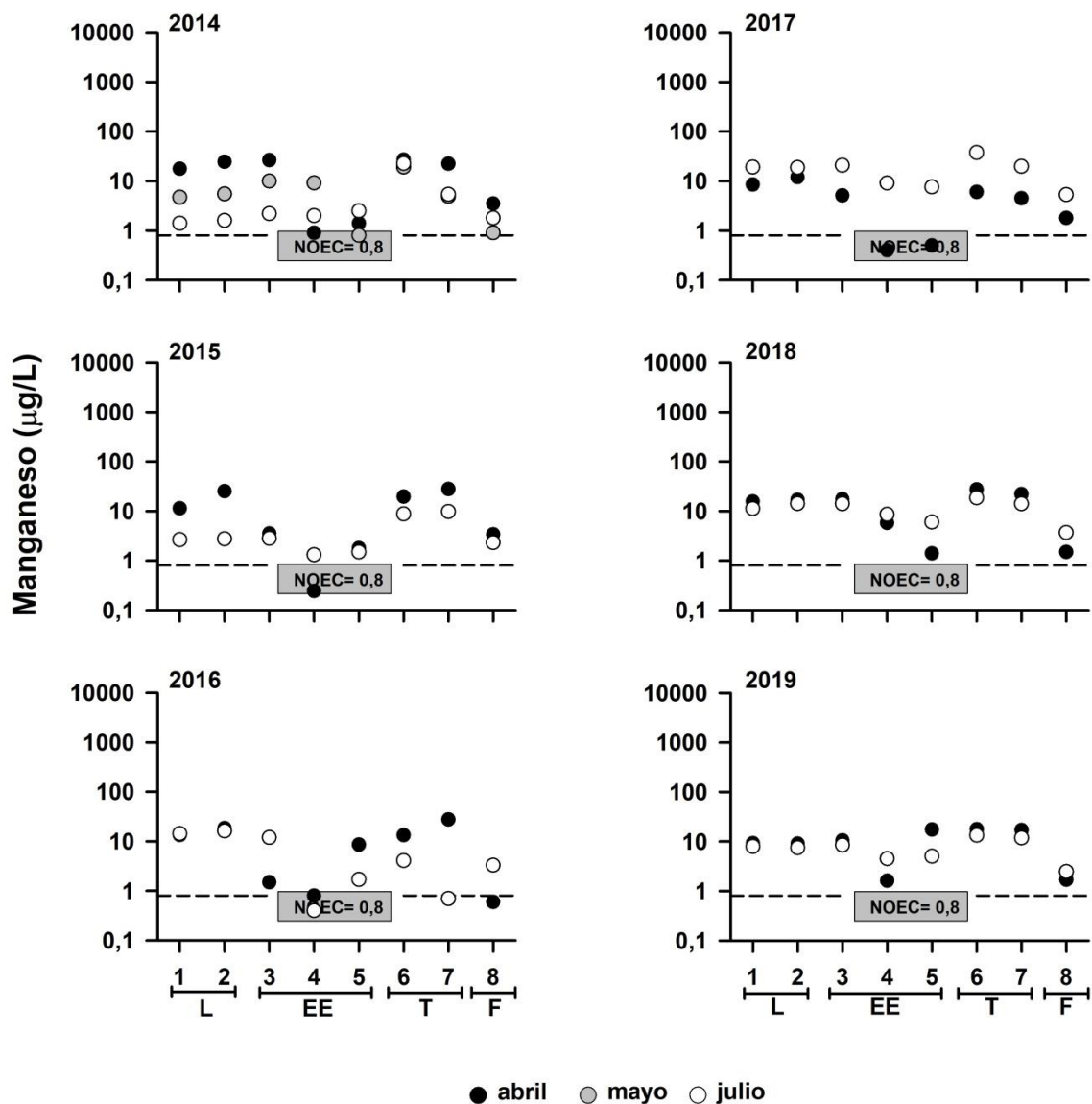
**Figura 4.3.11.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Manganese disuelto en la especie *Simocephalus sp.* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Manganese disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnic o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.



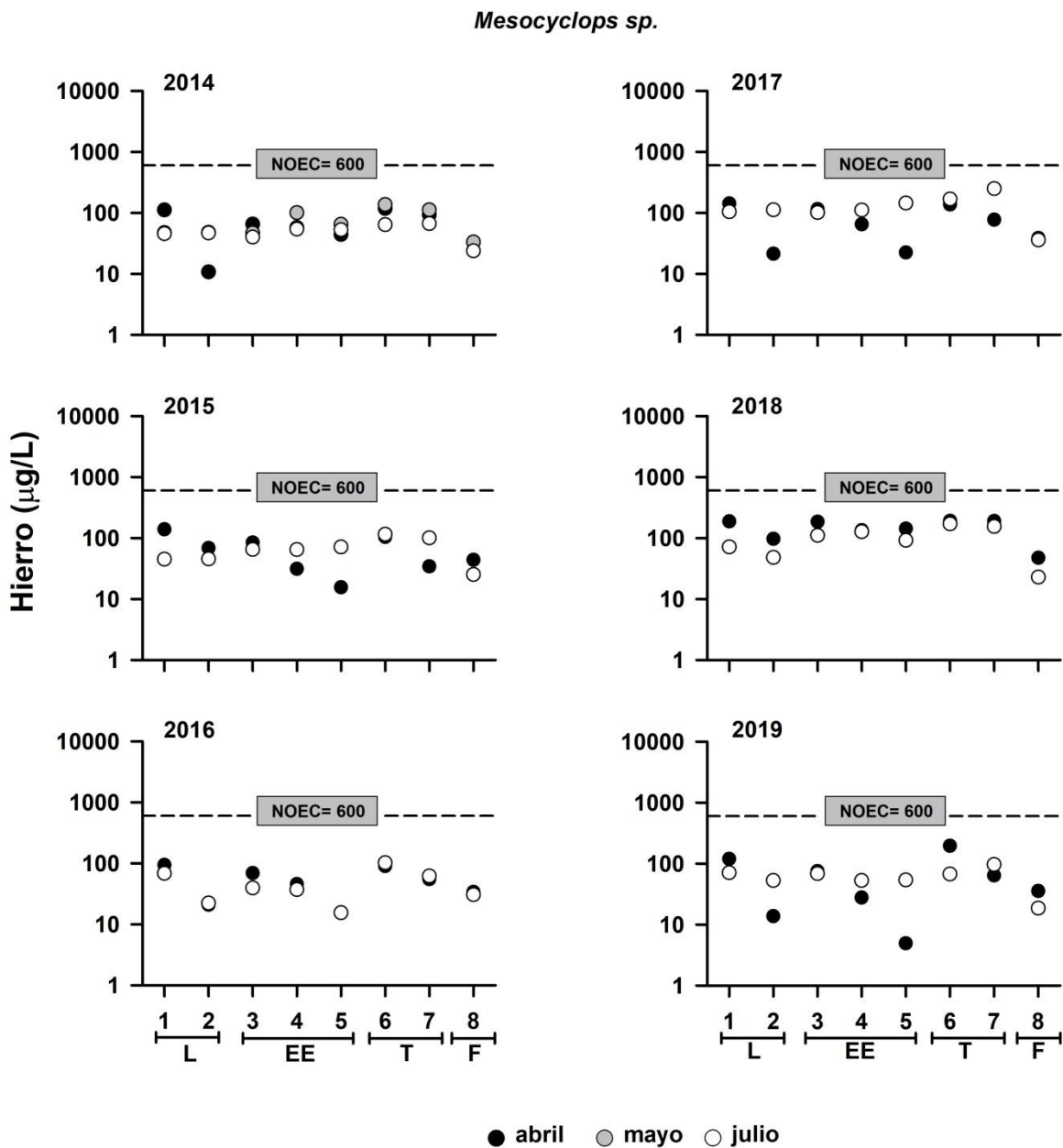
**Figura 4.3.12.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Hierro disuelto en la especie *Brachionus sp.* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Hierro disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnico o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

*Brachionus sp.*

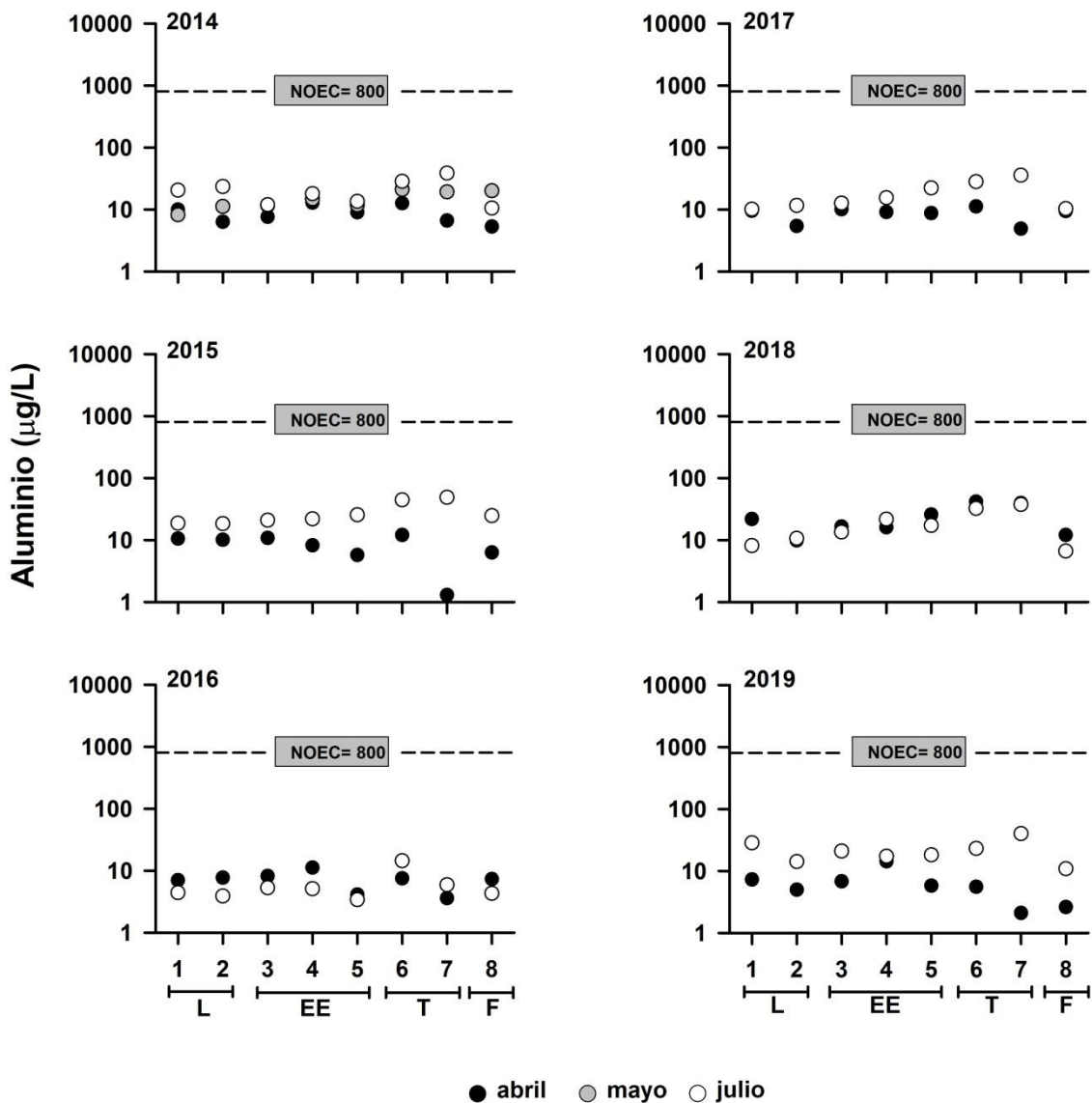
**Figura 4.3.13.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Aluminio disuelto en la especie *Brachionus sp.* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Aluminio disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnic o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

*Brachionus sp.*

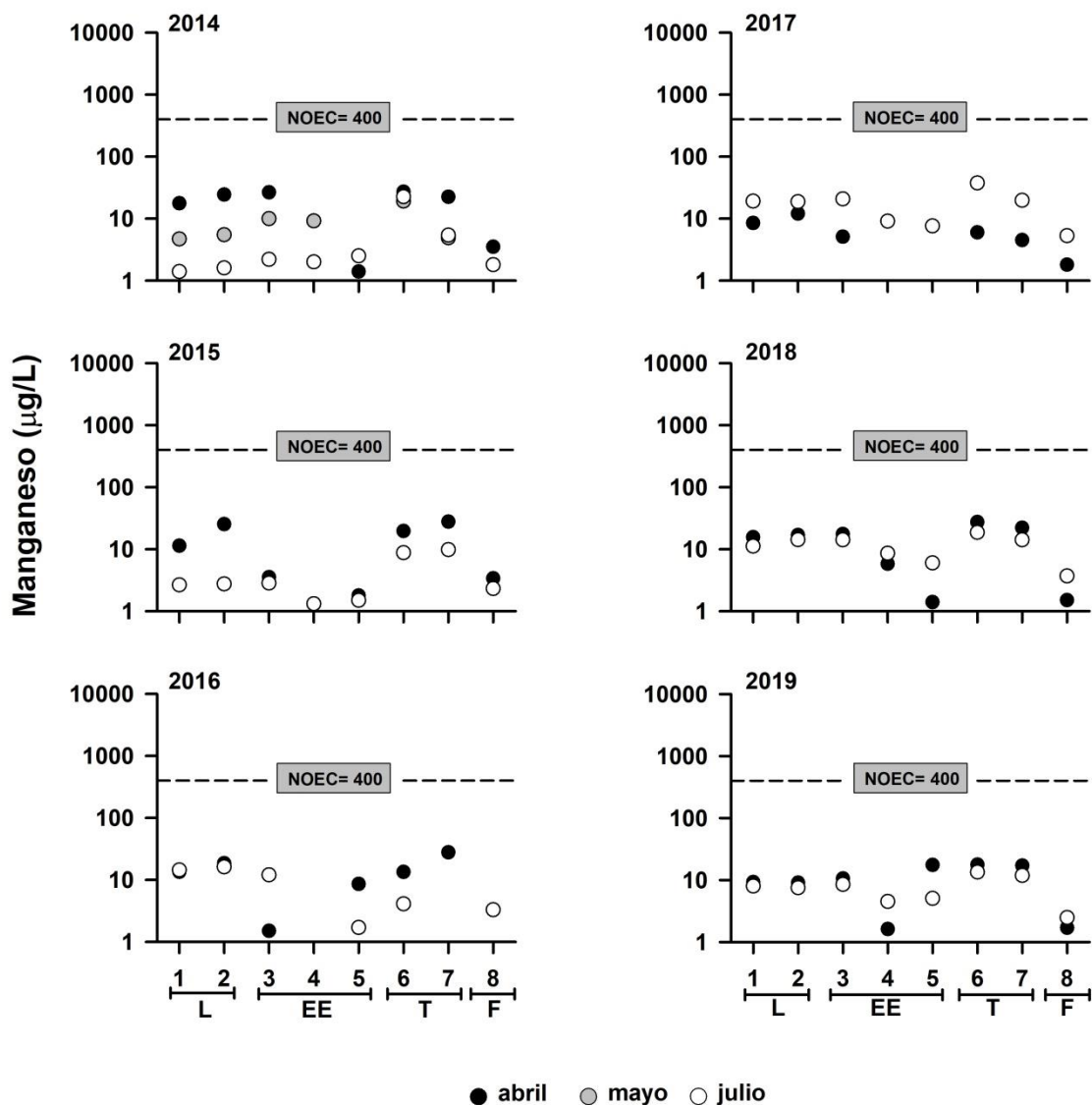
**Figura 4.3.14.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Manganeseo disuelto en la especie *Brachionus sp.* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Manganeseo disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnico o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.



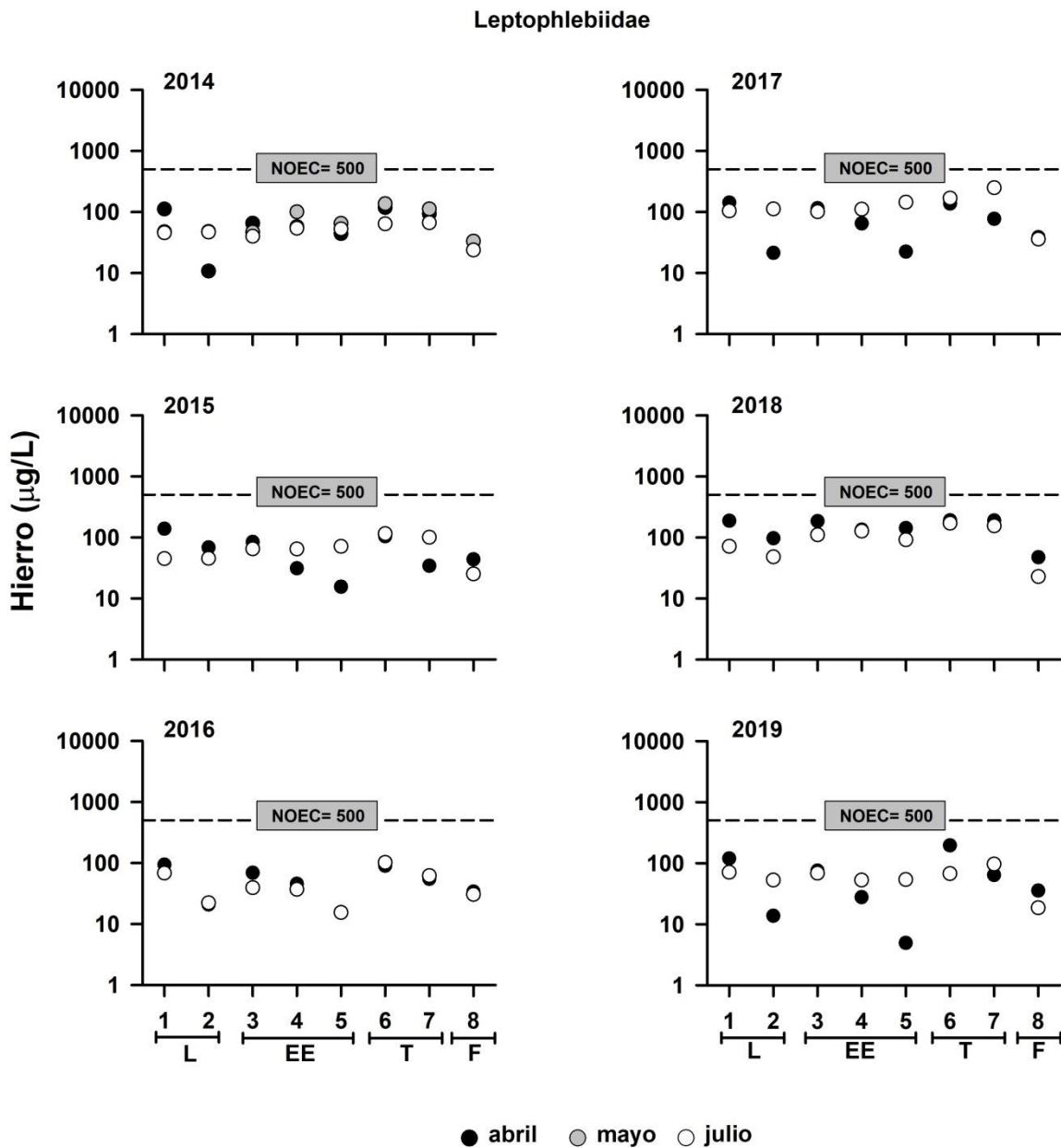
**Figura 4.3.15.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Hierro disuelto en la especie *Mesocyclops sp.* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Hierro disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnico o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

*Mesocyclops sp.*

**Figura 4.3.16.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Aluminio disuelto en la especie *Mesocyclops sp.* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Aluminio disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnico o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

*Mesocyclops sp.*

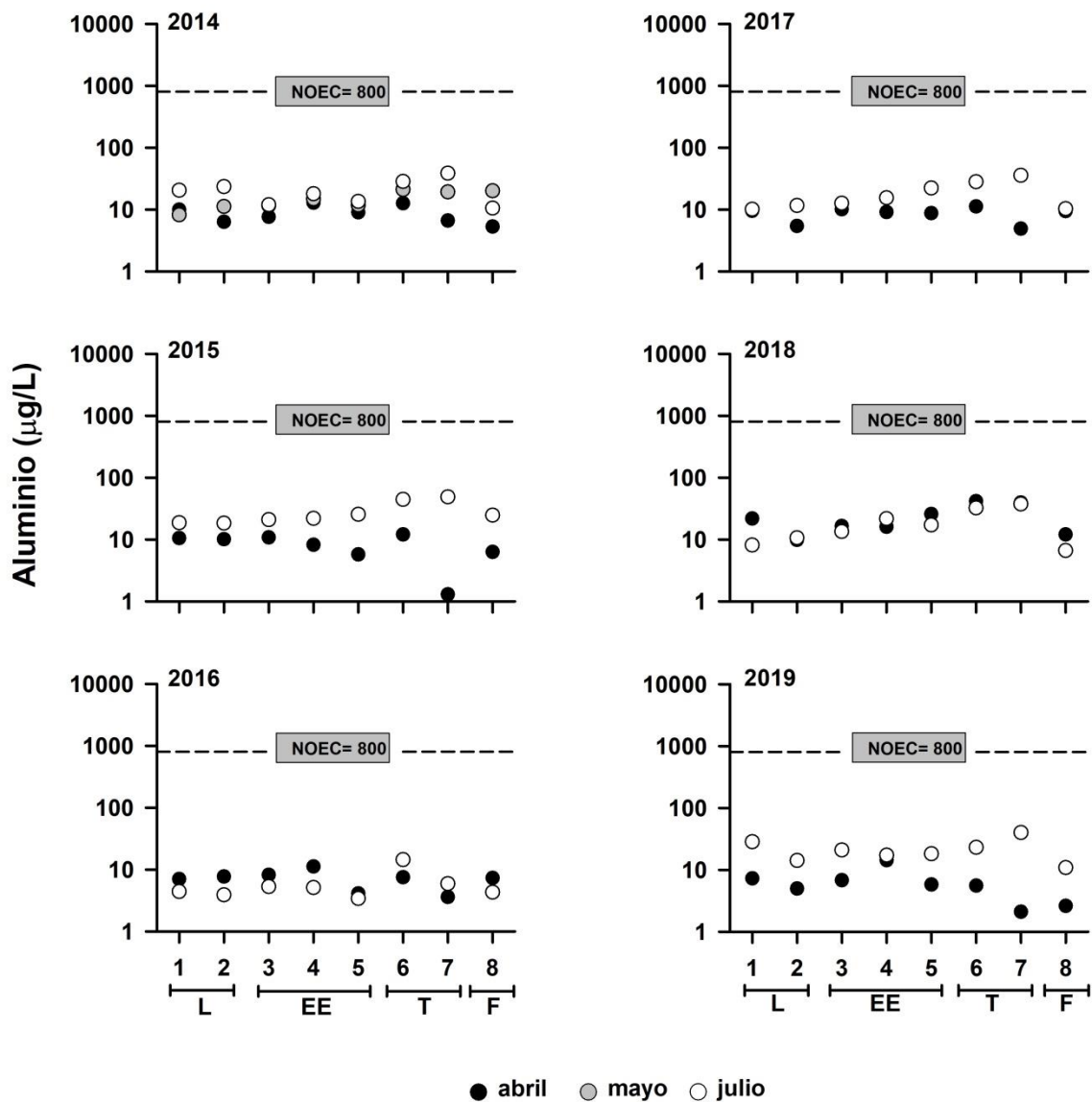
**Figura 4.3.17.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Manganeso disuelto en la especie *Mesocyclops sp.* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Manganeso disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnico o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.



**Figura 4.3.18.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Hierro disuelto en la especie *Leptophlebiidae* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Hierro disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnic o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

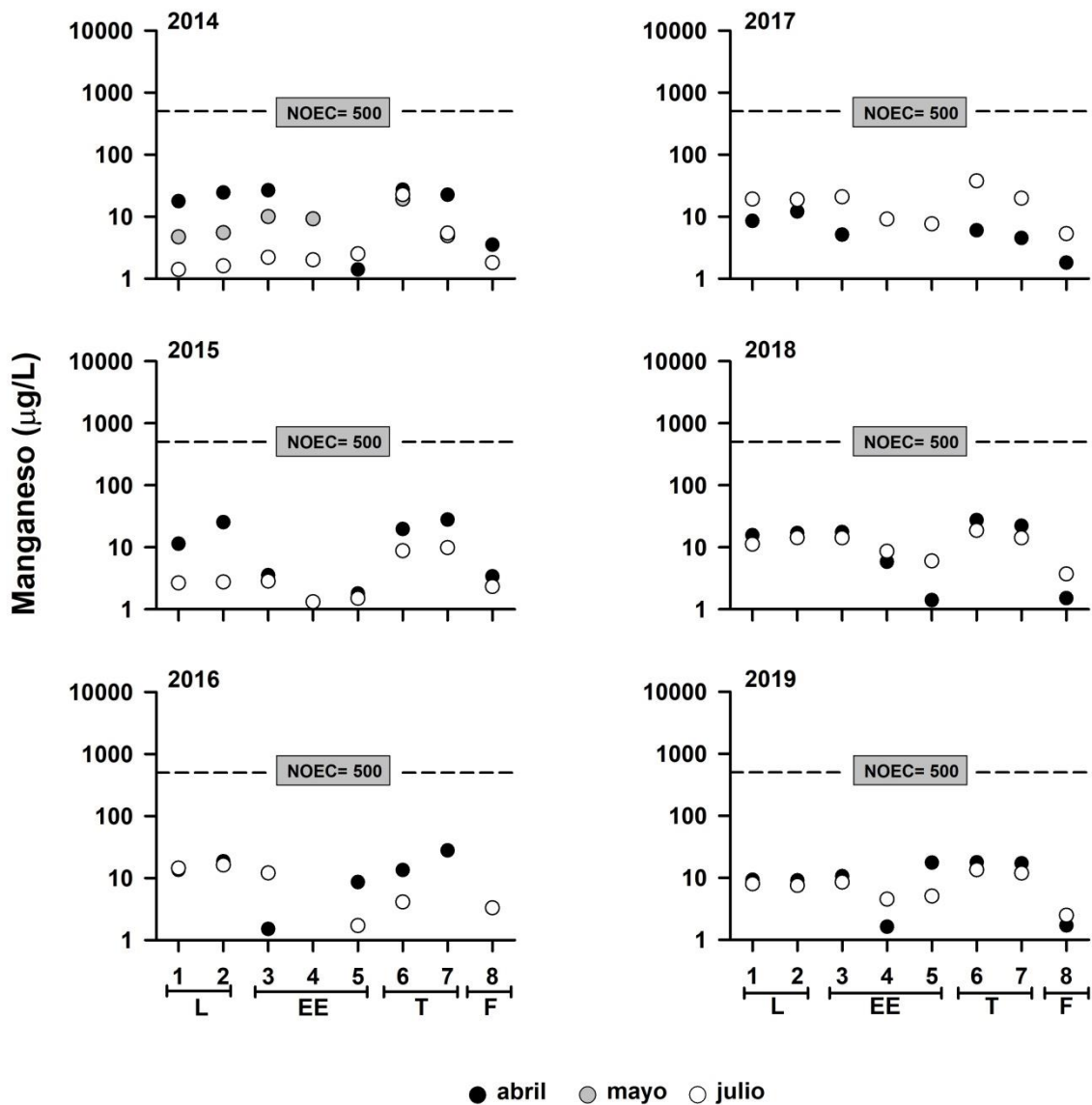


## Leptophlebiidae

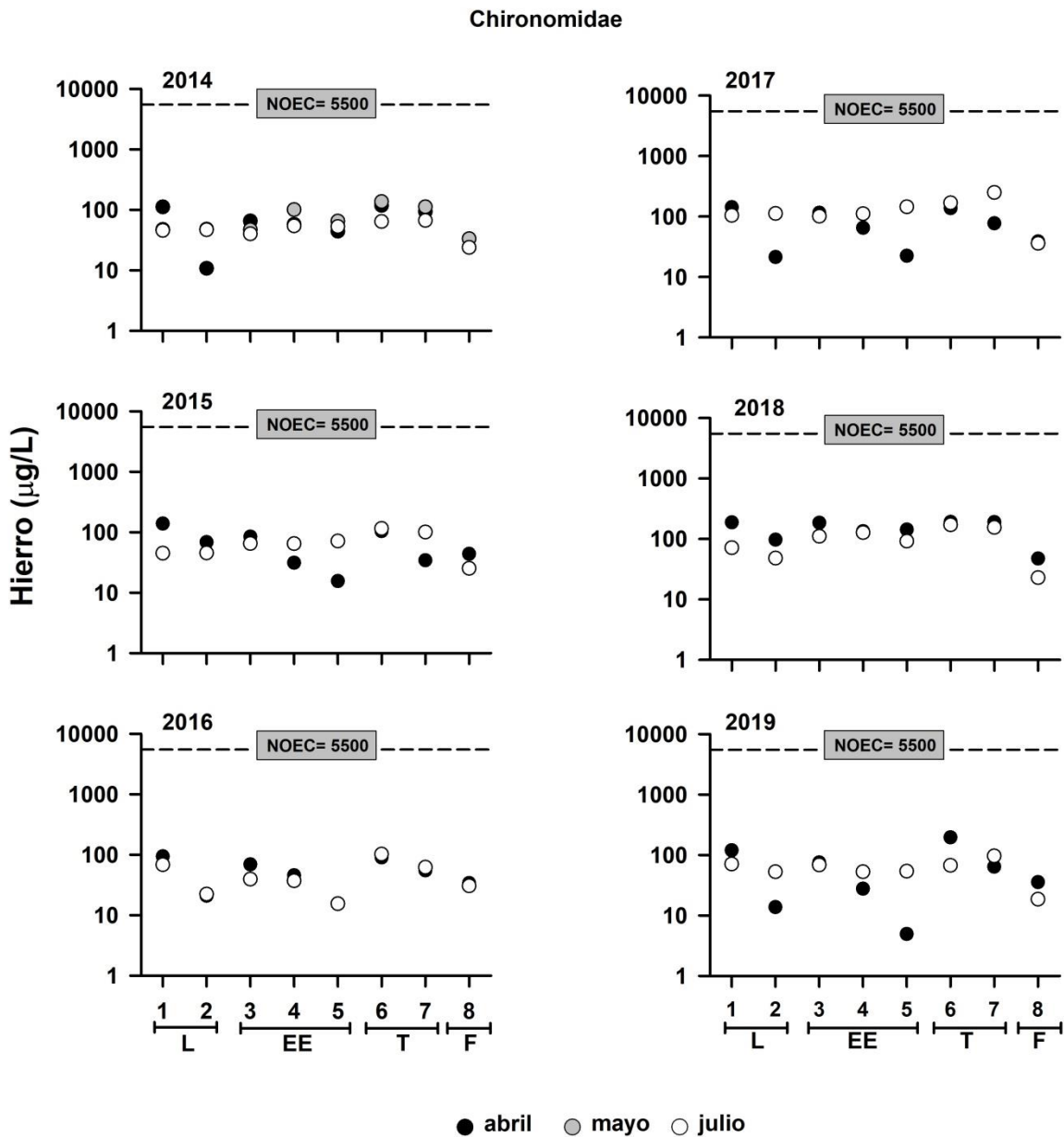


**Figura 4.3.19.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Aluminio disuelto en la especie *Leptophlebiidae* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Aluminio disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnic o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

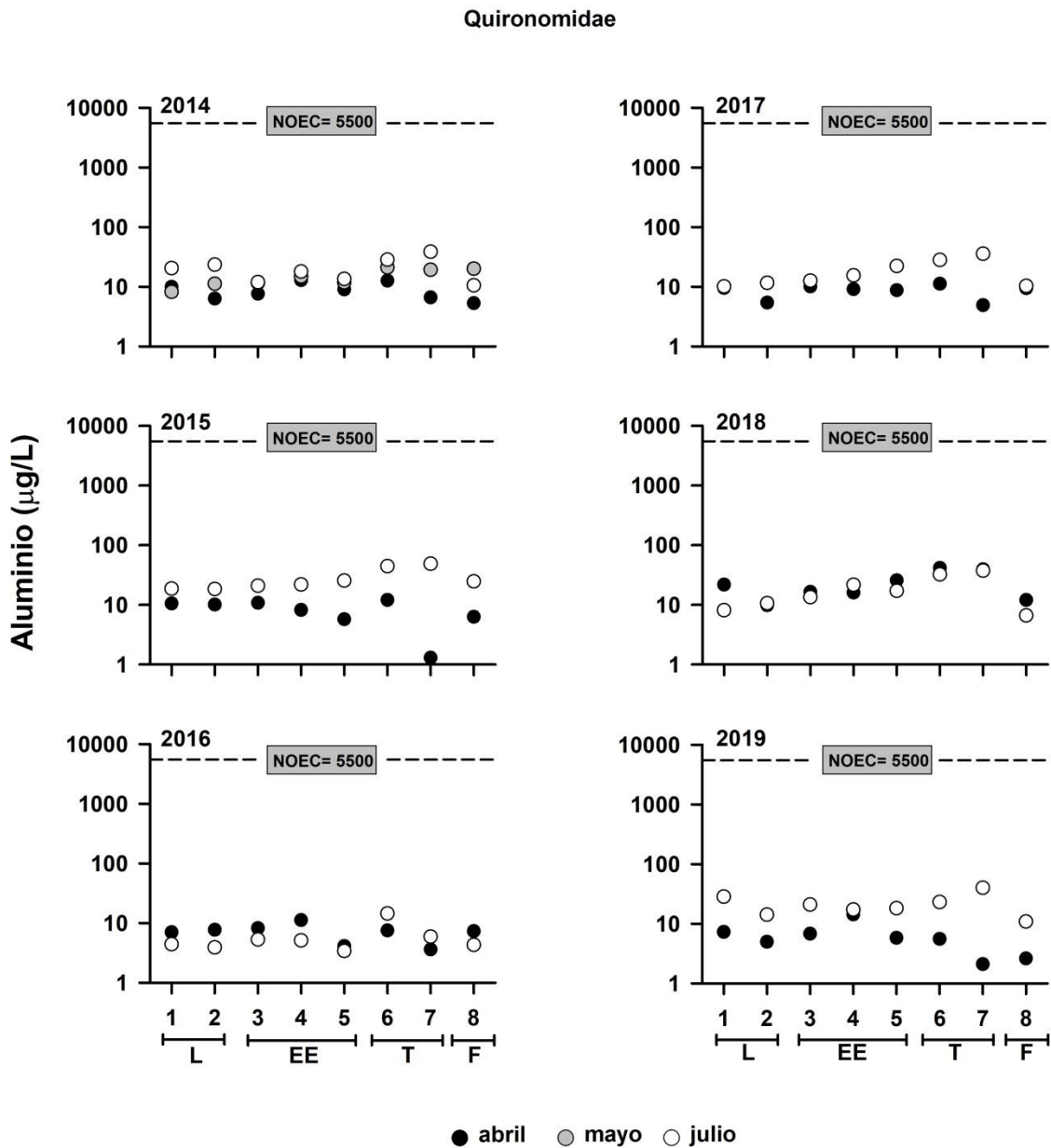
## Leptophlebiidae



**Figura 4.3.20.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Manganeso disuelto en la especie *Leptophlebiidae* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Manganeso disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnico o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

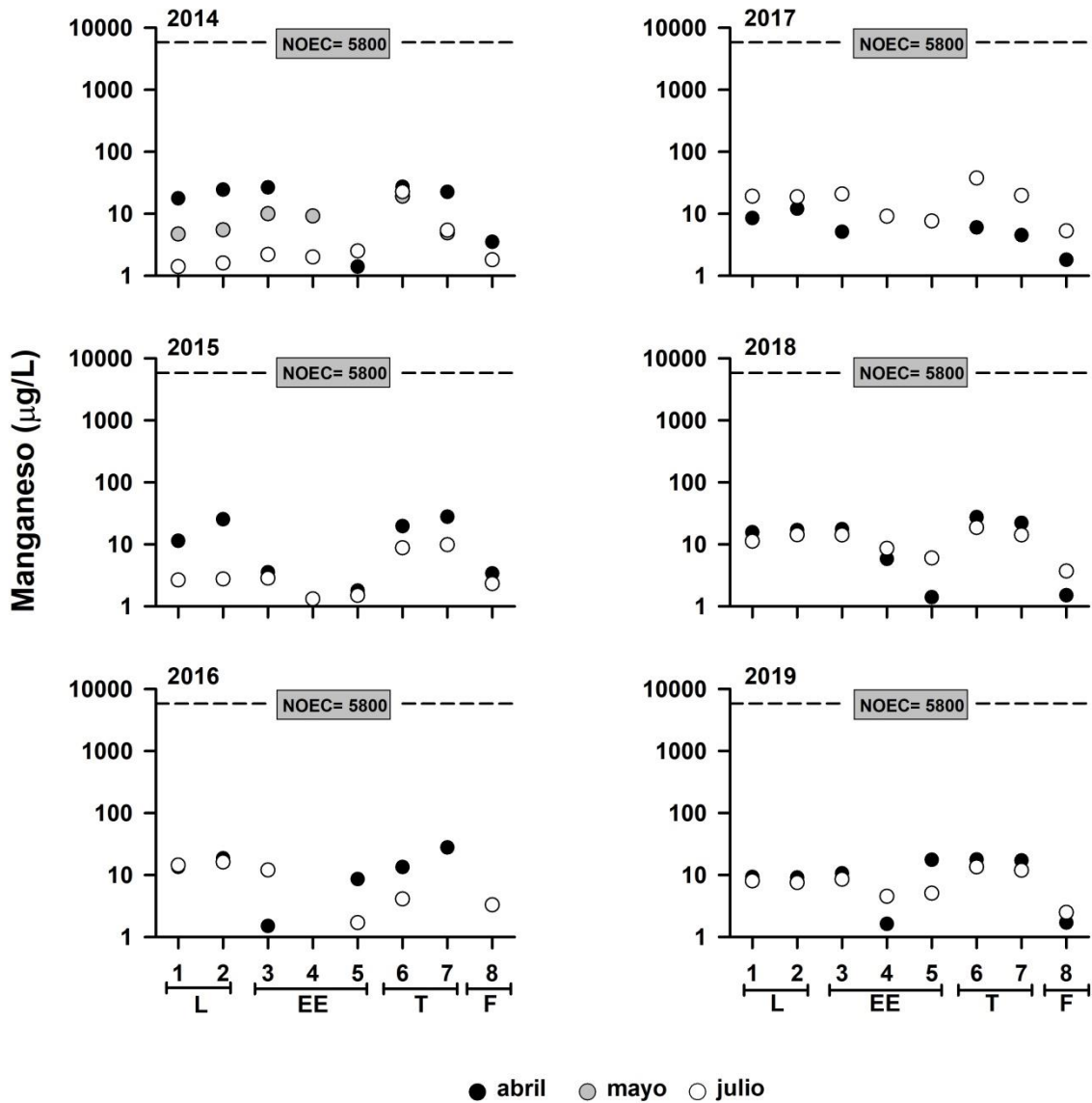


**Figura 4.3.21.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Hierro disuelto en la especie *Chironomidae* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Hierro disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnico o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.



**Figura 4.3.22.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Aluminio disuelto en la especie *Chironomidae* sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Aluminio disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnico o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

## Quironomidae



**Figura 4.3.23.** Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC para Manganeso disuelto en la especie Chironomidae sometida a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Manganeso disuelto en el agua superficial de las ocho estaciones estudiadas durante el Programa de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del HRC. Las estaciones de muestreo se agrupan en cuatro sectores: límnic o L (estaciones 1 y 2), eje central y estuarial del río Cruces o EE (estaciones 3, 4 y 5), ríos tributarios o T (estaciones 6 y 7) y fuera del humedal del río Cruces o F (estación 8). Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

#### 4.3.5. Conclusiones

- Las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el área del HRC durante el período 2014 y 2019, fueron inferiores a las concentraciones que según Encina *et al.* (2011), producen efectos no observados (NOEC) en seis de las siete especies objetivo de estudio presentadas en la Tabla 4.13.1.
- El rotífero del género *Brachionus* sp., es la única especie que presentaría un riesgo ecológico potencial en relación a los valores obtenidos para las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el área de estudio: los valores de NOEC listados por Encina *et al.* (2011) para este taxón, están bajo las concentraciones de esos metales.
- Por lo tanto, las actuales condiciones de calidad de agua en el área del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y sólo en relación a las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disuelto, no presentan un riesgo ecológico para casi la totalidad de las especies locales contempladas por el estudio de Encina *et al.* (2011).

#### 4.3.6. Referencias

Encina F (2009) Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico teórico en apoyo a la elaboración del Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia. 185 pp.

Encina F (2011) Evaluación de Riesgo Ecológico (Crónico) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia. 74 pp.

Newman MC, Unger MA (2003) Fundamentals of ecotoxicology. Second Edition. Lewis Publishers, CRC Press. Boca Raton, USA. 458 pp.

#### **4.4. CAMBIOS DE USO DEL SUELO**

##### **4.4.1. Antecedentes**

Una cuenca hidrográfica se entiende como un sistema de alta complejidad formado por el sistema natural, el sistema socio económico y el sistema construido, y las múltiples interacciones entre ellos. Estos sistemas de carácter socio ambiental, requieren indispensablemente de un análisis integral, ya que se trata de entidades naturales en las cuales las alteraciones que se producen en los sistemas sociales o económicos, se transfieren a esas unidades, que actúan como receptores finales de los cambios. En este contexto, resulta absolutamente necesario y pertinente realizar un análisis de la forma en que se comportan los sistemas socio económico en la cuenca del humedal del río Cruces (HRC), de manera de aproximarse a la comprensión de su estado actual y de sus tendencias evolutivas.

Por ello, en el caso del HRC resulta importante monitorear el comportamiento de una de las expresiones de los cambios en los sistemas socio económico, como es el cambio en los usos y cobertura superficial del suelo. Uno de estos cambios dice relación con las modificaciones de la cubierta vegetal, tanto vegetación natural como cultivos agroganaderos y forestales. Otra fuente de cambios tiene que ver con la expansión de las áreas construidas, tanto para fines residenciales como productivos. Ambas son generadoras de efectos sobre el sistema natural (cambios en cobertura del suelo, efectos sobre el escurrimiento de aguas lluvia, modificaciones topográficas y problemas derivados de la disposición final de los desechos domiciliarios y/o productivos), todos los cuales resultarán en cambios en el sistema hidrológico.

Debido a esto, es necesario analizar los cambios que se producen, tanto en la cobertura vegetal como en el poblamiento de los sectores ribereños del HRC. Esto implica no solamente lo referido a la construcción de viviendas o infraestructura productiva o de

transporte, sino lo que ello implica en tanto aumento de la carga poblacional y los consecuentes efectos en la generación de desechos de toda índole.

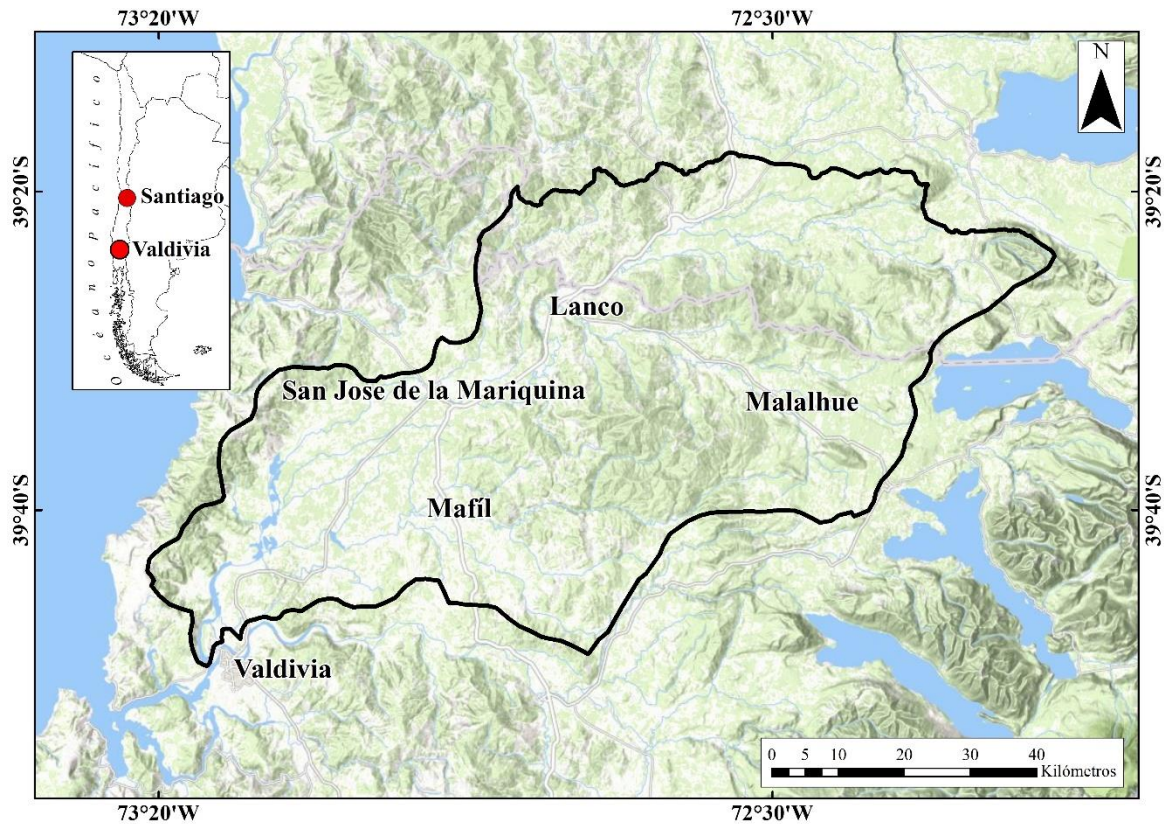
#### **4.4.2. Objetivos**

- Caracterizar la distribución de las coberturas del suelo al año 2019.
- Identificar la magnitud y direccionalidad del cambio de coberturas de uso de suelo entre los años 2017 y 2019.
- Evaluar e identificar las dinámicas, magnitud y direccionalidad de cambio de uso de suelo a menor escala en las cercanías del río Cruces.
- Analizar los cambios ocurridos en el poblamiento del área de influencia sobre el HRC.
- Comparar los resultados obtenidos en el quinto y último año del Programa de Monitoreo Ambiental (año 2019) con los de los años anteriores de ese programa (año 2015 a 2018) y con los resultados del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC y sus ríos tributarios (año 2014).
- Analizar la información demográfica de detalle, de los censos nacionales de población realizados en los años 2002 y 2017.

#### **4.4.3. Materiales y métodos**

El área monitoreada corresponde a la cuenca del río Cruces, la cual cubre una superficie de 335.576,1 hectáreas. Su área se extiende desde el sur de la ciudad de Villarrica (Región de La Araucanía) hasta la ciudad de Valdivia (Región de Los Ríos) Esta superficie fue extraída a través de capas vectoriales disponibles en la infraestructura de datos Geoespaciales del Ministerio de Bienes Nacionales ([www.ide.cl](http://www.ide.cl)) y calculada por medio del software de código libre Qgis 3,2. La Figura 4.4.1 presenta el área de estudio.



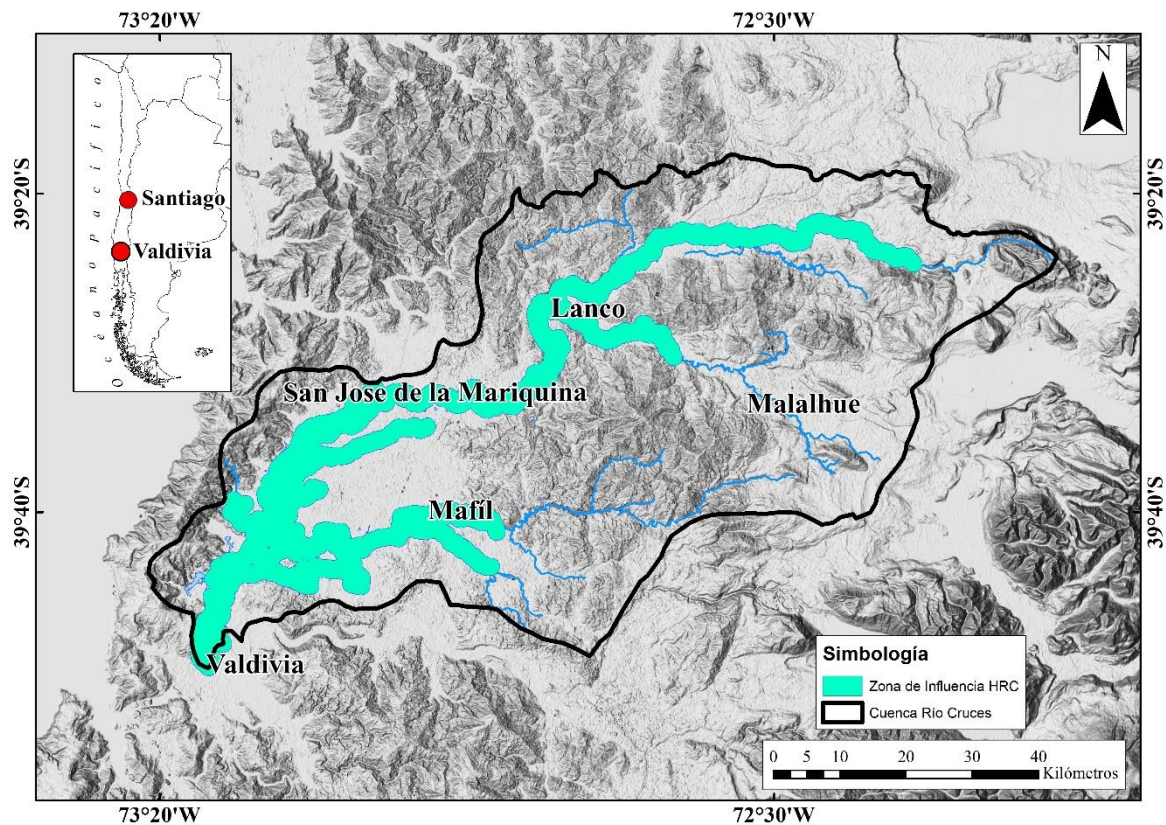


**Figura 4.4.1.** Área de estudio.  
**Fuente:** Elaboración propia.

Para el análisis se utilizaron 2 imágenes Landsat 7 TM para el año 2017 y 2 imágenes Landsat 8 TM para el análisis del año 2019. Las imágenes corresponden a los meses de enero 2017 y enero 2019. Posteriormente se utilizaron para la generación de mosaicos que representaran en su totalidad el área de estudio.

Se categorizaron los usos de suelo en una distancia máxima 1 km a los principales ríos del HRC, la red hidrográfica seleccionada corresponde a los 11 ríos más importantes de la cuenca. Entre ellos se encuentran el río Cruces, río Mafil, río Pichoy, río Leufucade, río Cayumapu, río Cudico, río Nanihue, río San Jose, río Santa María, río las Garzas, río Choromayo. Mediante esta clasificación se realizará un análisis a menor escala de las dinámicas de cambio de uso de suelo en la cuenca. El área de influencia directa corresponde a una superficie de 59.266 ha, la Figura 4.4.2 presenta la segunda escala de análisis. A través

de la información resultante de este análisis se confeccionaron las matrices de cambio absoluto y direccional de superficies para el periodo analizado.



**Figura 4.4.2.** Ubicación de la zona de influencia del HRC y sus ríos tributarios.

**Fuente:** Elaboración propia

Esta superficie de influencia directa también fue la utilizada en el análisis de los cambios ocurridos en la población y el poblamiento. La metodología empleada en el monitoreo de los cambios en población y poblamiento, consistió en un levantamiento de las viviendas presentes en la mencionada área de influencia, tanto con un trabajo de campo como por información obtenida de imágenes satelitales. Luego se estimó la población a partir de una aproximación del número de habitantes por vivienda, calculado sobre la base de la información del censo del año 2002 e imágenes del año 2004, 2011 y del 2015 al 2019 y se cotejó con la información del Censo del año 2017, con la salvaguarda correspondiente a las diferencias que se puedan producir en la definición de las unidades espaciales.

#### **4.4.4. Resultados**

Los resultados obtenidos en esta etapa del Programa de Monitoreo del HRC se presentan a continuación, comenzando por los cambios en el uso del suelo, tanto a escala de la cuenca del río Cruces en su totalidad, como al área de influencia directa. Para el caso del análisis de población, los resultados se refieren solo al área de influencia.

##### **Balance de superficies de uso actual en el periodo 2017 a 2019**

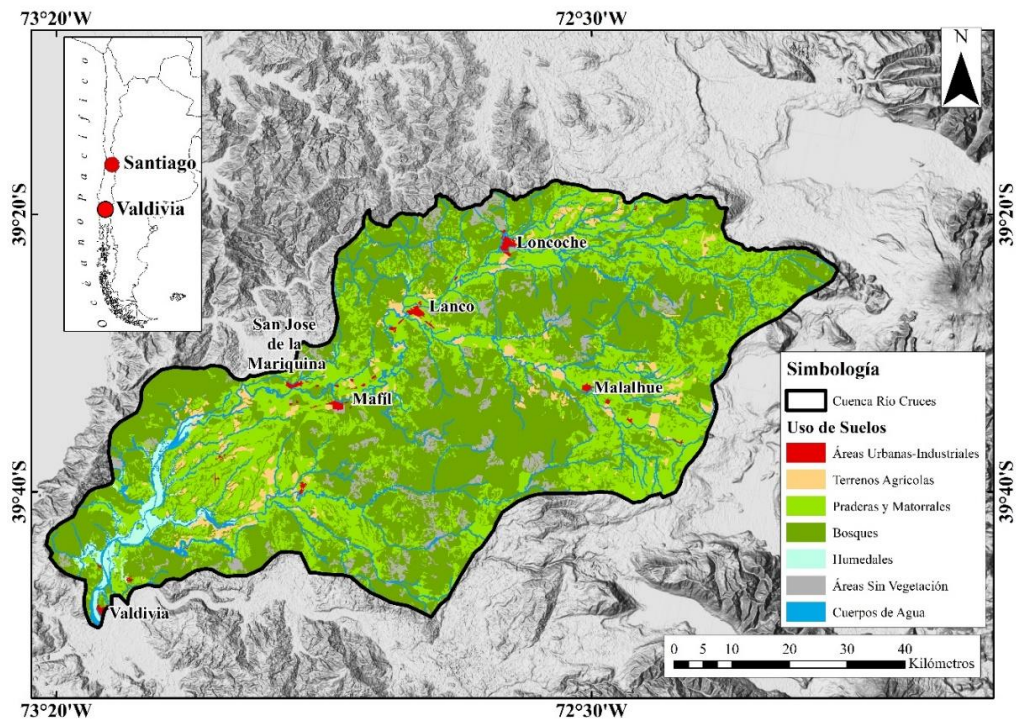
La Tabla 4.4.1 presenta la matriz de cambio absoluto para el área de estudio general en el periodo correspondiente a los años 2017 -2019. Los resultados más destacables se producen en el aumento de la superficie de uso agrícola, que muestra un incremento de poco más de 14.000 hectáreas. Por su parte la superficie de praderas registra una disminución de 12.550 hectáreas. Interesante es también el aumento de superficie ocupada por cuerpos de agua, específicamente la clasificada como lago, laguna, embalses. Particularmente fue la superficie de pequeños embalses la que mostró el mayor incremento, pasando de las 119 hectáreas que ocupaba en el año 2017, a 247 hectáreas en el año 2019. Esto puede ser un reflejo del incremento de sistemas de riego intrapredial.

Los mapas de las Figuras 4.4.3 y 4.4.4 presentan la distribución de los usos de suelo en el área de estudio para los periodos 2017 y 2019, la categorización está representada a través de los usos principales de la COT (Carta de ocupación de tierra). De la observación de estos mapas se puede apreciar que el cambio de praderas a uso agrícola es más relevante en las terrazas al sur de San José de la Mariquina y Máfil.

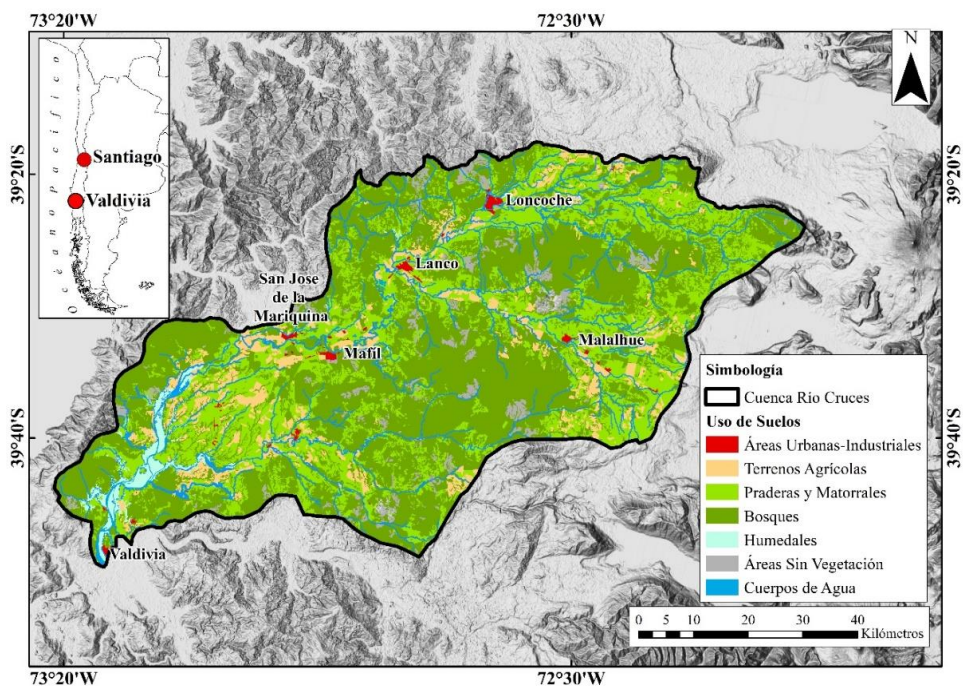
**Tabla 4.4.1.** Balance regional uso actual del suelo, período 2017 - 2019.

Uso Actual	2017		2019		Δ 2017-2019	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
1. Áreas Urbanas-Industriales	2028,7	0,6	2157,1	0,7	128,4	0,04
1.1 Ciudades-Pueblos-Zonas Indus.	1777,6	0,5	1916,54	0,6	138,9	0,04
1.2 Minería Industrial	251,11	0,1	240,59	0,1	-10,5	0,00
2. Terrenos Agrícolas	11909,7	3,6	24719,6	7,6	12809,9	3,91
2.1 Terrenos de Uso Agrícola	8554,12	2,6	21104,88	6,4	12550,8	3,83
2.2 Rotación Cultivo-Pradera	3355,61	1,0	3614,73	1,1	259,1	0,08
3. Praderas y Matorrales	115379,8	35,3	103735,1	31,7	-11644,7	-3,56
3.1 Praderas	104354,7	31,9	90322,01	27,6	-14032,7	-4,29
3.2 Matorral-pradera	5223,63	1,6	7453,74	2,3	2230,1	0,68
3.3 Matorral	1941,11	0,6	1941,11	0,6	0,0	0,00
3.4 Matorral Arborescente	3860,35	1,2	4018,26	1,2	157,9	0,05
4. Bosques	176339,3	53,9	177682,1	54,3	1342,8	0,41
4.1 Plantaciones	73426,32	22,4	74898,43	22,9	1472,1	0,45
4.2 Bosque Nativo	96096,41	29,4	95928,87	29,3	-167,5	-0,05
4.3 Bosque Mixto	6816,59	2,1	6854,81	2,1	38,2	0,01
5. Humedales	6127,0	1,9	6128,8	1,9	1,8	0,00
5.1 Vegetación herbácea en orillas de ríos	1928,35	0,6	1928,35	0,6	0,0	0,00
5.2 Marismas Herbáceas	246,32	0,1	273,27	0,1	27,0	0,01
5.3 Ñadis Herbáceos	3543,44	1,1	3526,91	1,1	-16,5	-0,01
5.6 Vegas	335,04	0,1	326,45	0,1	-8,6	0,00
5.7 Otros terrenos húmedos	73,85	0,0	73,85	0,0	0,0	0,00
6. Áreas Sin Vegetación	13169,5	4,0	10355,6	3,2	-2813,9	-0,86
6.7 Otros Terrenos Sin Vegetación	13152,88	4,0	10192,59	3,1	-2960,3	-0,90
6.8 Cajas de Río	16,62	0,0	163,05	0,0	146,4	0,04
8. Cuerpos de Agua	2340,4	0,7	2516,2	0,8	175,8	0,05
8.2 Ríos	2221,51	0,7	2268,82	0,7	47,3	0,01
8.3 Lago-Laguna-Embalse-Tranque	118,9	0,0	247,35	0,1	128,5	0,04
Total general	327294	100	327294	100		



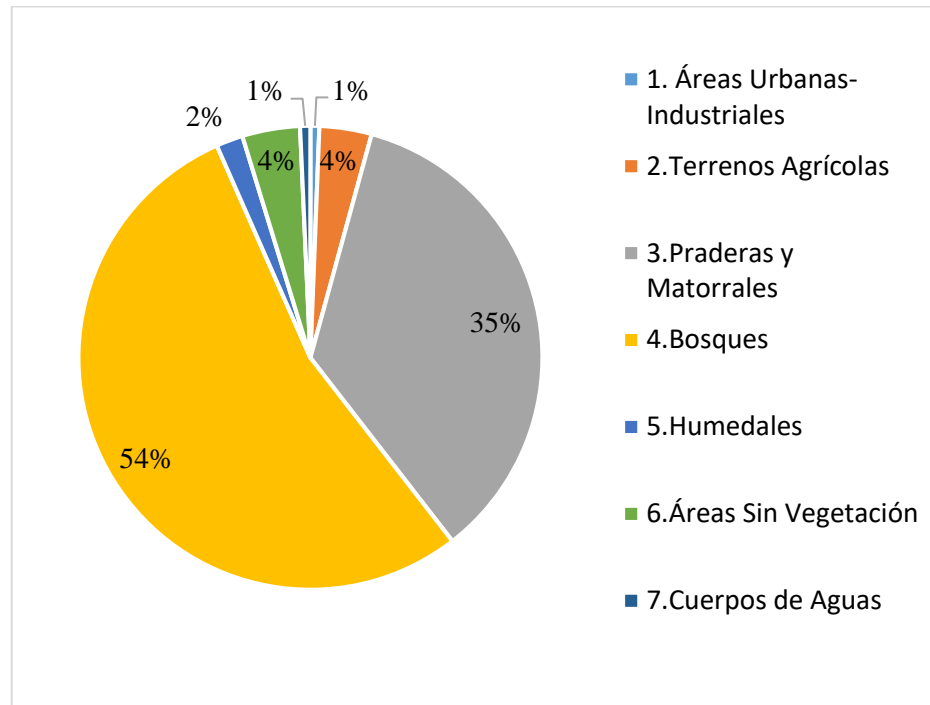


**Figura 4.4.1.** Distribución de los cambios de usos de suelo: año 2017.  
**Fuente:** Elaboración propia



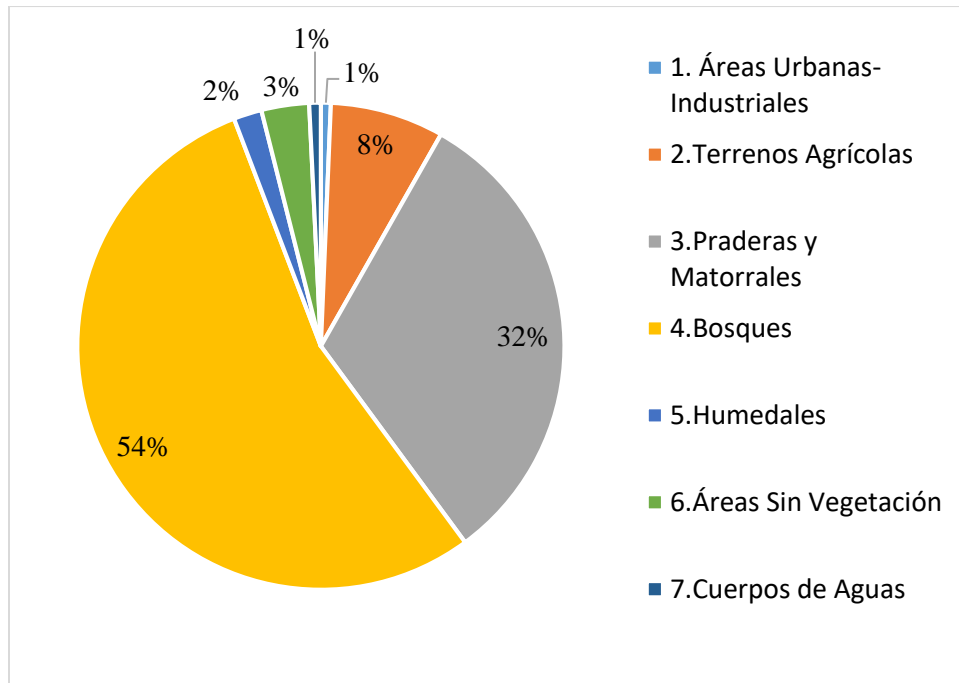
**Figura 4.4.2.** Distribución de los cambios de usos de suelo: año 2019.  
**Fuente:** Elaboración propia

Las Figuras 4.4.5 y 4.4.6 muestran la distribución porcentual de la superficie del suelo según sus usos para los años señalados.



**Figura 4.4.3.** Distribución de superficie por uso del suelo: 2017.

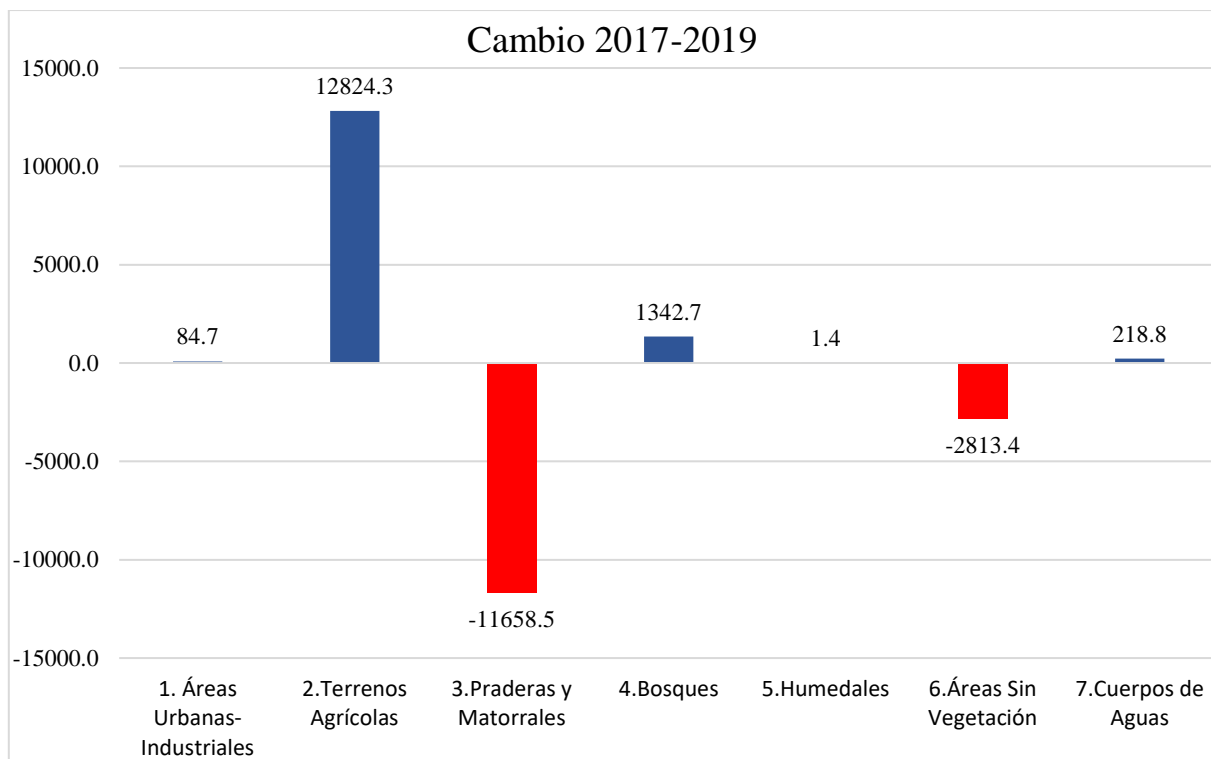
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 4.4.4.** Distribución de superficie por uso del suelo: 2019.

**Fuente:** Elaboración propia

Por su parte, la Figura 4.4.7 presenta la magnitud de los cambios entre coberturas de suelo para el intervalo 2017-2019. En el gráfico quedan claramente reflejados los cambios más significativos en la superficie de uso del suelo.



**Figura 4.4.5.** Magnitud de los cambios entre coberturas de uso de suelo para 2017 -2019.

**Fuente:** Elaboración propia

Las transferencias entre usos se presentan en la Tabla 4.4.2. En ella se observa que efectivamente el cambio más significativo es el que se registra entre la superficie de praderas y matorrales y el uso agrícola. Las praderas y matorrales pierden un total de 17.7131,7 hectáreas, de las cuales 15.882 pasan a uso agrícola.



**Tabla 4.4.2.** Matriz de transferencia de superficies por uso de suelo periodo 2017-2019 (uso principal COT).

	1. Áreas Urbanas-Industriales	2.Terrenos Agrícolas	3.Praderas y Matorrales	4.Bosques	5.Humedales	6.Áreas Sin Vegetación	7.Cuerpos de Aguas	Total
1. Áreas Urbanas-Industriales	1985,8	0	5,4	0	0	0	37,6	2028,7
2.Terrenos Agrícolas	30,2	8837,0	3019,5	0	0	0	23,0	11909,7
3.Praderas y Matorrales	130,0	15882,3	97648,0	1604,5	0	0	114,9	115379,7
4.Bosques	13,6	0,3	234,8	176074,9	0,0	5,1	10,5	176339,2
5.Humedales	0	0	8,6	0,0	6118,4	0,0	0	6127,0
6.Áreas Sin Vegetación	0	0	2818,9	0	0	10350,5	0	13169,5
7.Cuerpos de Aguas	0	0	0,0	0	10,4	0	2330,0	2340,4
Total	2159,7	24719,6	103735,1	177679,5	6128,8	10355,6	2516,0	327294

**Fuente:** Elaboración propia

La Tabla 4.4.3 presenta los cambios y transferencias a nivel de sub usos del suelo, mostrando las mismas características que ya se mencionaron, a un mayor nivel de detalle.

**Tabla 4.4.3.** Matriz de transferencia de superficies por uso de suelo periodo 2017-2019 (Sub-usos COT).

	1,1	1,2	2,1	2,2	3,1	3,2	3,3	3,4	4,1	4,2	4,3	5,1	5,2	5,3	5,6	5,7	6,7	6,8	8,2	8,3	Total 2017
1,1	1745	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	15	1778
1,2	0	241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	251
2,1	2	0	5899	0	2638	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	8554
2,2	28	0	0	2938	0	381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	3356
3,1	128	0	15205	0	87452	0	0	0	1477	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	68	104355
3,2	0	3	0	677	15	4500	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5224
3,3	0	0	0	0	0	0	1941	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1941
3,4	0	0	0	0	0	0	0	3740	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0	0	23	3860
4,1	0	0	0	0	44	0	0	0	73367	0	0	0	0	0	0	0	5	0	2	8	73426
4,2	14	0	0	0	0	0	0	183	0	95899	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96096
4,3	0	0	0	0	7	1	0	0	52	0	6757	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6817
5,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1928	0	0	0	0	0	0	0	0	1928
5,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	246	0	0	0	0	0	0	0	246
5,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	3516	0	0	0	0	0	0	3543
5,6	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	326	0	0	0	0	0	335
5,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	0	0	0	0	74
6,7	0	0	0	0	160	2563	0	95	0	0	0	0	0	0	0	0	10187	146	0	0	13153
6,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	17
8,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	2211	0	2222
8,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119	119
Total 2019	1917	243	21105	3615	90322	7454	1941	4018	74925	95899	6855	1928	273	3527	326	74	10193	163	2269	247	327294

Fuente: Elaboración propia

A escala de la cuenca aportante al HRC, los “Bosques” y “Praderas y Matorrales” son los usos que ocupan mayor superficie, llegando a ser alrededor del 90% de la superficie total. Dentro del uso Bosques, las plantaciones son las que han manifestado la mayor expansión en superficie, en el periodo estudiado. Otra tendencia interesante de destacar es el crecimiento experimentado por las superficies correspondientes al uso agrícola. Este uso del suelo ocupaba el 3.0% en el 2006, el 3,2% en el 2014 y el 3,9% en el año 2019.

Las transferencias de superficie entre usos presentan una clara tendencia al cambio de superficies ocupadas por praderas y matorrales, hacia el uso de plantaciones y al uso agrícola. Esto se ha mantenido desde el año 2006 hasta el 2019.

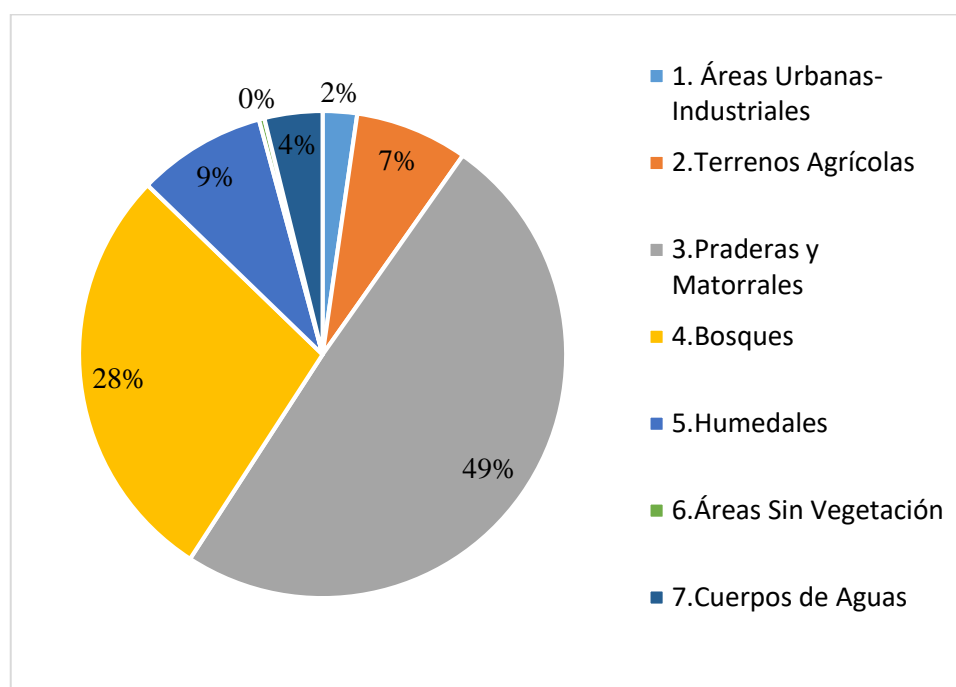
La Tabla 4.4.4 da cuenta del uso del suelo para el área definida como de influencia directa sobre el HRC. En esta área los cambios más importantes se registraron también en el caso de las cubiertas de praderas y matorrales y de uso agrícola. De hecho, de las 14.032 hectáreas que fue la disminución de las praderas y matorrales en la cuenca total, más de 5.000 corresponden a esta área del estudio.

**Tabla 4.4.4.** Balance uso actual del suelo, área de influencia directa sobre el HRC período 2017 - 2019.

	2017		2019		Cambio 2017-2019	
	ha	%	ha	%	ha	%
1. Áreas Urbanas-Industriales	1333,9	2,3	1389,7	2,4	55,8	0,10
2.Terrenos Agrícolas	4377,0	7,5	9486,7	16,2	5109,8	8,74
3.Praderas y Matorrales	28868,3	49,4	23651,6	40,5	-5216,7	-8,92
4.Bosques	16412,7	28,1	16448,5	28,1	35,8	0,06
5.Humedales	4997,9	8,6	5001,8	8,6	4	0,01
6.Áreas Sin Vegetación	210,8	0,4	121,7	0,2	-89,1	-0,15
7.Cuerpos de Aguas	2250,6	3,9	2351,1	4	100,4	0,17
	58451	100	58451	100		

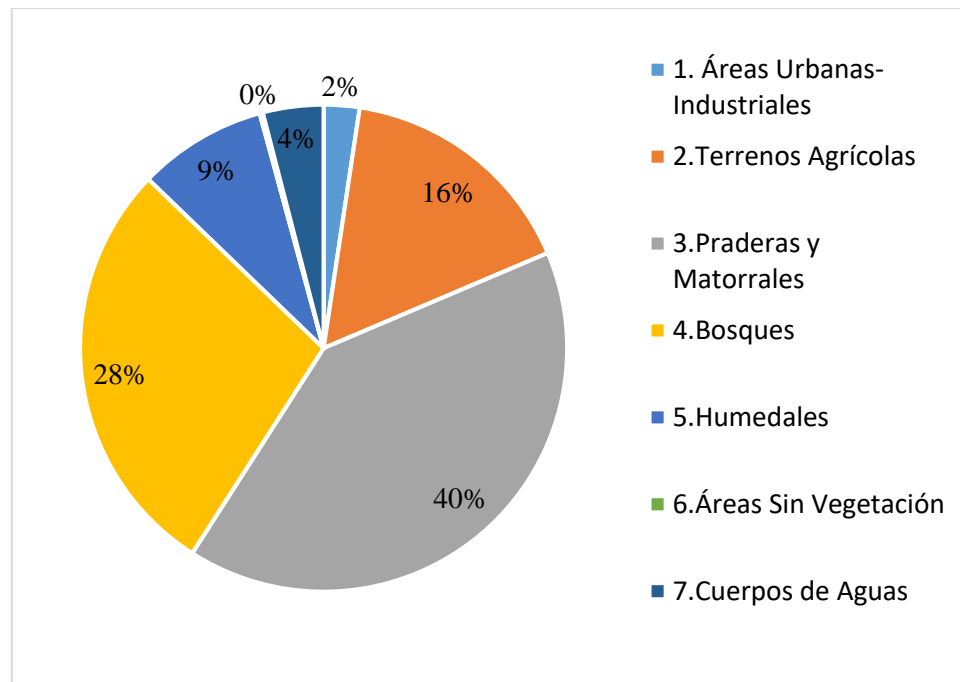
**Fuente:** Elaboración propia

Los gráficos de las Figuras 4.4.8 y 4.4.9 presentan la distribución porcentual de los usos del suelo para ambos años en análisis. Se puede apreciar claramente el crecimiento relativo de la superficie de uso agrícola, en detrimento de la superficie de praderas y matorrales. Si bien en ambos años los usos predominantes son bosques y praderas y matorrales, su participación relativa disminuyó para el año 2019. Este hecho queda de manifiesto en el gráfico de la Figura 4.4.10, donde se aprecia que los únicos cambios significativos son los que se producen en los usos praderas y matorrales y uso agrícola.



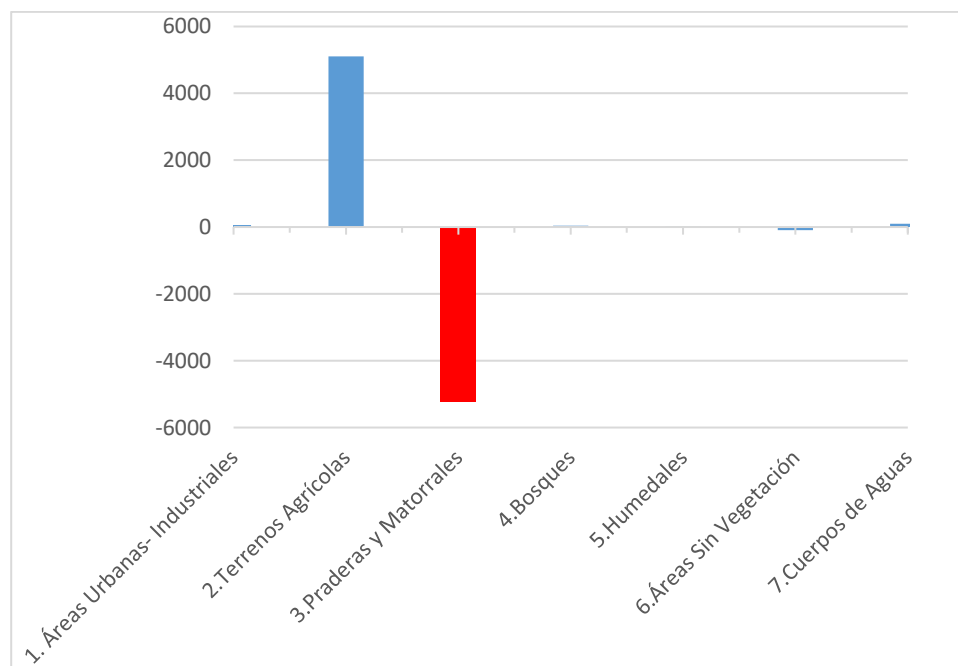
**Figura 4.4.6.** Distribución de superficie por uso del suelo: 2017.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 4.4.7.** Distribución de superficie por uso del suelo: 2019.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 4.4.8.** Magnitud de los cambios entre coberturas de uso de suelo: 2017 -2019.

**Fuente:** Elaboración propia

Respecto a las transferencias entre los usos del suelo, la más significativa resultó ser la que se produjo entre el uso de praderas y matorrales con el uso agrícola, alcanzando a 5.500 hectáreas (Tabla 4.4.5). Las otras transferencias son de menor magnitud.

Las tendencias señaladas para la cuenca del HRC, se replican en el área de influencia directa sobre el humedal. Así se pudo observar que los usos predominantes son bosques y praderas y matorrales, con más del 85% de la superficie ocupada por estos usos. Igualmente, las tendencias de transferencias repiten lo observado en la cuenca global, con traspaso de superficies desde praderas y matorrales hacia plantaciones y al uso agrícola.

**Tabla 4.4.5.** Matriz de transferencia de superficies por uso de suelo periodo 2017-2019 (Sub-uso COT).

	1,1	1,2	2,1	2,2	3,1	3,2	3,3	3,4	4,1	4,2	4,3	5,1	5,2	5,3	5,6	5,7	6,7	6,8	8,2	8,3	Total 2017		
1,1	1116,3				5,8														12,2	14,6	1149		
1,2		177,5																			7,6	185	
2,1			1932,8		381,5																	2314	
2,2		25,8		1754,8		282,0																2063	
3,1	57,5		5500		20131				101,1												35,2	25825	
3,2				299,3		1802,8																2102	
3,3							349,7															350	
3,4								558,6														23,0	582
4,1									5223													8,5	5232
4,2	12,6							44,1		9781,6													9838
4,3											1342,4												1342
5,1												1602,7											1603
5,2													145,2										145
5,3													26,6	3044									3071
5,6						6,8									154,9								162
5,7																17,2							17
6,7					13,0	76,0												113,6					203
6,8																			8,1				8
8,2														10,8							2177,8		2189
8,3																					62,0		62
Total 2019	1186	203	7433	2054	20532	2168	350	603	5324	9782	1342	1603	172	3055	155	17	114	8	2190	151			58441

Fuente: Elaboración propia

Otro elemento interesante de analizar respecto a los cambios que se operan en el territorio de la cuenca del HRC, es lo que dice relación con la fragmentación del paisaje, como indicador de cambios que afectan al sistema socioambiental en general. De la multiplicidad de indicadores de paisajes existentes, el Informe Final del Programa de Diagnóstico Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus Ríos Tributarios (UACH, 2015), utilizó el análisis de fragmentación a través del recuento de la cantidad de polígonos según superficie de tamaño, para cada año en estudio.

La Tabla 4.4.6 presenta la fragmentación del área de estudio por año según la cantidad y las superficies ocupados por polígonos por años. En primer lugar, se puede notar que la zona de estudio se está fragmentando, la cantidad de polígonos totales en la cuenca era de 10.196 para el año 2006, subiendo a 11.165 en el año 2014 y a 17.075 en el año 2019.

La cantidad de polígonos con superficie pequeña, aumenta considerablemente en el periodo de estudio. En el 2006, 5.963 polígonos tenían una superficie de 0 a 5 has., en tanto para el 2014, los polígonos entre 0 y 5 has. subió a 6.708, llegando a los 13.093 polígonos de este tamaño en el 2019.

Los polígonos de superficie más grande (entre 5.000 y 10.000 ha) eran 7, en los años 2006 y 2014, reduciéndose a solo 5, en el 2019.



**Tabla 4.4.6.** Fragmentación de la tierra por año

<b>2006</b>			
<b>Clases superficies (ha)</b>	<b>Superficie acumulada (ha)</b>	<b>Cantidad de polígonos</b>	<b>Tamaño Medio Polígono (ha)</b>
0 a 5	11089.5	5963	1.9
5 a 10	10127.5	1418	7.1
10 a 15	8434.4	691	12.2
15 a 20	6880.5	397	17.3
20 a 50	27864.8	895	31.1
50 a 100	26088.6	368	70.9
100 a 500	75410.7	371	203.3
500 a 1000	35116.7	52	675.3
1000 a 5000	67165.7	34	1975.5
5000 a 10000	40882.5	6	6813.8
Sup a 10000	26509.8	1	26509.8

<b>2014</b>			
<b>Clases superficies (ha)</b>	<b>Superficie acumulada (ha)</b>	<b>Cantidad de polígonos</b>	<b>Tamaño Medio Polígono (ha)</b>
0 a 5	12449.7	6708	1.9
5 a 10	10757.9	1506	7.1
10 a 15	8961.5	735	12.2
15 a 20	7176.5	413	17.4
20 a 50	29981.3	959	31.3
50 a 100	27637.0	383	72.2
100 a 500	75838.1	372	203.9
500 a 1000	29055.7	43	675.7
1000 a 5000	77296.3	39	1982.0
5000 a 10000	38061.3	6	6343.6
Sup a 10000	18355.0	1	18355.0

<b>2019</b>			
<b>Clases superficies (ha)</b>	<b>Superficie acumulada (ha)</b>	<b>Cantidad de polígonos</b>	<b>Tamaño Medio Polígono (ha)</b>
0 a 5	9548	13093	1
5 a 10	9062	1271	7
10 a 15	7212	587	12
15 a 20	7001	404	17
20 a 50	26624	849	31
50 a 100	27486	395	70
100 a 500	81717	387	211
500 a 1000	34773	53	656
1000 a 5000	75997	31	2452
5000 a 10000	18370	3	6123
Sup a 10000	29503	2	14752

**Fuente:** Elaboración propia

### **Población de la cuenca del HRC.**

En el amplio territorio de la cuenca del Cruces, que abarca una superficie de 3.233 Km<sup>2</sup> (Gobierno de Chile, DGA 2004), viven alrededor de 86.830 personas, de acuerdo a las cifras del último censo de población realizado en el año 2017 (INE 2018). De ellas, 37.830 personas viven en las cuatro ciudades mayores de la cuenca, Loncoche (15.303 hab.), Lanco (8.521 hab.), San José de la Mariquina (9.767 hab.) y Máfil (4.239 hab.). Los casi 50.000 habitantes restantes viven en pueblos, aldeas y caseríos rurales. Cabe mencionar que en Chile la condición urbana corresponde a centros poblados mayores a 2.000 habitantes, distinguiéndose ciudades (por encima de 5.001 hab.) y pueblos, entre 2.001 y 5.000 habitantes.

La población de la cuenca del río Cruces, ha experimentado un crecimiento del 25% en los 15 años que median entre los censos de población de los años 2002 y 2017. Eso significa una tasa media anual de crecimiento de 1,5%. Esta cifra es superior al crecimiento del país que fue de solo 1,0% en el mismo periodo. Por su parte, la Región de Los Ríos, tuvo un crecimiento de tan solo 0,51% en esos 15 años.

El comportamiento del crecimiento demográfico naturalmente no es homogéneo en el territorio, mostrando contrastes muy pronunciados. Así, por ejemplo, el conjunto de las cuatro ciudades mencionadas anteriormente creció a un promedio anual de 0,8%, pero la ciudad de San José de la Mariquina lo hizo a un 1,51%. Por su parte los sectores rurales de la comuna de Valdivia crecieron en un 231% en esos 15 años, a un ritmo de 8% medio anual. Igualmente, el área rural de la comuna de Mariquina creció a un 3,5% anual. Estos sectores, directamente relacionados con el HRC, son los que concentraron la expansión de la población en la cuenca y son manifestaciones de las nuevas formas de crecimiento urbano que se registran a escala mundial.

Los resultados obtenidos en esta etapa del Programa de Monitoreo del HRC se presentan a continuación. Para el caso del análisis detallado de la población, los resultados se refieren solo al área de influencia

Según el censo del año 2002, el total de población en el área de estudio llegaba a los 18.792 habitantes. Según el censo del año 2017, la población del área de influencia directa sobre el HRCF alcanza a aproximadamente 22.000 habitantes.

#### **a) Sector Cabo Blanco**

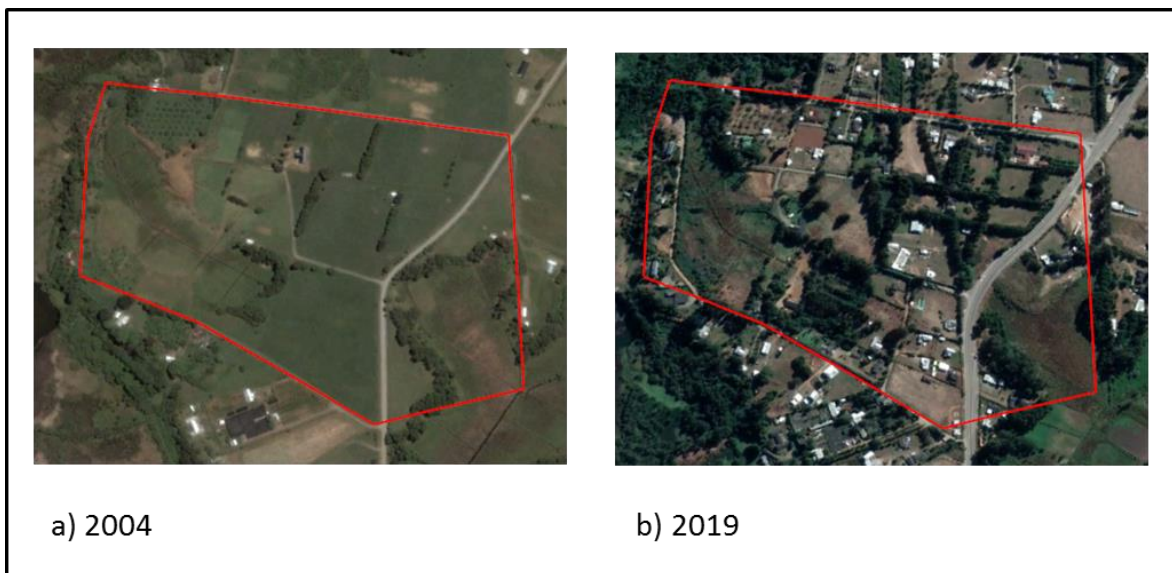
En el informe del Primer año del Programa de Monitoreo (2015), se analizó específicamente el caso de las localidades de Cabo Blanco y Punucapa, por ser las que mostraron el mayor grado de crecimiento del área construida de carácter residencial. El análisis de la información correspondiente al año 2016, advirtió que a estas dos localidades se debía agregar Cayumapu, dado que presenta importantes proyectos de construcción, en diferentes etapas de ejecución. Además, se incorporó el análisis de Rebellín y Pichiguape. Estas localidades se mantienen en observación desde el año 2017.

En el caso de la localidad de Cabo Blanco, se sigue apreciando el incremento del área construida, tendencia que se ha visto fortalecida por la pavimentación del camino que une a esta localidad con Valdivia. Esto implica una notable reducción en los tiempos de viaje, lo que como ocurre en otras ciudades, constituye un incentivo para la radicación de habitantes urbanos en áreas de condiciones más cercanas a lo natural, pero en las inmediaciones del centro urbano.

Cabo Blanco tenía 89 habitantes en el año 2002, según el censo de esa fecha, aumentando a 359 habitantes para el censo del año 2017. La población de esta localidad se multiplicó por cuatro en los 15 años que median entre ambas mediciones. Esto es consistente con el incremento de las viviendas que se registró a lo largo de este monitoreo.

En el año 2004 había 52 viviendas en el sector, el censo de 2017 identificó 133 y el levantamiento de terreno del año 2019 detectó 147 viviendas.

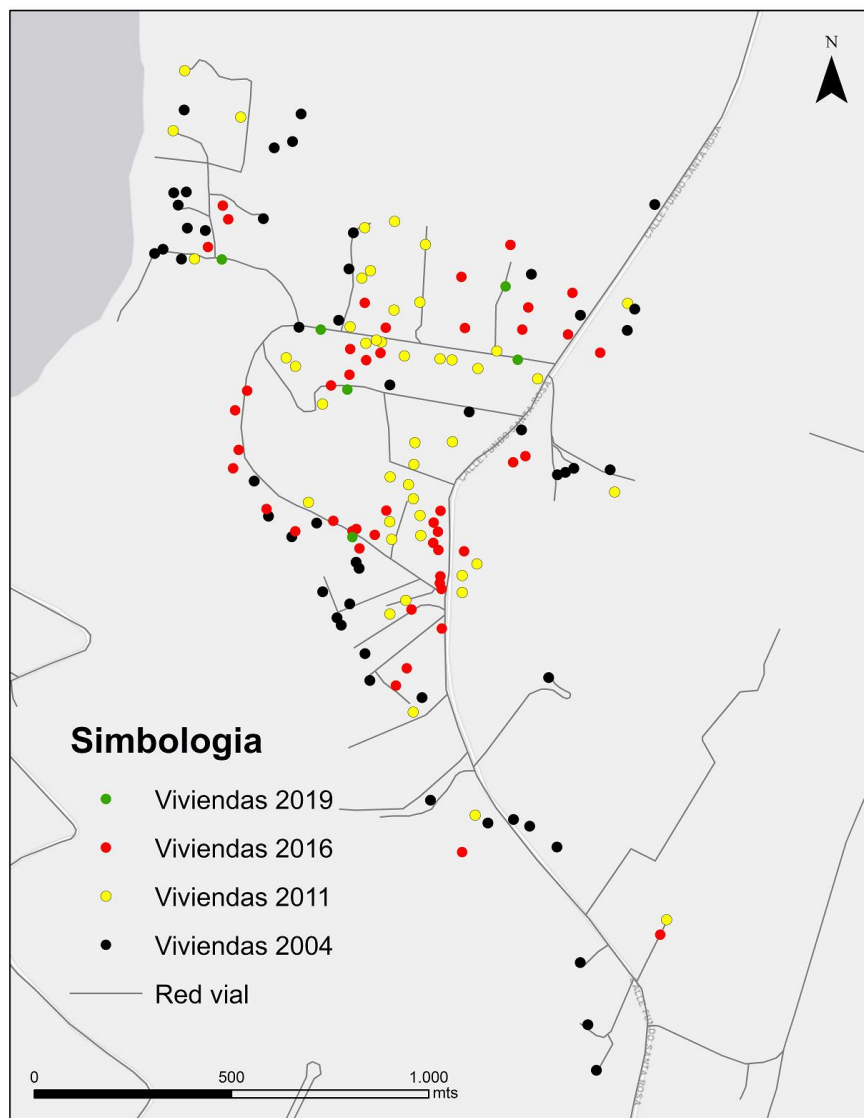
La Figura 4.4.11 muestra gráficamente el cambio en el paisaje registrado entre el año 2004 y el 2019. El polígono marcado con línea roja, corresponde a un antiguo predio agrícola (rol 2477-02), el cual fue subdividido en parcelas de 5.000 m<sup>2</sup>.



**Figura 4.4.11.** Cambios en ocupación del suelo producto de la subdivisión en parcelas agroresidenciales, del predio rol 2477-02. Sector de Cabo Blanco.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de reconocimiento de terreno

La Figura 4.4.12 presenta la variación en el número de viviendas en Cabo Blanco y en ella se puede apreciar cómo esta localidad va adquiriendo un patrón de poblamiento de carácter cada vez más urbano. Las viviendas comienzan a expandirse en caminos laterales de reciente trazado como se muestra en la Figura 4.4.13.



**Figura 4.4.12.** Variación del número de viviendas en Cabo Blanco: años 2004, 2011, 2016 y 2019.  
**Fuente:** Elaboración propia a partir de reconocimiento de terreno.

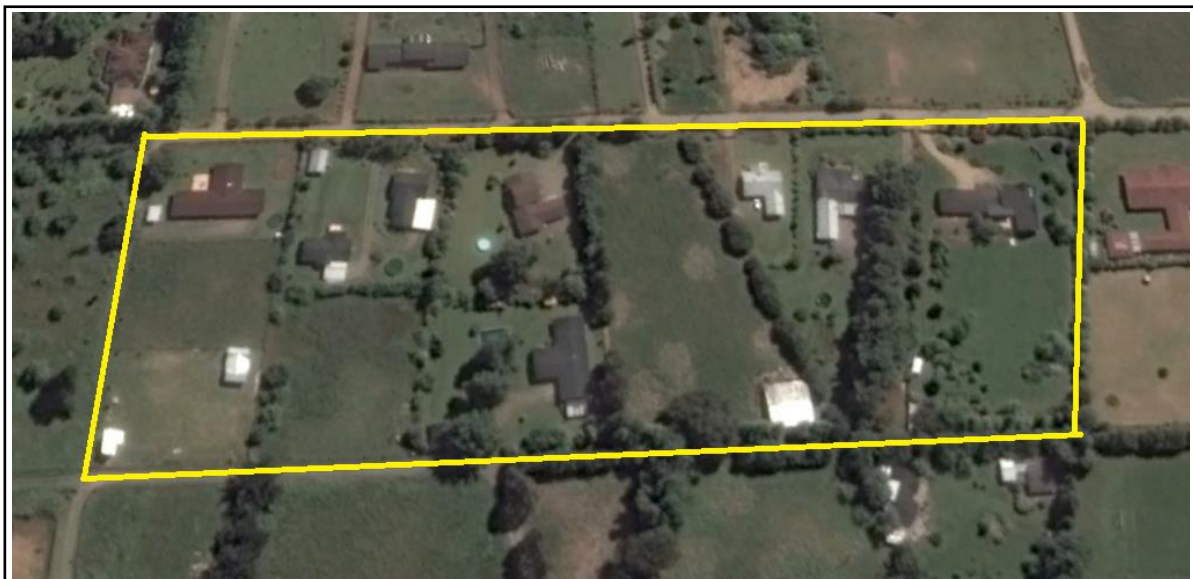


**Figura 4.4.13.** Surgimiento de nuevas áreas de poblamiento en Cabo Blanco. (El círculo rojo muestra un nuevo camino en el sector y la consiguiente ampliación del área de poblamiento).

**Fuente:** levantamiento de información en terreno sobre imagen Google Earth.

Como se indicó en los Informes del Programa de Monitoreo anteriores, se advierte una creciente tendencia a la densificación del área construida, la que se puede apreciar en la Figura 4.4.14, en la que como se señaló en el informe del 2017 y 2018, se advierte que, en una superficie de aproximadamente tres hectáreas, se encuentra un total de nueve viviendas, lo que lleva a una densidad superior a la permitida en predios rústicos. Lo mismo se presenta en nuevos sectores de Cabo Blanco, registrados en la Figura 4.4.15.

En la Figura 4.4.15, la imagen a) presenta el patrón que corresponde a una ocupación en parcelas de 5.000 metros cuadrados, como indica la normativa. En cambio, las imágenes b) y c), dan cuenta de la mencionada densificación del área construida.



**Figura 4.4.14.** Subdivisiones y densificación en un área seleccionada en Cabo Blanco.

**Fuente:** levantamiento de información en terreno sobre imagen Google Earth.



**Figura 4.4.15.** Subdivisiones y densificación en un área seleccionada en Cabo Blanco.

**Fuente:** levantamiento de información en terreno sobre imagen Google Earth.



Tal como se advirtió anteriormente, se debe dejar claro que no existe evidencia de una transgresión a la normativa, ya que existen alternativas legales para justificar una subdivisión a menor tamaño. Lo que se quiere dejar establecido, es que se está generando un paisaje de carácter más urbano, en la medida en que las densidades empiezan a ser mayores.

#### **b) Sector Cayumapu**

En el Informe del Programa de Monitoreo del HRC del año 2016, se mencionó la existencia de un loteo de más de 40 hectáreas (Loteo Santa Emilia) en una terraza del río Cayumapu en el que se han comenzado a instalar viviendas en algunas de las 75 parcelas trazadas (cada una de media hectárea). A este loteo se ha venido a sumar una segunda parcelación (Loteo Lomaflor), de la misma empresa inmobiliaria. Este loteo, ubicado al norte de la villa Cayumapu, tiene una superficie aproximada de 5 hectáreas, lo que implica una cabida máxima de 10 parcelas (Fig. 4.4.16). Durante el año 2019, se han instalado 8 nuevas viviendas en este loteo.

Este loteo viene a consolidar un área importante de poblamiento en este sector rural ubicado al norte de Valdivia y ribereño del río Cayumapu, uno de los afluentes importantes del HRC (Fig. 4.4.17). Todo ello refuerza la hipótesis del rol que le cabe al mejoramiento de la ruta Valdivia – San José de la Mariquina en la configuración de un eje de expansión del área urbana.





**Figura 4.4.16.** Nuevo loteo de parcelas en sector norte de villa Cayumapu.  
**Fuente:** levantamiento de información en terreno sobre imagen Google Earth.

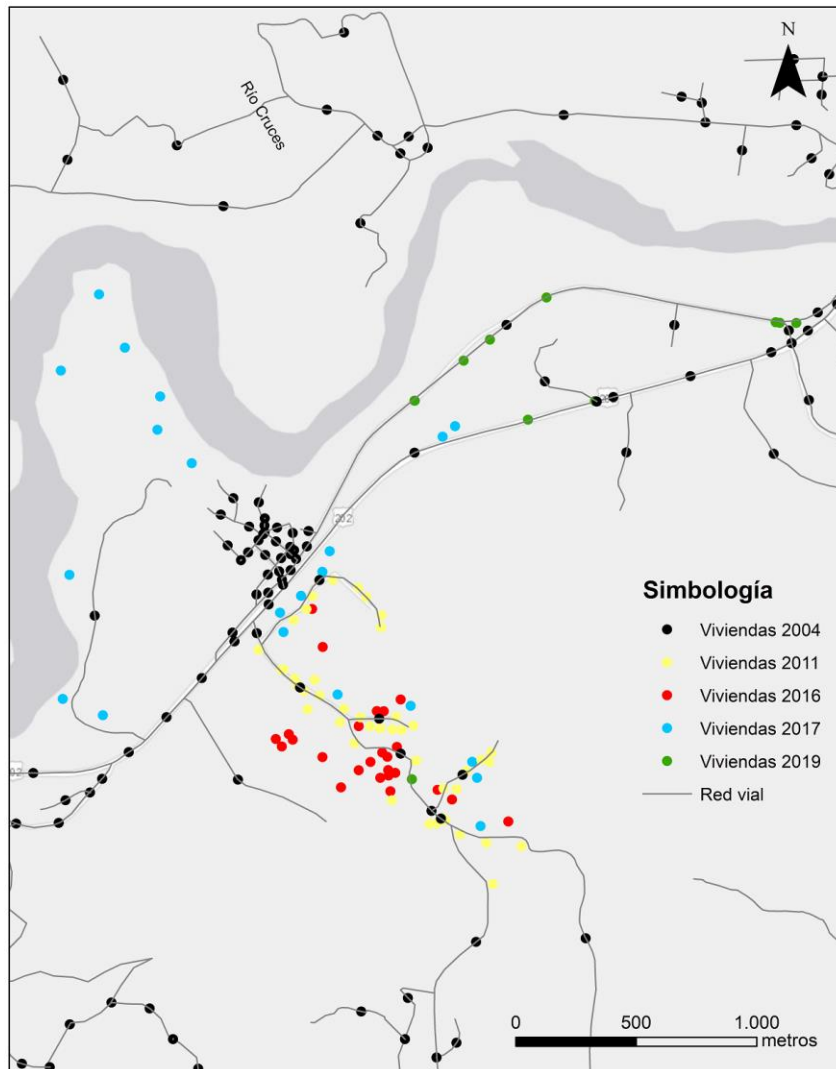


**Figura 4.4.17.** Urbanización en sector Cayumapu.

**Fuente:** levantamiento de información en terreno sobre imagen Google Earth.

La población de este sector aumentó desde 442 habitantes en el censo del año 2002, a 778 habitantes en el censo del año 2017. En cuanto a viviendas, se pasó de las 53 encontradas en el año 2004 a un total de 125 para el 2019.

La Figura 4.4.18 presenta la variación en el número de viviendas del sector de Cayumapu - Pichihuape, una de las áreas de poblamiento que se han identificado en los alrededores de la Villa Cayumapu y que presenta alto dinamismo en los años que se han analizado. La misma Figura da cuenta de todas las viviendas nuevas (construidas entre 2016 y 2019), en el sector Cayumapu.



**Figura 4.4.18.** Variación del número de viviendas en sector Cayumapu - Pichihuape: años 2004, 2011, 2016, 2017 y 2019.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de reconocimiento de terreno.

El reconocimiento de terreno y el análisis de imágenes satelitales recientes ha permitido identificar 7 nuevas construcciones en el último año, lo que indica el dinamismo en el sector Cayumapu. El último año las nuevas viviendas se han localizado principalmente en el nuevo loteo al norte de Villa Cayumapu y siguiendo el Camino Real, el que, al ser mejorado y pavimentado, ofrece mayor atractivo para el poblamiento. Este dinamismo se



espera que se incremente en la medida en que comience a construirse de manera más intensa en los nuevos loteos que se mencionaron.

La Figura 4.4.18 permite además apreciar que las nuevas construcciones se concentran específicamente en los nuevos loteos localizados al nor oeste de la carretera, mientras el sector Pichiguape no registró modificaciones en la cantidad de viviendas.

El mismo proceso de densificación detectado en el caso de Cabo Blanco, se está comenzando a presentar en Pichihuape, tal como se muestra en la Figura 4.4.19. El número de construcciones residenciales que se encuentran en ambos casos superan la cabida que corresponde a superficies de 1 o 2 hectáreas.



**Figura 4.4.19.** Subdivisiones y densificación en un área seleccionada en Pichihuape.

**Fuente:** Levantamiento de información en terreno sobre imagen Google Earth.

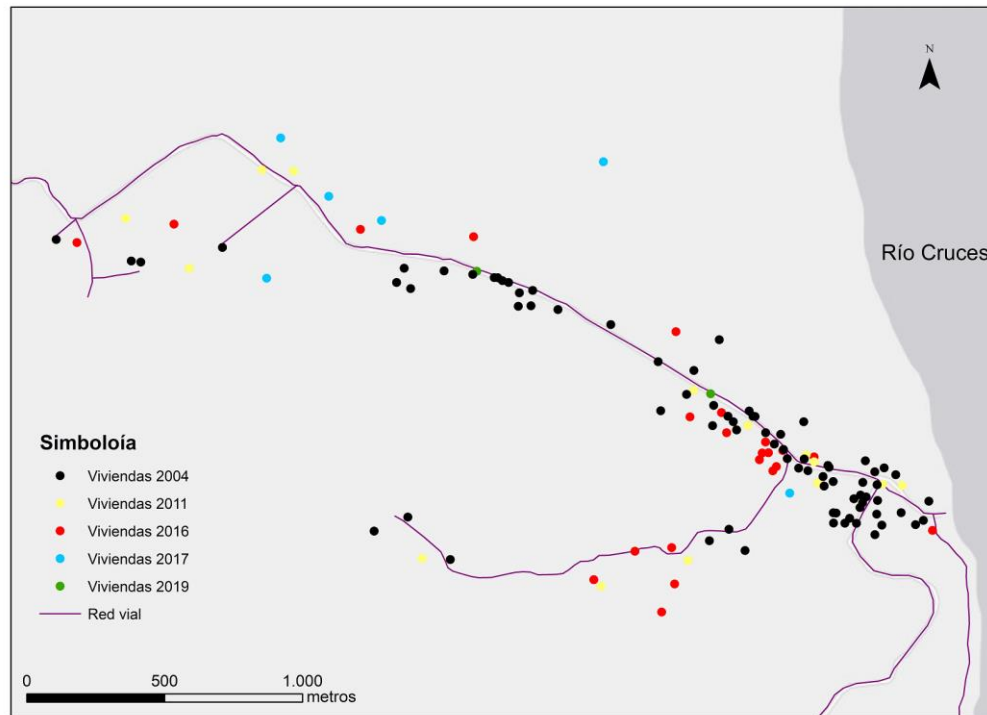
### c) Sector de Punucapa.

La Figura 4.4.20 presenta la variación en las viviendas en el caso de la localidad de Punucapa. Como se puede apreciar, el ritmo de crecimiento se ha reducido sustancialmente, pudiéndose localizar solamente una nueva vivienda en este levantamiento del año 2019. En este caso también es necesario mencionar la existencia de al menos un loteo identificado, con siete parcelas de 1.000 metros cuadrados, que

representa una expansión hacia la ribera del humedal. Si bien aún se encuentra en etapa de venta de los sitios, se deberá expresar en un incremento de la población en el futuro inmediato.

La localidad de Punucapa contaba con 77 casas en el año 2004 aumentando hasta 119 en el año 2019. Por su parte la población, según el censo del año 2002 alcanzaba a los 127 habitantes, registrando un incremento de 62 personas, llegando a 189 habitantes para el censo del 2017. La mayor expansión en número de viviendas, se registró entre los años 2004 y 2016. Después del 2016 el crecimiento se ha estancado.

Aun cuando queda fuera del área definida como la de influencia directa sobre el humedal, es importante tener en consideración, la profusión de viviendas que se está produciendo en las laderas de la Cordillera de la Costa, que se orienta hacia el HRC. Estas viviendas constituyen un tema a tener presente en el futuro mediano, por cuanto sus efectos referidos a movimientos de tierra y disposición de residuos, junto a otros efectos, recaerán finalmente en el HRC. Se pudo apreciar la existencia de varios nuevos sitios y parcelas en venta en estas laderas.

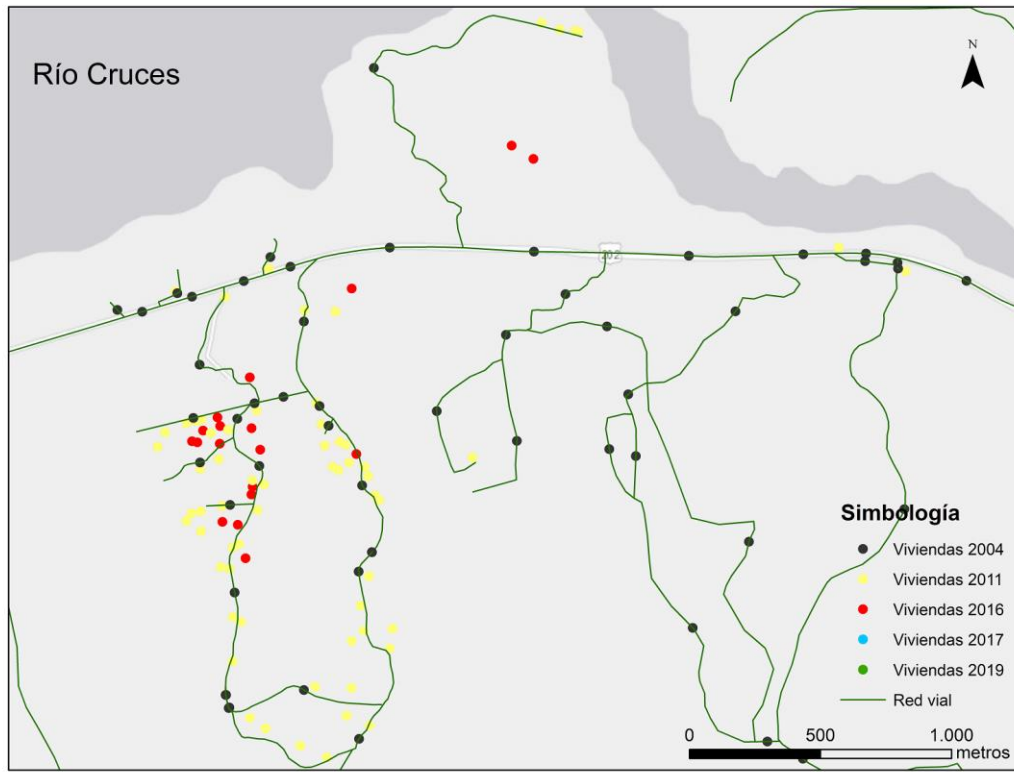


**Figura 4.4.20.** Variación del número de viviendas en Punucapa: años 2004, 2015, 2016, 2017 y 2019.  
**Fuente:** Elaboración propia a partir de reconocimiento de terreno

#### d) Sector de El Rebellín

Para el caso de El Rebellín, la situación es parecida a las anteriores representando un ejemplo aún más típico de la migración por amenidad, ya que se trata de un poblamiento inmerso en el bosque. El Rebellín registraba 19 viviendas en el año 2004, aumentó a 69 en el año 2011 y al año 2016 presentó 84 viviendas. El censo del 2017 registró 143 habitantes, casi 12 veces los habitantes que se encontraban en el sector para el censo del año 2002 (12 habitantes en el 2002) (Fig.4.4.21).

La situación en el caso de El Rebellín presenta un estancamiento en cuanto a construcción de nuevas viviendas, no encontrándose nuevas construcciones, en el área definida para este estudio, en los últimos tres años.



**Figura 4.4.21.** Variación del número de viviendas en sector El Rebellín: años 2004, 2011, 2016, 2017 y 2019.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de reconocimiento de terreno

Como se señaló en el informe del primer año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (2015) y en el Informe Final del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC realizado durante el año 2014 y parte del 2015, el eje caminero de la carretera que une a Valdivia con San José de la Mariquina, se está comportando como un eje de expansión de las actividades urbanas de la ciudad capital de la Región de los Ríos.

La Figura 4.4.22 presenta esquemáticamente la situación que se ha configurado en torno a esta carretera. En ella se han comenzado a localizar instalaciones industriales, de almacenaje y de empresas de transporte, que requieren de espacios mayores de los que ofrece la ciudad y además aprovechan la localización en la carretera.

A estos espacios de carácter económico que comienzan a aparecer en este eje, se suma la densificación de viviendas en Cabo Blanco, impulsada tanto por la disponibilidad de espacios como por el mejoramiento de las comunicaciones terrestres con Valdivia. Otro tanto es lo que ocurre con el ya mencionado sector de Cayumapu.



**Figura 4.4.22.** Eje de expansión de instalaciones residenciales y productivas asociadas funcionalmente a la ciudad de Valdivia.

**Fuente:** Elaboración propia



#### 4.4.5. Conclusiones

Se puede apreciar que si bien el grado de modificación de las variables Uso del Suelo y Población y Poblamiento, resulta moderado, es posible apreciar algunas tendencias de carácter general que resultan importantes para comprender el comportamiento del HRC. Es el caso de las transferencias de superficies bajo uso de suelo “Praderas y Matorrales”, que mantiene la tendencia a la disminución. Además, se observa un incremento en la superficie de uso “Áreas urbanas e Industriales”, que coincide con las tendencias que se aprecian al estimar la población en áreas seleccionadas próximas al HRC. La población ha mantenido su tendencia al crecimiento, lo que se correlaciona con el incremento del área construida con fines residenciales, particularmente en el área de influencia directa (área buffer).

A un nivel de mayor especificidad se puede concluir que:

- Los usos del suelo más representativos del HRC para el periodo, son “Bosques” y “Praderas y Matorrales”, constituyendo más del 85% de la matriz de superficie de la cuenca.
- Los “Terrenos Agrícolas” ocupan menos del 4%, mientras que los “Humedales” representan alrededor 8% de la superficie del área de estudio.
- El principal cambio en el uso del suelo detectado en el periodo 2017-2019 ocurre en los “Terrenos Agrícolas” que aumentaron su superficie 12.809 ha.
- Existe una disminución de “Praderas y Matorrales” en 11.644,7 ha. las que principalmente cambiaron a uso agrícola y en menor medida a plantaciones.
- Se observa en general, una reducción del ritmo de expansión de la superficie de plantaciones.
- En el área Buffer (zona de 1 000 m alrededor del HRC) la principal modificación en el uso del suelo ocurre con la transferencia desde el uso “Praderas y Matorrales” hacia el uso “agrícola” con 5.500 ha.

- Otra modificación, pero de menor cuantía corresponden al uso “Áreas urbanas e Industriales”, que se incrementa en 128 ha.
- La dinámica de poblamiento del área de influencia estudiada, mantiene un ritmo moderado no apreciándose modificaciones de relevancia, excepto en los sectores de Cabo Blanco y Cayumapu, tratados en forma específica en este informe.
- Se configura el eje de expansión de las actividades urbanas de Valdivia, siguiendo la carretera Valdivia - San José de la Mariquina, lo que se manifiesta no solamente en cuanto a nuevas residencias, que es lo que destaca este informe, sino también en construcciones de carácter industrial y de almacenamiento.
- El área de estudio aún carece de un Instrumento de Ordenamiento Territorial que le otorgue algún grado de protección legal. Por otra parte, no existe registro de solicitud de autorización ambiental para el caso de los nuevos loteos identificados, no encontrándose en registros del SEA regional.
- En términos generales, se mantiene la tendencia observada en el Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC en el sentido de que el área de la cuenca del río Cruces, así como aquella que fue definida como de relación más inmediata y directa con el humedal del río Cruces, presenta una tendencia de crecimiento moderada, concentrando la población en las ciudades, principalmente en Valdivia.
- No obstante, lo anterior, existen evidencias recientes de tendencias a la expansión en algunos sectores rurales, especialmente aquellos en el eje Valdivia – San José de la Mariquina, que parece ser el de mayor dinamismo demográfico. Esta tendencia al aumento de asentamiento de población en sectores sub urbanos o definitivamente rurales, está en condescendencia con tendencias de carácter mundial que se asocian, entre otras cosas, a la mayor disponibilidad de medios y modos de transporte y la búsqueda de algunas amenidades particulares. Testigo de esto es la existencia de nuevos proyectos de loteo, los cuales están siendo recién puestos en el mercado, por lo que se espera que en

los próximos años comience a producirse un incremento en el poblamiento de este eje carretero.

#### **4.5. CONOCIMIENTO ECOLOGICO LOCAL**

##### **4.5.1. Antecedentes**

A partir de marzo del 2019 el Programa de Monitoreo Ecológico Local, orientado al fortalecimiento de capacidades y conocimientos de comunidades escolares, se desarrolló según lo planificado, incorporando la metodología del Modelo de Enriquecimiento Escolar o SEM.

Durante el mes de marzo se contactó a cinco escuelas de la comuna de Valdivia con las cuales el proyecto se desarrolló desde el año 2018, retomado los vínculos con los profesores correspondientes y activando las redes con los apoderados de los estudiantes destacados por su fuerte motivación en las actividades de los ciclos previos. Los estudiantes participantes del periodo 2019 fueron principalmente los que participaron también en la actividad extraescolar denominada "Piloto modelo de enriquecimiento escolar para el fortalecimiento del conocimiento ecológico local y el monitoreo del humedal del río Cruces" realizada en enero del 2019 con el propósito de identificar intereses y poner a prueba el modelo de trabajo proyectado para el año 2019.

##### **4.5.2 Objetivos**

- Dar continuidad al programa de monitoreo ecológico local con los niños y niñas que muestren intereses o capacidades especiales en su relación con el entorno natural.
- Generar nuevos intereses y fortalecimiento de capacidades y conocimientos en torno al ecosistema humedales, además de conciencia ambiental y prácticas sustentables con su entorno natural.

- Fortalecer la “identidad regional” y sentido de pertenencia de los niños y niñas por la ciudad en la cual habitan.

#### 4.5.3. Material y métodos

Considerando que es relevante incorporar profundización del conocimiento y afianzamiento de las habilidades respecto a cómo observan, exploran y se relacionan con el HRC y sus ríos tributarios los habitantes de la zona urbana, el programa de monitoreo ecológico local se implementó con un grupo de 30 estudiantes que destacaron durante los talleres, salidas y actividades realizadas en el año 2018. Por lo tanto, los estudiantes pertenecían a las siguientes escuelas: <sup>3</sup>

- **Escuela El Bosque:** Establecimiento municipal aledaño al humedal El Bosque, en el cual el programa de monitoreo local se implementó el año 2018 con un grupo de 11 niños y niñas de 5to y 6to básico pertenecientes al Taller Ambiental. El año 2019 continuó su participación con 16 estudiantes de 5to a 7mo básico. Fueron incorporados 5 niños y niñas que a partir de la motivación transmitida por sus compañeros y profesora manifestaron su interés en participar.
- **Escuela Alemania:** Establecimiento municipal en el cual el programa de monitoreo local se implementó el año 2018 con un grupo de 15 niños y niñas del Taller A+S (aprendizaje servicio) de 4to y 5to básico que trabajan recurrentemente en el humedal Santa Inés. El año 2019 continuó su participación con 13 estudiantes.
- **Escuela Leonardo da Vinci:** Escuela municipal donde el programa de monitoreo local se implementó el 2018 con un grupo de 24 niños y niñas participantes del taller de Ciencia y Brigada ecológica, de 5to, 6to, 7mo y 8vo básico. El año 2019 continuó su participación con 3 estudiantes de 6to y 7mo básico.

---

<sup>3</sup> **Escuela Angachilla** durante el año 2019 no tuvo participación de estudiantes pese a las gestiones para reactivar el vínculo.

- **Escuela Fedor Dostoievski:** Escuela municipal donde el programa de monitoreo local se implementó el 2018 con un grupo de con 8 estudiantes de 6to básico del Taller Ambiental. El año 2019 continuó su participación con 2 estudiantes de 7mo básico.

Como ya se ha mencionado, el programa desarrollado durante el año 2019 tuvo como objetivo aproximar a los estudiantes y profesores a una experiencia extracurricular de aprendizaje en torno a humedales. La metodología escogida fue el modelo SEM o Modelo de Enriquecimiento Escolar, mediante una oferta formativa que permitió escalar en conocimientos, habilidades y competencias a los estudiantes persistentes del programa. Durante el periodo 2019, se abordaron las dos primeras etapas de la triada de enriquecimiento que consistieron en exponer nuevos intereses y entrenamiento grupal.

Los contenidos se abordaron prestando atención a la participación activa de los estudiantes, principalmente desafiando su capacidad de observación y análisis. Además del trabajo en salas y laboratorios, se realizaron salidas a terreno a los humedales urbanos para profundizar contenidos y propiciar el vínculo de los estudiantes con estos ecosistemas. Se consideró prioritario que los talleres y las salidas a terreno sean experiencias que expongan nuevos intereses y predispongan el entrenamiento grupal de nuevas habilidades de exploración, indagación y reflexión en la naturaleza. Con el objeto de reforzar y facilitar el involucramiento de los estudiantes con la red local de investigación y acción ciudadana en torno a los humedales, se trabajó de manera muy activa con científicos y expertos que apoyaron la labor docente del equipo coordinador.

Durante el primer semestre las actividades se realizaron los días sábados de 9:00 a 13:00 horas, en la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile mientras que en el segundo semestre las actividades se llevaron a cabo mayoritariamente en el Parque Urbano el Bosque.

**4.5.4. Resultados:**

En la tabla que se presenta a continuación se organizan las actividades realizadas durante el periodo 2019 en el programa de monitoreo ecológico local del HRC y los resultados obtenidos.

**Tabla 1:** Actividades implementadas en la comuna de Valdivia (primer semestre 2019).

UNIDAD	OBJETIVOS	CONTENIDOS Y PRINCIPALES ACTIVIDADES	LUGAR	PERIODO	PARTICIPANTES
<b>PLANIFICACIÓN</b>	El principal objetivo de esta actividad fue reactivar redes con escuelas y estudiantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reunión de coordinación y planificación de actividades en cada escuela con Unidad Técnica Pedagógica.</li> <li>• Comprometer participación de los estudiantes y sus familias exponiendo objetivos del proyecto.</li> <li>• Definir grupo, lugar y horarios de trabajo.</li> <li>• Asignar un docente encargado que facilite el vínculo de la universidad con las familias.</li> <li>• Coordinación con actores claves y especialistas para talleres del primer y segundo semestre.</li> </ul>	Escuela Leonardo Da Vinci	Marzo	Adriana Curilen Profesora Taller Ciencias.
			Escuela El Bosque	Marzo	Nataly Navarro Coordinadora Ambiental
			Escuela Fedor Dostoievski	Marzo	Jorge Agüero Profesor Taller ambiental y Jefe UTP
			Escuela Alemania	Marzo	Olga Medina Directora y Profesora A+S
<b>ILUSTRACIÓN NATURALISTA DE FLORA Y FAUNA DEL HUMEDAL</b>	<p>Los principales objetivos fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar y reconocer flora y fauna que habita el humedal del Río Cruces para realizar ilustraciones naturalistas de las especies.</li> <li>• Identificar las especies más emblemáticas de los humedales a través de sus formas, colores y principales características.</li> <li>• Reflexionar si el conocer y estudiar una especie cambia nuestra percepción sobre ella y como la emoción puede favorecer el aprendizaje y la conservación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salida a terreno para observación, identificación y registro de fauna nativa y la interacción entre diversas especies.</li> <li>• Introducción a la historia y técnica de ilustración naturalista y uso de insumos para su elaboración.</li> <li>• Elaboración de ilustraciones asociados a la interacción entre especies.</li> <li>• Presentación de resultados obtenidos y reflexiones sobre el trabajo realizado.</li> </ul>	Facultad de Ciencias Universidad Austral de Chile	Abril a Mayo	Estudiantes (8)

UNIDAD	OBJETIVOS	CONTENIDOS Y PRINCIPALES ACTIVIDADES	LUGAR	PERIODO	PARTICIPANTES
<b>CIENCIA DEL AGUA: HÚMEDO HUMEDAL</b>	<p>Los principales objetivos fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Incrementar el conocimiento, valoración y cuidado de los humedales urbanos en la ciudad de Valdivia.</li> <li>Descubrir a través de la experimentación las propiedades físicas del agua, sus roles ecológicos y los efectos que sobre ella tienen las acciones humanas.</li> <li>Conocer y reconocer la macrofauna bentónica como bioindicadores de calidad de agua de los humedales.</li> </ul>	<p>Construcción de una bitácora científica, con la cual los niños y niñas irán registrando los aprendizajes nuevos durante el desarrollo del taller.</p> <p>A través de la experimentación se describen las propiedades físicas del agua (adhesión, cohesión, tensión superficial y capilaridad).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Experimento #1: salinidad y densidad del agua.</li> <li>Experimento #2: temperatura del agua.</li> <li>Experimento #3: ¿Agua espacial?</li> <li>Experimento #4: Aguas que caminan.</li> <li>Experimento #5: ¿Cuántas gotas de agua puede una moneda aguantar antes de derramarse?</li> <li>Experimento #6: ¿Pueden los clips flotar?</li> </ul> <p>Macro-invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua (Identificación en Salida a terreno)</p> <p>Creación de un insectario artístico visual.</p>	Facultad de Ciencias Universidad Austral de Chile	Abril a Mayo	Estudiantes (13)
<b>BIOÉTICA</b>	<p>Los principales objetivos fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reflexionar sobre el valor de la vida y el potencial transformador de la niñez, que se ve enfrentada a habitar la tierra en medio de su acelerada devastación.</li> <li>Identificar la mirada de mundo que subyace tras la destrucción ecológica actual, por</li> </ul>	<p>Definir colectivamente un mínimo moral* consensuado, fundamentado y defendible.</p> <p>*Cuál debería ser el límite del actuar humano frente a la biodiversidad. Qué es legítimo y qué no se puede hacer.</p> <p>Analizar aquello que es compartido entre todos los seres y que nos hace dignas y dignos de</p>	Facultad de Ciencias Universidad Austral de Chile	Mayo a Junio	Estudiantes (10)



UNIDAD	OBJETIVOS	CONTENIDOS Y PRINCIPALES ACTIVIDADES	LUGAR	PERIODO	PARTICIPANTES
	<p>medio de la conversación guiada, la construcción colaborativa de preguntas y la exposición material crítico.</p>	<p>protección y amor. Pregunta rectora: ¿por qué solamente el ser humano merece vivir sin daño? Al finalizar cada sesión se dio un espacio para esbozar temas que van a dar forma a nuestras pegatinas (producto del taller). Las frases e ideas serán escuchadas y retroalimentadas por todos y todas. La última clase se destinó a la construcción e impresión de las pegatinas, que en su fondo tendrán las ilustraciones naturalistas creadas en el taller de arte.</p>			
<p><b>BOTÁNICA DEL HUMEDAL</b></p>	<p>Los principales objetivos fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer la flora del humedal microscópica y macroscópicamente, trabajando en terreno tomando muestras y observándolas en el laboratorio para comprender su composición y rol ecológico.</li> </ul>	<p>Células vegetales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Célula embrional</li> <li>• Célula adulta</li> <li>• Cloroplastos en la célula</li> <li>• Cromoplastos en la célula</li> </ul> <p>Tejidos vegetales presentes en plantas acuáticas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asimiladores, Almacenadores y Esponjosos</li> <li>• Visita a Humedal Laguna Los Patos y Parque Saval.</li> <li>• Toma y observación de muestras de cada forma de vida.</li> <li>• Identificación de células y tejidos</li> <li>• Observación de adaptaciones de las plantas acuáticas.</li> </ul> <p>Recorrido por humedales de Valdivia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relleno natural y Relleno artificial.</li> <li>• Contaminación (Especies indicadoras de contaminación acuática).</li> </ul> <p>Los estudiantes desarrollan una idea en base a lo aprendido y lo presentaran al curso como trabajo grupal.</p>	<p>Facultad de Ciencias Universidad Austral de Chile</p>	<p>Mayo a Junio</p>	<p>16 estudiantes</p>

UNIDAD	OBJETIVOS	CONTENIDOS Y PRINCIPALES ACTIVIDADES	LUGAR	PERIODO	PARTICIPANTES
<b>HERRAMIENTAS PRÁCTICAS PARA LA RESTAURACIÓN DE HUMEDALES</b>	<p>Los principales objetivos fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquirir herramientas prácticas para la conservación de los humedales</li> <li>• Conocer de manera práctica los distintos servicios eco sistémicos que los humedales proveen.</li> <li>• Conocer la relación entre las actividades cotidianas y los impactos al medio ambiente, y cómo podemos hacer un uso más consciente del agua.</li> </ul>	<p>Construcción de trampas de microorganismos.</p> <p>Construcción de biofiltros y geofiltros.</p> <p>Conocer las nociones básicas de la permacultura y construcciones sustentables como baños secos.</p>	Parque Urbano el Bosque	Agosto a Diciembre	10 estudiantes
<b>HABILIDADES PARA LA EXPLORACIÓN DE LA NATURALEZA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivar y cultivar el contacto con las actividades al aire libre, como también disfrutar de naturaleza a través del conocimiento, trabajo en equipo, dando sus primeros pasos para desenvolverse en montaña con un claro acento educativo, fortaleciendo el auto cuidado y protección del medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo atmosférico.</li> <li>• Nudos para unir, anclajes y auto seguridad.</li> <li>• Orientación geográfica por medios naturales y artificiales.</li> <li>• Tracking con bastones.</li> <li>• Refugios de circunstancia.</li> <li>• Técnica de manejo de grupos o cuando se encuentra solo con el medio natural.</li> <li>• Sistema de búsqueda con aparato electrónico ARVA.</li> <li>• Paso de obstáculos.</li> <li>• Juegos outdoor.</li> </ul>	Parque Urbano el Bosque	Agosto a Noviembre	Estudiantes (20)

UNIDAD	OBJETIVOS	CONTENIDOS Y PRINCIPALES ACTIVIDADES	LUGAR	PERIODO	PARTICIPANTES
<b>PARTICIPACIÓN EN ACTIVIDADES LOCALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevar la importancia de los humedales urbanos en nuestra ciudad y su rol como reservorios de agua dulce, generando conciencia ambiental, potenciando el juicio crítico y desarrollando hábitos sustentables a partir de la participación en una jornada de limpieza del humedal Angachilla.</li> </ul>	El grupo de estudiantes, sus profesores y familias son convocados a participar de la limpieza del humedal Angachilla.	Humedal Angachilla	Agosto	Estudiantes (12)
<b>TALLER PRÁCTICO DE RECICLAJE</b>	<p>Los principales objetivos fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Abrir un espacio de reflexión y debate sobre los principales conceptos relacionados a la basura y economía lineal de producción.</li> <li>Aprender herramientas prácticas para la gestión de residuos orgánicos, mediante el vermicompostaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer la jerarquía de gestión de residuos. (rechazar, reflexionar, prevenir, reutilizar, reciclar).</li> <li>Visita a la huerta del CEAM y dinámica de cierre del taller.</li> <li>En grupos se armó una lombricompostera y aprendimos sobre los principales cuidados de la lombriz.</li> </ul>	Universidad Austral de Chile	Septiembre	Estudiantes (10)
<b>TALLER NO DEJE RASTROS (NOLS)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enseñar ética ambiental y cómo viajar y acampar de manera sustentable a través de la enseñanza de diferentes habilidades técnicas.</li> </ul>	<p>El curso se desarrolló en base a tres componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Técnicas de mínimo impacto para acampar.</li> <li>Ética ambiental.</li> <li>Técnicas de enseñanza al aire libre.</li> </ul>	Facultad de Ciencias Universidad Austral de Chile	Octubre	15
<b>PARTICIPACIÓN EN ACTIVIDADES LOCALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participar en la 6ta Feria de la sustentabilidad 2019 en el Parque Saval.</li> </ul>	<p>El grupo participa en la feria de la sustentabilidad visitando los diferentes stands y completando una ficha de entrevistas según su interés en las distintas iniciativas expuestas en la feria.</p> <p>Además, se inscribe al grupo en la ludoteca dirigida por la feria donde participan con otras personas en juegos de mesa para la</p>	Parque Saval y Universidad Austral	Octubre	20

UNIDAD	OBJETIVOS	CONTENIDOS Y PRINCIPALES ACTIVIDADES	LUGAR	PERIODO	PARTICIPANTES
		sustentabilidad y reconocen el juego como estrategia didáctica.			
<b>CIERRE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar del programa con los docentes y estudiantes</li> </ul>	Reuniones y conversatorio con los estudiantes y sus profesores asociados al proyecto para dar cierre y evaluar las actividades realizadas durante el año 2019.  Muestra de fotos y principales resultados del proyecto.	Escuela Leonardo Da Vinci Escuela El Bosque Escuela Fedor Dostoievski Escuela Alemania	Diciembre	30

#### 4.5.5. Evaluación del programa

La evaluación del año 2019 de la actividad "Piloto del Modelo de Enriquecimiento Escolar para el fortalecimiento del conocimiento ecológico local y el monitoreo del HRC" por parte de los participantes resaltó los siguientes aspectos:

- Se considera positivo realizar actividades fuera del horario escolar.
- Se valora la creatividad, el compromiso y la seriedad en las actividades.
- Destaca como un aspecto valioso la vinculación inter-escolar (con cuatro escuelas participantes).
- Se considera que los talleres que son planificados de acuerdo a los intereses de los niños y niñas.
- Se destaca las variadas actividades al aire libre y experimentos.
- Se valora el trabajo continuo con el mismo grupo de estudiantes, lo que permite profundizar en contenido y habilidades.
- Se valora la vinculación con el entorno sociocultural.

En la evaluación realizada con los estudiantes, estos expresan motivación y voluntad de seguir con actividades relacionadas con la temática de humedales, proponiendo ellos mismos temáticas cada vez más específicas y nuevas interrogantes relacionadas con las experiencias previas.

El equipo coordinador y los docentes destacan la evolución positiva en el compromiso de los niños y niñas con las actividades y el grupo como unidad de trabajo. Fue posible observar el incremento de reflexiones, argumentos y la adquisición de nuevas conductas relacionadas con lo aprendido en el programa, específicamente en torno al manejo de residuos, cuidado del agua, conocimiento de interacciones ecológicas y servicios ecosistémicos de los humedales.

Cabe destacar que los conocimientos y habilidades permean a las respectivas comunidades educativas mediante la participación de los niños y niñas en ferias científicas

de las escuelas con temáticas asociadas a los talleres del programa. Los profesores por su parte, planifican actividades que combinan la temática ambiental con otras asignaturas (por ejemplo, en la escuela el Bosque se desarrolló el taller “Humedales en inglés” como una estrategia de convocar a estudiantes al taller de idiomas).

#### Registro Fotográfico:













## 5. CONCLUSIONES, AMENAZAS O ADVERTENCIAS Y PERSPECTIVAS

### 5.1. Síntesis de conclusiones

En este Capítulo, se sintetizan los resultados y conclusiones más relevantes obtenidos a marzo del presente año (2020), luego de estudiar la matriz abiótica, biótica y socio-ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC) por un período de seis años (abril 2014 a abril 2020). Esta síntesis se ordena en relación a:

- Agua, macrófitas acuáticas y avifauna acuática herbívora, las tres matrices que fueron primariamente afectadas por los cambios ambientales del año 2004.
- Pluviosidad en la cuenca del humedal.
- Sedimentos submareales.
- Fauna acuática ribereña.
- Avifauna acuática en general
- Avifauna de riberas.
- Compuestos orgánicos persistentes en la biota acuática
- Herpetofauna.
- Mamíferos acuáticos.
- Depredación de cisnes por parte de lobos marinos dentro del humedal.
- Cambios de uso de suelo.

#### 5.1.1. Agua, macrófitas acuáticas y avifauna acuática herbívora

- **Agua**

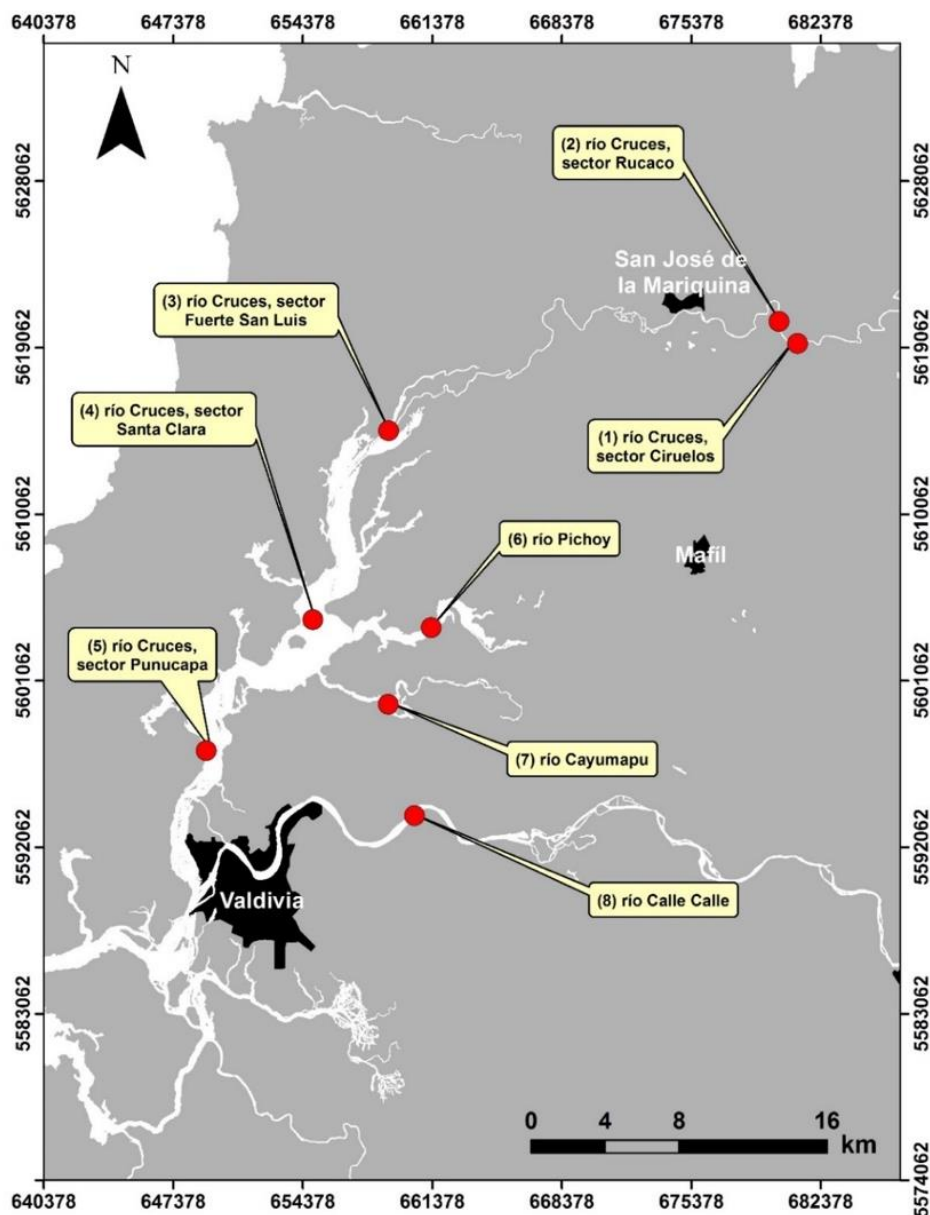
##### **Tendencias generales**

El número de parámetros físico-químicos evaluados en el agua superficial del HRC durante el período 2014-2020 es tal, que fue necesario recurrir a técnicas estadísticas diseñadas para realizar evaluaciones comparativas desde una aproximación multivariada (*i.e.*, análisis de variabilidad de parámetros al unísono). Esto con el objetivo de reducir el set

de parámetros e identificar cual de los mismos son los más relevantes para explicar el patrón resultante, luego de realizar comparaciones en el tiempo (variabilidad inter-anual de las características del agua) y en el espacio (variabilidad de las características del agua entre estaciones). Para ello se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP), el cual permite reducir el set de variables analizadas a aquellas que ayudan a explicar en mayor grado la variabilidad observada.

Los resultados del ACP (Análisis de Componentes Principales), llevado a cabo para evaluar eventuales diferencias entre las características del agua superficial de las ocho estaciones de muestreo (Fig. 5.1), no muestran diferenciación significativa de las mismas en base a los parámetros físico-químicos estudiados. Es decir, la variabilidad físico-química del agua a lo largo y ancho del área de estudio es similar, situación que puede ser atribuida al carácter estuarial de gran parte de la misma, lo que resulta en que las aguas se mezclan debido al actuar de las mareas.

Por el contrario, los resultados del ACP, llevado a cabo para evaluar eventuales diferencias inter-anales en los valores de los parámetros físico-químicos estudiados, muestran diferenciación inter-anual estadísticamente significativa, ya que las características del agua superficial tendieron a ser diferentes durante los años 2018 y 2019. El año 2019 fue diferente del resto de los años debido a que, durante el mismo, se detectaron mayores concentraciones de Hierro, Manganeso, Zinc, Plomo y Cadmio particulado, además de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos. A su vez, el año 2018 difirió de los otros años, debido a que durante el mismo se detectaron mayores concentraciones de Mercurio particulado, Hierro, Aluminio, Cobre y Plomo disuelto.



**Figura 5.1.** Localización de las estaciones de muestreo para estudios de calidad de agua superficial. Las estaciones 1 y 2 forman parte del sector línico no afectado por mareas, las estaciones 3, 4 y 5 se ubican en el eje central y estuarial del HRC, las estaciones 6 y 7 corresponden a ríos tributarios del humedal con variabilidad mareal, a la vez que la estación 8 se ubica fuera del HRC y también está afectada por mareas.

### **Aspectos puntuales**

Durante todo el período de estudio (2014-2019), no se detectó Mercurio disuelto; el Cadmio y Arsénico disuelto se detectaron en 3 y 2 muestreos de un total de 12 campañas. Cuando ocurrió lo anterior, el número de estaciones en que el Cadmio y el Arsénico fueron detectados, fue igual o inferior a 3 de un total de las 7 estaciones que han formado parte del monitoreo del HRC. Durante el mismo período y en base a la técnica utilizada, no se detectaron Ácidos resínicos en el agua superficial del HRC.

### **Calidad de agua**

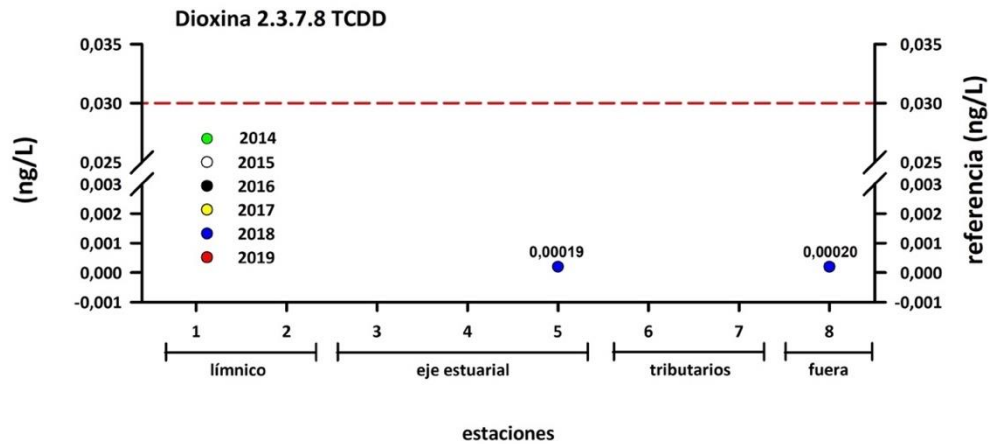
La calidad de agua en el HRC se ha mantenido en general acorde a normativas y guías ambientales (*i.e.*, Norma 1333 para Agua de Riego y Uso Recreativo y Guía CONAMA 2004 para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas). Se detectó que en algunos casos, los valores de pH, Cloruros y Coliformes fecales, superaron los valores especificados para Agua de Riego y Uso Recreativo. Por otra parte, durante el año 2019, el pH en el sector límnic (Fig. 5.1) y los Cloruros en el sector estuarial (Fig. 5.1), sobrepasaron los rangos establecidos para aguas de Clase 2, pasando a ser aguas de Clase 3 o “aguas adecuadas para bebidas de animales y para riego restringido”, establecidas en la Guía CONAMA 2004 mencionada anteriormente.

Los resultados de análisis comparativos, llevados a cabo para evaluar las condiciones químicas del agua superficial del HRC en cuanto a las concentraciones de los metales disueltos encontrados en mayor proporción en esta matriz, concuerdan con lo mencionado más arriba en cuanto a calidad de agua. Tales análisis consistieron en comparar las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disuelto medidas durante el período 2014-2019, con las estudiadas por Encina *et al.* (2011), en sus estudios de riesgo ecológico utilizando especies locales de relevancia ecológica dentro de este mismo sistema (Encina *et al.*, 2009). Las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el área del HRC, fueron inferiores a las concentraciones que según Encina *et al.* (2011), resultan en efectos no observados (NOEC “No Observed Effect Concentration”) o no perjudiciales (*e.g.*,

mortalidad, alteraciones reproductivas, cambios en comportamientos), en seis de las siete especies estudiadas por estos autores (2, 3 y 2 especies de fitoplancton, zooplancton y macrobentos, respectivamente). Por lo tanto, las actuales condiciones de calidad de agua en el área del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y sólo en relación a las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disuelto, no presentan un riesgo ecológico para casi la totalidad de las especies locales contempladas por el estudio de Encina *et al.* (2011).

No todos los elementos o compuestos químicos estudiados en el Programa de Monitoreo del HRC, están presentes en las normas anteriormente mencionadas y que han servido para evaluar la calidad de agua del humedal. Tal es el caso por ejemplo de Dioxinas y Furanos, compuestos químicos detectados durante el período de estudio. Las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos, fueron significativamente más altas durante el período 2017-2019, pero sin mostrar tendencias espaciales definidas, en cuanto a sectorización. De un total de 8 estaciones y 6 muestreos (2014 a 2019), la Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó en dos estaciones (dentro y fuera del HRC) y un año de muestreo (2018), a la vez que la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD), fue detectada en cuatro de ocho estaciones (dentro y fuera del HRC) y tres muestreos (2017 a 2019).

Para el caso específico de estos últimos compuestos, se comparan a continuación las concentraciones de la Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) en el agua superficial del HRC, con la normativa de la US EPA para agua subterránea y potable (<https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations>) (Fig. 5.2). Esta comparación muestra que la concentración promedio de esta Dioxina en el humedal (0,00019 ng/L en aguas de Punucapa), fue aproximadamente 158 veces más baja que el valor referencial de 0,030 ng/L establecido como máximo permitido para agua subterránea y potable por la US EPA (Fig. 5.2).



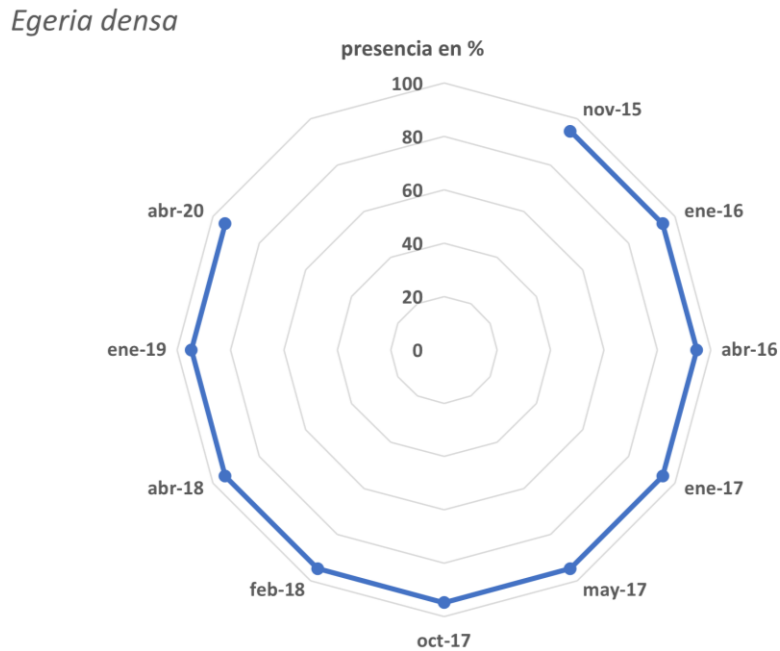
0,030 ng/L = concentración máxima de Dioxina 2.3.7.8 TCDD permitida por la USEPA (United States Environmental Protection Agency), para el agua potable en Estados Unidos.

**Figura 5.2.** Comparación gráfica de las concentraciones promedio de la Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) en el agua superficial del HRC y fuera del humedal (estación 8) durante el período 2014-2019, con el valor máximo permitido por la US EPA para agua subterránea y potable. Esta dioxina fue detectada solo durante el año 2018 y en dos estaciones de muestreo, dentro y fuera del humedal (estación 5 (Punucapa) y estación 8 (Calle Calle), respectivamente).

#### • Macrófitas acuáticas

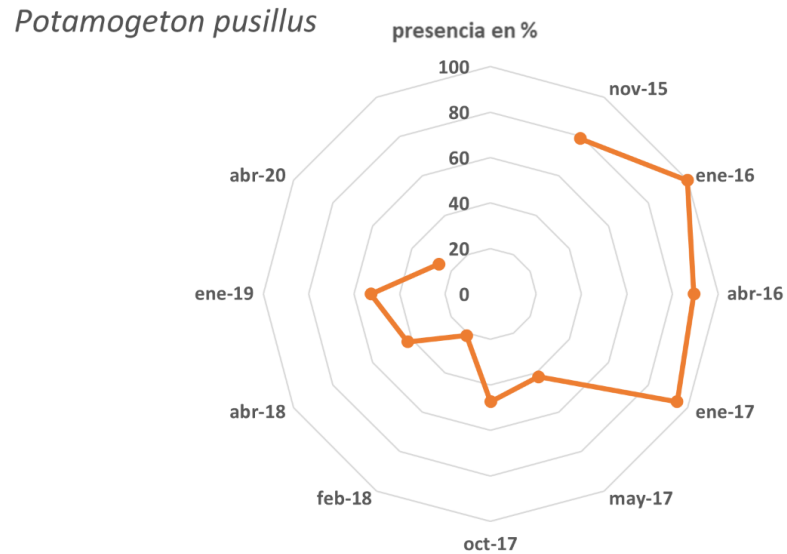
Las conclusiones que a continuación se indican están basadas en resultados de muestreos *in situ* de la presencia de macrófitas en el HRC.

El Luchecillo (*Egeria densa*) está presente en fondos someros o bañados de todo el HRC; su frecuencia de ocurrencia se ha mantenido sin mayor variación desde el inicio de los muestreos estacionales (noviembre 2015) a abril 2020 (Fig. 5.3).

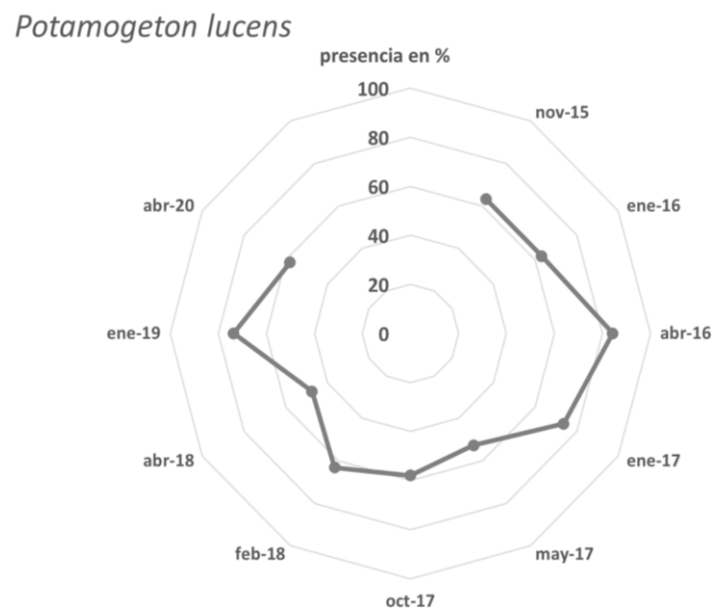


**Figura 5.3.** Presencia en porcentaje del Luchecillo (*Egeria densa*) en el HRC. Nótese que para todos los muestreos la presencia de esta planta en las riberas del humedal, fue cercana al 100 %.

La ocurrencia del Huiro (*Potamogeton pusillus*) y del Huiro verde (*Potamogeton lucens*) ha sido muy variable durante el período noviembre 2015 - abril 2020 (Fig. 5.4 y 5.5). Aun cuando el Luchecillo es el alimento primario de los cisnes en el HRC, estas dos macrófitas son también consumidas por esta ave herbívora en el área (Velásquez *et al.* 2018 (PLoS ONE 14(12): e0226331. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226331>). Por lo tanto, la variabilidad temporal de estas macrófitas es un tema que debe tenerse presente, sobre todo ante eventual disminución de la presencia y cobertura de Luchecillo en el humedal.



**Figura 5.4.** Presencia en porcentaje del Huiro (*Potamogeton pusillus*) en el HRC. Nótese la disminución porcentual de la presencia de esta especie entre enero 2017 y abril 2020.

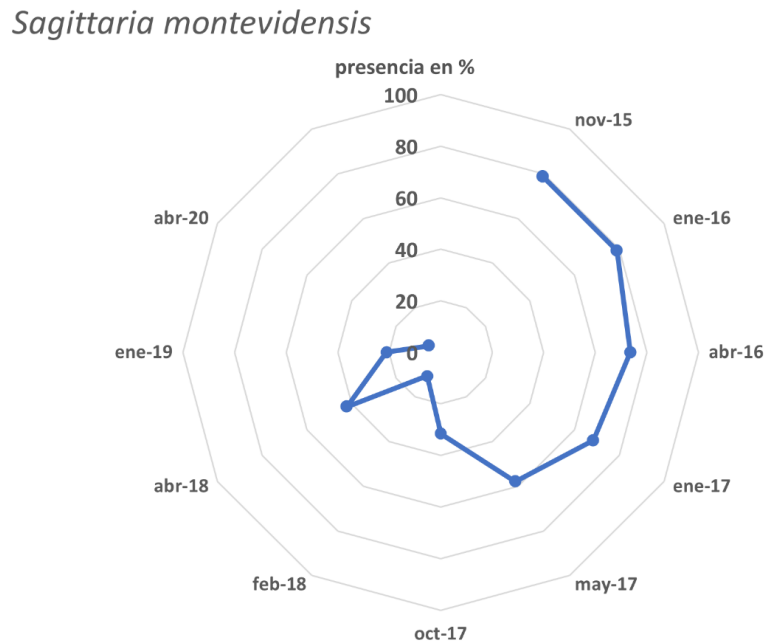


**Figura 5.5.** Presencia en porcentaje del Huiro verde (*Potamogeton lucens*) en el HRC. Nótese la disminución porcentual de la presencia de esta especie entre enero 2017 y abril 2020.

A partir del otoño del año 2017 se constató la disminución notoria de la Flecha de agua (*Sagittaria montevidensis*) en el HRC (Fig. 5.6). La presencia de esta especie exótica



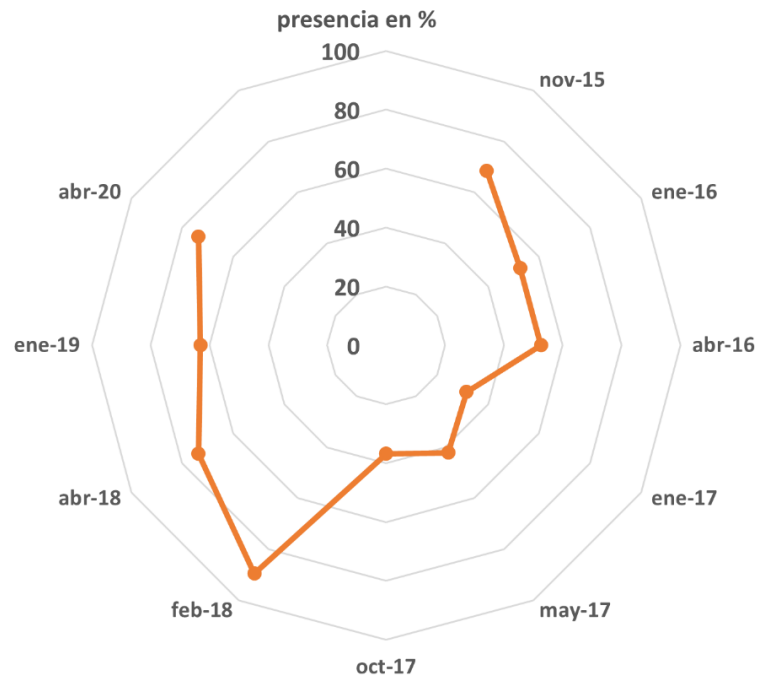
llevó en su momento a hipotetizar una eventual interacción competitiva con el Luchecillo, situación no evidenciada durante el período de ocurrencia de esta macrófita acuática en el humedal.



**Figura 5.6.** Presencia en porcentaje de la Flecha de agua (*Sagittaria montevidensis*) en el HRC.

La expansión espacial del Duraznillo de agua (*Ludwigia peploides*) en el HRC es un proceso constante (Fig. 5.7). Esta situación debe observarse con atención, ya que observaciones recientes muestran que esta especie crece sobre las plantas de Luchecillo, situación que podría resultar en detrimento para esta última, tal como en otras áreas donde se ha demostrado que especies de *Ludwigia* poseen efectos negativos o alelopáticos sobre otras macrófitas acuáticas. Este es otro aspecto a tener presente en el futuro cercano.

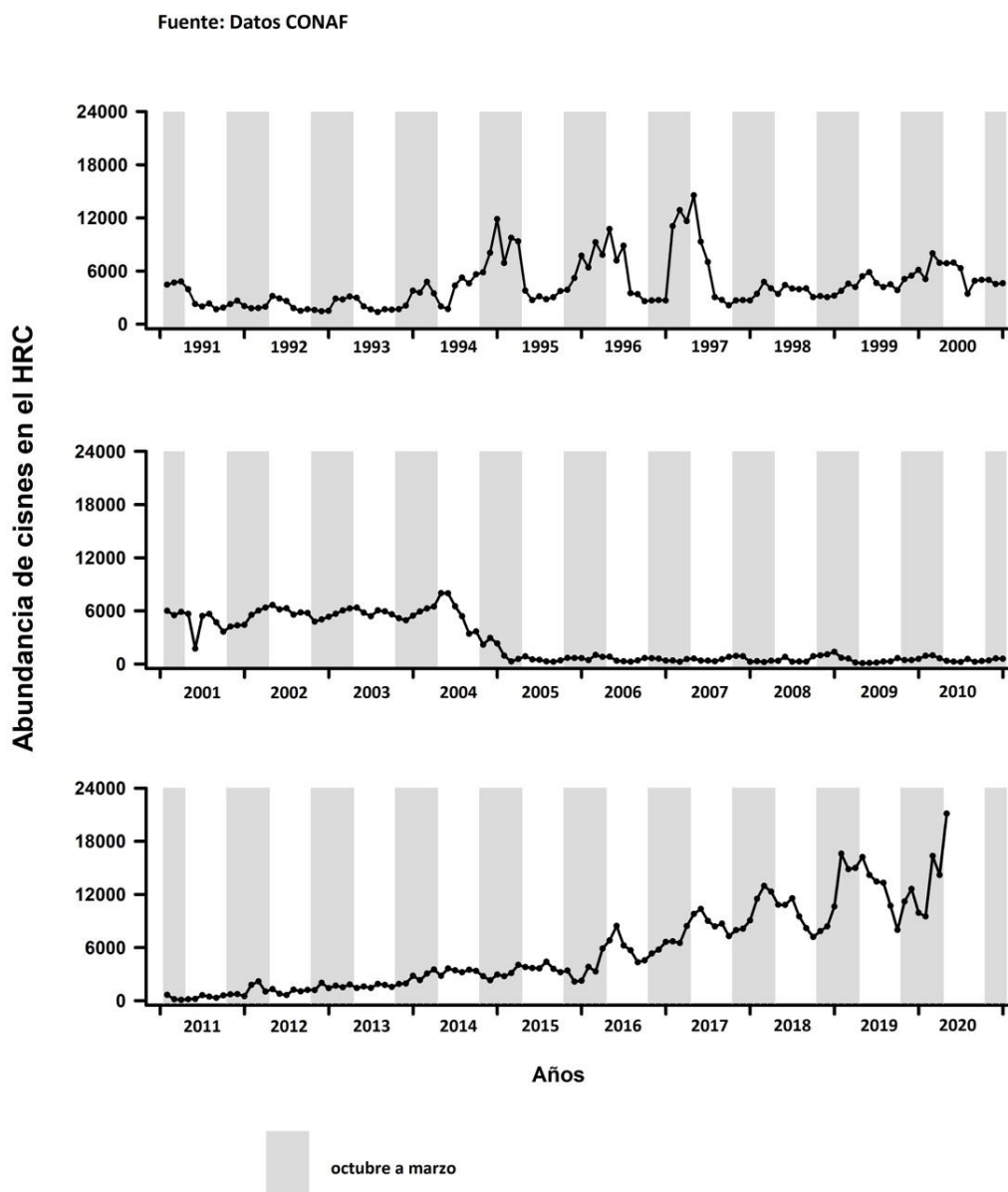
### *Ludwigia peploides*



**Figura 5.7.** Presencia en porcentaje del Duraznillo de agua (*Ludwigia plepoides*) en el HRC.

#### • Avifauna acuática herbívora

Las abundancias poblacionales del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) han mostrado un alza sostenida, especialmente a partir del año 2018 (Fig. 5.8). No obstante, llama fuertemente la atención, el hecho de que a partir de ese año, exista mayor variación entre los máximos y mínimos anuales. La causalidad de tales fluctuaciones estacionales es un tema relevante de atender.



**Figura 5.8.** Variabilidad en las abundancias del Cisne de cuello negro en el HRC.

Las abundancias de la Tagua (*Fulica armillata*) también han aumentado en el tiempo, pero de modo irregular y con amplias fluctuaciones intra-anales (Fig.5.9), cuya causalidad también debe ser atendida.

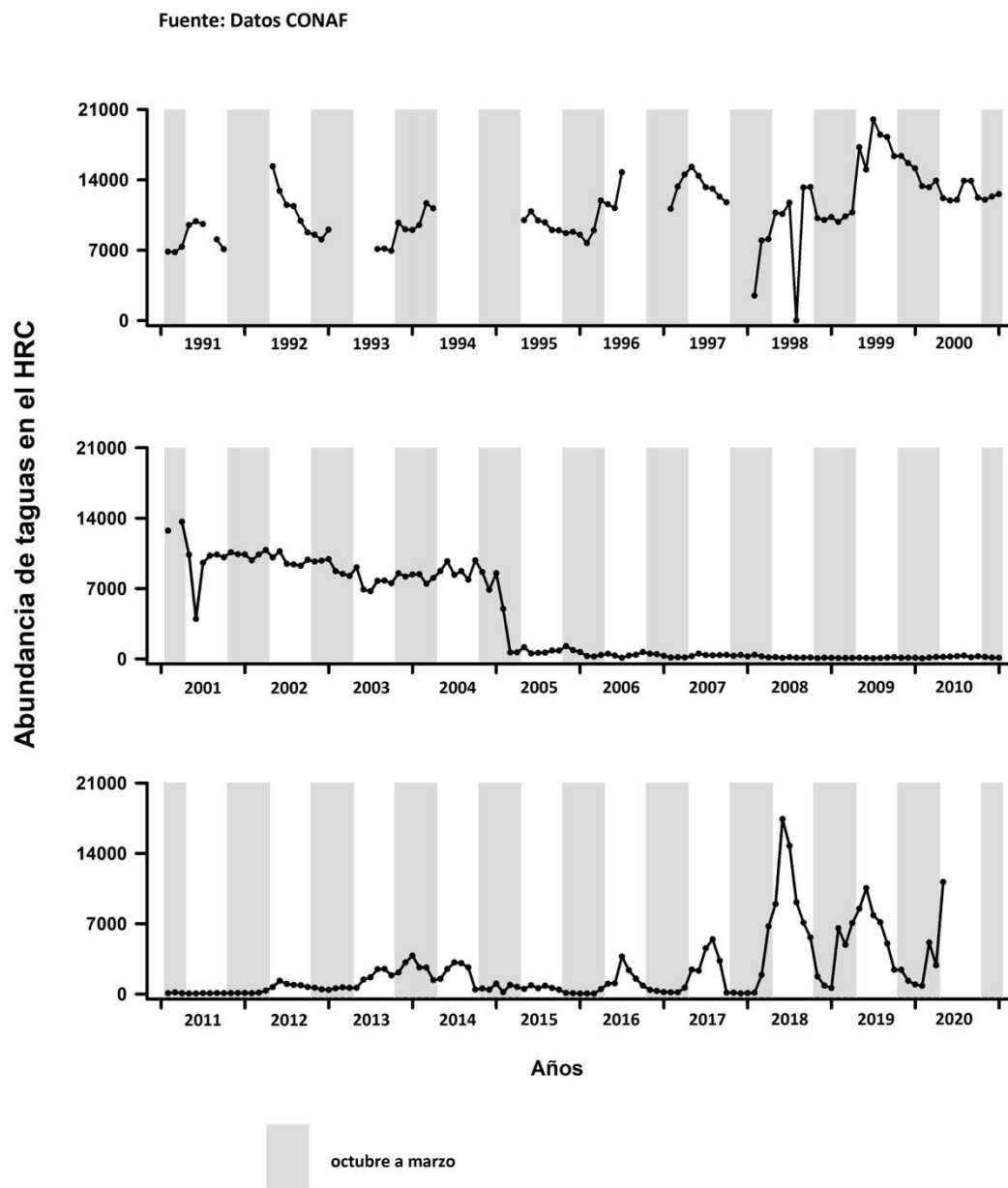


Figura 5.9. Variabilidad en las abundancias de la Tagua en el HRC. Fuente de datos: CONAF.

### 5.1.2. Síntesis de conclusiones referidas a otros estudios

- **Pluviosidad**

Las precipitaciones totales en la zona de Valdivia mostraron una disminución significativa entre los años 1960 y 2019, siendo la pluviosidad del año 2019 inferior al nivel de referencia de un año normal (1871 mm), establecido por la Dirección Meteorológica de Chile) e inferior al promedio histórico general ( $\bar{x}$ =2395 mm hasta el año 2018). Lo anterior sugiere que en el futuro cercano, la disminución del agua caída será un estresante ambiental importante en la cuenca del HRC.

- **Sedimentos submareales**

La arena (63-2000 micrones), fue la fracción textural más representada en los sedimentos submareales en el cauce de las estaciones muestreadas; su representación porcentual no mostró variabilidad inter-anual y espacial significativa durante el período de estudio (2014-2019).

No se detectó Cadmio ni Ácidos Resínicos en los sedimentos de ninguna de las estaciones y campañas realizadas entre los años 2014 y 2019. Los sedimentos de San Luis y Cayumapu, tuvieron concentraciones significativamente más altas de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos. De un total de 8 estaciones y 6 muestreos (2014 a 2019), la Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó en una sola estación (fuera del HRC) y muestreo (2019), a la vez que la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue detectada en seis de ocho estaciones (dentro y fuera del HRC) y cinco muestreos (2014 y 2016 a 2019).

Los resultados de Análisis de Componentes Principales (ACP), destinado a detectar cuales, de los parámetros químicos en el sedimento, tiene mayor relevancia en explicar la variabilidad de los datos, muestran que durante el período de estudio (2014-2019), no ocurrió diferenciación inter-anual estadísticamente significativa. Es decir, durante el mismo, la matriz sedimentaria del HRC ha sido estable.

Por el contrario, sí se observó diferenciación espacial significativa con segregación de las estaciones San Luis, Rucaco y Cayumapu. Concentraciones más altas de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos, dieron cuenta de la segregación de los sedimentos de San Luis, AOX de aquellos de Rucaco y Cayumapu, y materia orgánica total, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Mercurio y Ácidos grasos, de los sedimentos de Cayumapu. Lo anterior sugiere la ocurrencia de procesos físicos (*e.g.* (depositación y arrastre de sedimentos) que ocurren de manera heterogénea dentro del HRC.

- **Fauna acuática ribereña**

- Macroinfauna de fondos sedimentarios**

- Durante el período 2014-2019, el número de especies de la macroinfauna sedimentaria varió entre 11 y 20 taxa. Esa variabilidad inter-anual no fue estadísticamente significativa dentro del humedal; por el contrario, la abundancia total de estos organismos mostró una tendencia inter-anual estadísticamente significativa en los sedimentos del cauce del sector de Punucapa. Lo anterior demuestra la estabilidad ambiental de la matriz sedimentaria durante el período 2014-2019.

- Macrofauna de fondos ritrales o pedregosos**

- El índice biótico de Hilsenhoff (basado en tipos y abundancia de larvas de insectos acuáticos que habitan en fondos pedregosos), indica que la calidad del agua con respecto a la carga orgánica del área estudiada es predominantemente “buena” y “muy buena”, tanto en los sectores del HRC, como en el sector Calle Calle ubicado fuera de este.

- Camarones**

- Las abundancias del Camarón de río *Samastacus spinifrons* han disminuido en los sectores de Ciruelos, Rucaco y Pichoy, tendencia debida probablemente a modificaciones de las riberas o a afectación por esfuerzo pesquero. Las abundancias del Camarón de vega *Parastacus nicoleti* fueron más altas en Santa Clara, sitio aledaño al eje central del río Cruces.

No se detectó Arsénico en los especímenes del Camarón de río recolectados en el área de estudio.

### **Ictiofauna**

El monitoreo de la ictiofauna de las riberas del humedal detectó doce especies de peces (siete nativas y cinco introducidas) durante todo el período de estudio. El Puye (pez nativo) y la *Gambusia* (pez introducido) estuvieron entre las especies más comunes. En general, se observó mayor riqueza de especies y abundancia de peces durante las campañas de otoño.

El análisis de los tamaños corporales de los puyes muestra cambios estacionales notorios: desde el otoño a la primavera, las frecuencias de tallas más bajas (< 5 cm) desaparecen o disminuyen en abundancias, quedando en general solo especímenes con tallas superiores a los 5 cm y en abundancias más bajas que las observadas durante el otoño. Esto sugiere crecimiento desde el otoño a la primavera.

Los análisis histopatológicos de puyes, muestran que los peces examinados se encuentran en un estado sanitario en equilibrio, dado la ausencia de manifestaciones clínicas de enfermedad en los órganos corporales examinados. No se detectaron agentes bacterianos y virales indicadores de una alteración del estado sanitario de los puyes examinados.

No se detectó Cadmio ni Arsénico en los puyes recolectados en el área de estudio.

### **• Herpetofauna**

Durante los años 2014 al 2019, se detectaron 7 especies de anfibios anuros en el área del HRC, siendo *Batrachyla taeniata* (Rana de ceja) y *Calyptocephalella gayi* (Rana chilena) las especies más abundantes. Esto concuerda con lo esperado, ya que *B. taeniata* es una especie común en la región y con una tolerancia moderada a la actividad antrópica. Las fluctuaciones en las abundancias de estos anfibios, parecen ser mas bien estacionales que

de afectación negativa por algún estresante ambiental; a pesar del marcado cambio en el uso de suelo, en algunos sectores aledaños al humedal.

No se detectó la presencia de la Tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta*) en el HRC. La eventual presencia de esta especie en el humedal ha sido considerada como una amenaza importante debido a sus hábitos depredadores sobre la fauna acuática.

- **Avifauna acuática**

Durante el período 2014-2019, la riqueza de especies de la avifauna acuática se ha mantenido relativamente estable a lo largo del eje central del HRC, a la vez que la abundancia total de la misma ha aumentado, situación directamente relacionada al notable incremento de cisnes de cuello negro y taguas observados en los últimos años.

A partir de los años 2012-2013, la abundancia del Cisne de cuello negro ha sido más alta en sectores del eje central del HRC (porción media & inferior del humedal). Para el mismo período de tiempo, las abundancias de las taguas han sido más altas en la porción media del área.

La abundancia poblacional de la Garza cuca ha aumentado significativamente durante el período 2016-2019 vs. el del 2012-2016; por el contrario, las abundancias de la Garza blanca grande han disminuido significativamente durante los últimos cuatro años (2016-2019), a la vez que la de la Garza blanca chica ha hecho lo propio durante los años 2018 y 2019.

- **Avifauna de riberas**

La estructura del ensamble de las aves Paseriformes asociadas a las riberas del humedal, fue en general diversa asociada al grado de heterogeneidad de la vegetación emergente, presentando a lo largo del ciclo anual una mayor diversidad en el sector medio del humedal (Santa María). Tanto en Santa María como Teja Norte (sector sur del humedal),



se registraron oscilaciones estacionales regulares derivadas de la fenología de las diferentes especies, sin grandes variaciones interanuales de muestreo, incluyendo a las especies migratorias de aves cantoras.

Las especie más abundantes de la avifauna de riberas fueron el Siete colores, el Fío-fío, el Cachudito y el Trabajador.

- **Compuestos orgánicos persistentes en la biota acuática**

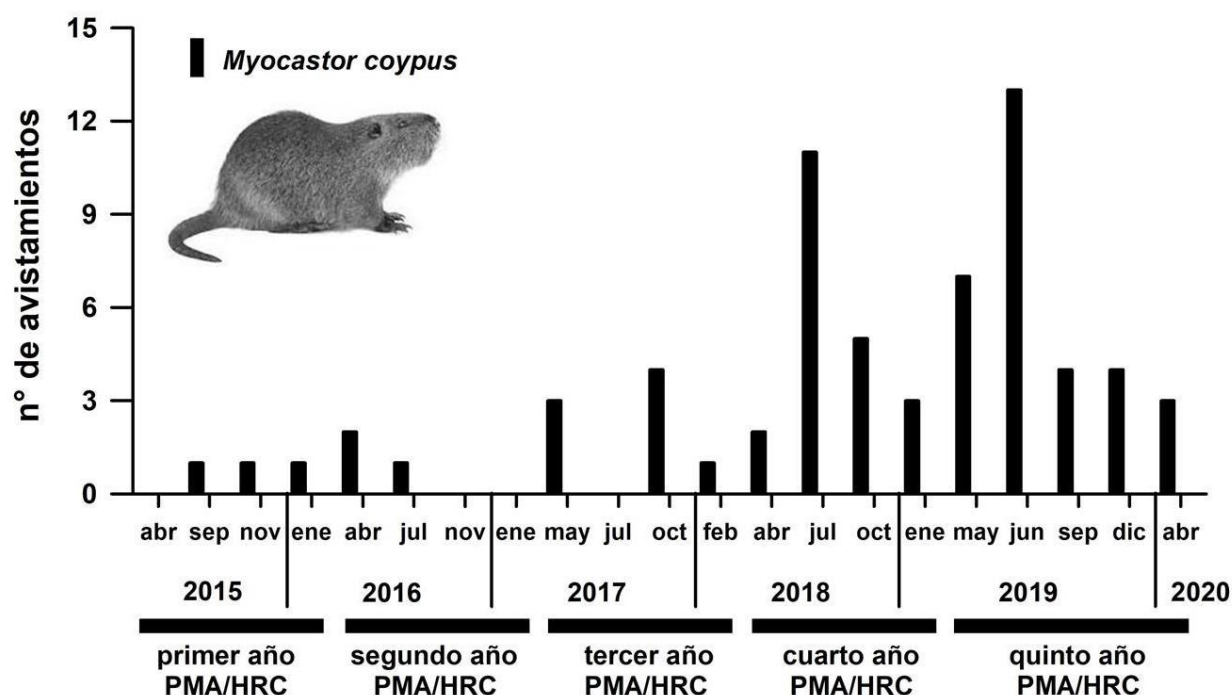
Durante el período 2014-2019, no se detectaron Ácidos resínicos en los especímenes examinados del Camarón de río, el Puye y la Garza blanca grande. Sí se detectaron Dioxinas y Furanos en estas especies; para el caso de camarones y puyes, en número variable de muestreos y estaciones y para el caso de las garzas, en todos los muestreos.

La Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó en camarones de Ciruelos, Rucaco y Calle Calle y en tres muestreos (2016, 2018 y 2019), a la vez que la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue detectada en Ciruelos y Rucaco y en tres muestreos (2015, 2016 y 2019). La Dioxina 2.3.7.8 (TCDD) se detectó en puyes de Ciruelos, Rucaco y Calle Calle y en dos muestreos (2017 y 2018), a la vez que la Dioxina 1.2.3.7.8 (PeCDD) fue detectada en las mismas tres estaciones y en cuatro muestreos (2014, 2016, 2017 y 2018). Lo anterior muestra que no es posible asociar concentraciones más altas o acumulación de estos compuestos en camarones y puyes, a sectores específicos dentro del área de estudio.

Durante todo el período de estudio (2015 – 2019), se detectó la presencia de las Dioxinas 2.3.7.8 (TCDD) y 1.2.3.7.8 (PeCDD), en tejidos musculares y hepáticos de la Garza blanca grande. No se detectaron tendencias al alza en las concentraciones de estos compuestos durante el período de estudio.

- **Mamíferos acuáticos**

La mayor parte de los avistamientos exitosos de coipos ha sido en la parte media y superior del humedal; *i.e.*, aguas arriba del sector Punucapa. Desde aproximadamente mediados del año 2018, se comenzaron a obtener recuentos más altos de coipos, mamífero acuático herbívoro que se alimenta de la Totora. Esto no es trivial, ya que tales aumentos podrían resultar en afectación negativa de los totorales, áreas de nidificación de los cisnes en el HRC (Fig.5.10).

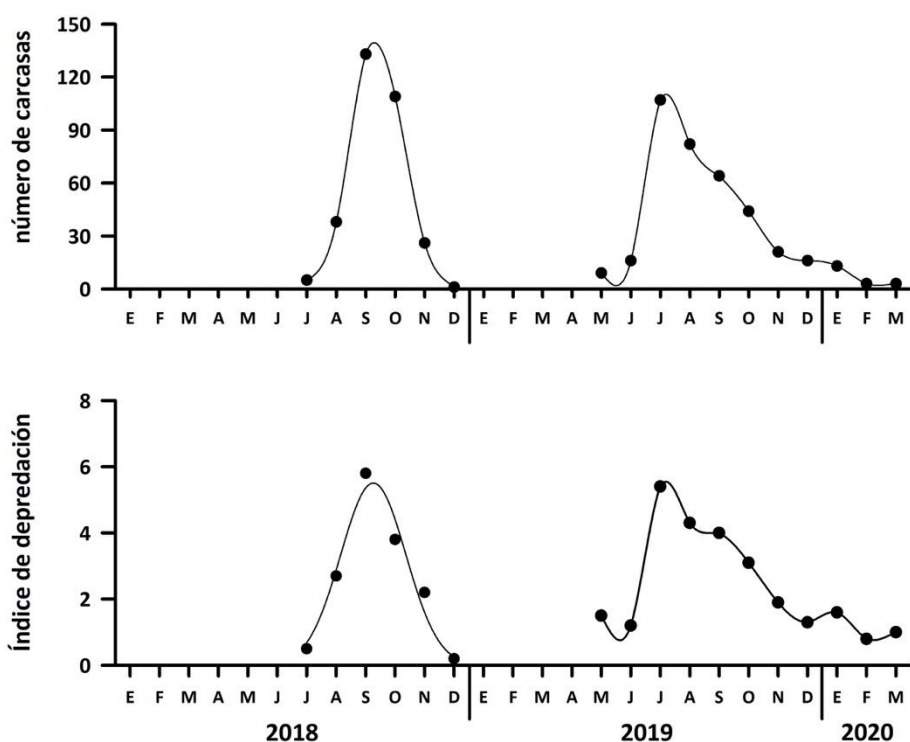


**Figura 5.10.** Variabilidad inter-anual del Copio en el HRC. PMA =Programa de Monitoreo Ambiental del humedal.

Las observaciones de huillines se han registrado principalmente en los ríos tributarios y fuera del HRC (canal mareal Cau Cau).

- **Depredación de cisnes por lobos marinos dentro del humedal**

Se ha mantenido la depredación de cisnes por parte de lobos marinos en el humedal. La Figura 5.11 muestra la variabilidad temporal en el número total de carcasas de cisnes recolectadas en el HRC durante el período julio 2018 - marzo 2020 y el Índice de Depredación de cisnes por parte de los lobos. No está claro aún el grado de afectación de esa depredación sobre la estabilidad y/o conducta de los cisnes dentro del humedal.



**Figura 5.11.** Variabilidad temporal en el el número de carcasas de cisnes e Índice de Depredación (total de carcasas encontradas/número de días en terreno). Datos de julio y agosto 2018 aportados por CONAF.

- **Cambios de uso de suelo**

Si bien el grado de modificación de las variables Uso del Suelo y Población y Poblamiento, resulta moderado, es posible apreciar algunas tendencias de carácter general que resultan importantes para comprender el comportamiento socio-ambiental del HRC. Este es el caso de las transferencias de superficies bajo uso de suelo “Praderas y Matorrales”, que mantiene la tendencia a la disminución. Se detectó además un incremento

en la superficie de uso “Áreas urbanas e Industriales”, lo que es coincidente con las tendencias que se aprecian al estimar la densidad poblacional en áreas seleccionadas próximas al humedal. Tal densidad ha mantenido su tendencia al crecimiento, lo que se correlaciona con el incremento del área construida con fines residenciales.

- **Componente educacional**

A partir de marzo del año 2019, el Sub-Programa de Monitoreo Ecológico Local, orientado al fortalecimiento de capacidades y conocimientos de comunidades escolares, se desarrolló según lo planificado, incorporando la metodología del Modelo de Enriquecimiento Escolar o SEM. Durante el mes de marzo 2019, se contactó a cinco escuelas de la comuna de Valdivia con las cuales el proyecto se desarrolló desde el año 2018, retomando los vínculos con los profesores correspondientes y activando las redes con los apoderados de los estudiantes destacados por su fuerte motivación en las actividades de los años anteriores.

Los resultados de la evaluación de las actividades realizadas, muestran la motivación y voluntad de los estudiantes de seguir con actividades relacionadas con la temática de humedales. De hecho, los mismos estudiantes proponen temáticas cada vez más específicas y nuevas interrogantes relacionadas con las experiencias previas. El equipo coordinador y los docentes de estas actividades, destacan la evolución positiva en el compromiso de los niños y niñas con las actividades y el grupo como unidad de trabajo. Fue posible observar el incremento de reflexiones, argumentos y la adquisición de nuevas conductas relacionadas con lo aprendido en el programa, específicamente en torno al manejo de residuos, cuidado del agua, conocimiento de interacciones ecológicas y servicios ecosistémicos de los humedales.

## **5.2. Amenazas o Advertencias**

La Tabla 5.1 resume las amenazas o advertencias detectadas por los integrantes del equipo de trabajo del Monitoreo del HRC; destacan como las más relevantes en cuanto a

calidad ambiental y sustentabilidad del humedal las siguientes ( el orden de las mismas no implica grado de afectación):

- i) Eventual presencia y establecimiento de la Tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*), en el área misma del HRC. Este reptil de hábitos carnívoros, ha sido observado por miembros del equipo del monitoreo del humedal, en las riberas del canal mareal Cau Cau. A su vez, González *et al.* (2018) comprobaron el establecimiento y reproducción de esta especie en la Laguna de los Lotos en el Parque Saval de Valdivia. El análisis del contenido estomacal de uno de los especímenes estudiados por estos autores, mostró la presencia de restos de insectos acuáticos y camarones. Esto permite hipotetizar que la eventual presencia y establecimiento de la Tortuga de orejas rojas en el HRC, puede afectar de modo significativo la trama trófica del HRC y eventualmente el reclutamiento de la fauna acuática de las riberas, por ingesta de huevos o reclutas de la misma.
  
- ii) Eventual proceso de bio - acumulación de compuestos orgánicos persistentes a través de la trama trófica del HRC. Este tema nace de la detección de las Dioxinas 2.3.7.8 - TCDD y 1.2.3.7.8 - PeCDD (dos de las dioxinas con equivalentes tóxicos más altos), en el Camarón de río, el Puye y en la Garza blanca grande. Para el caso de camarones y puyes, tales detecciones han ocurrido en número variable de estaciones y muestreos, lo que permite hipotetizar que la presencia de estas compuestos no es un fenómeno extendido en tales organismos. No obstante, este es un tema al que debería prestársele atención en el futuro, a fin de evaluar en el tiempo la eventual variabilidad de las concentraciones medidas en este estudio.

- iii) Modificación de áreas ribereñas por desarrollo inmobiliario u otros; por ejemplo, instalación de pista de aguas tranquilas en sector ubicado al sur de la confluencia del río Cruces con el canal mareal Cau Cau. Esa eventual instalación podría resultar en la afectación de los fondos someros del área y que son zonas de nidificación y alimentación de las aves acuáticas herbívoras y de las aves de riberas o pajonales.
  
- iv) Cambios de uso de suelo debido a expansión urbana y actividades de cultivo.
  
- v) Ausencia de zonificación que incluya todas las riberas del sistema del HRC (*i.e.*, no solo ríos Cruces y Chorocamayo, sino también los ríos tributarios, hasta donde ocurre variabilidad mareal significativa) y donde se incluyan objetos de conservación, como por ejemplo “hot spots” de diversidad de macrófitas acuáticas, áreas de refugio para la avifauna acuática y fauna de mamíferos, zonas de nidificación de aves y zonas de relevancia socio-cultural, etc. Durante el invierno del año 2017, funcionarios del Consejo de Monumentos Nacionales, CONAF y SEREMI Región de Los Ríos, trabajaron en conjunto con investigadores de este Programa de Monitoreo, a fin de recabar la información necesaria para proponer una expansión de las áreas del actual Santuario, como mencionado más arriba. Esto se mantiene como necesidad, ya que debido a que todo el HRC es un sistema estuarial, lo que ocurra en un río tributario del humedal puede afectar a todo el sistema debido a la mezcla de aguas que se produce en el mismo y que resulta de la dinámica mareal de un ecosistema acuático estuarial, como lo es el HRC.

**Tabla 5.1.** Lista de amenazas & advertencias a enero & febrero de los años 2015 (Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC), 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020 (primer, segundo, tercer, cuarto y quinto año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC, respectivamente). El número de signos + indica el grado de importancia de la misma, siendo +++ el nivel más alto. Ausencia de signos = amenaza o advertencia no considerada como relevante durante el año respectivo.

amenazas o advertencias	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Presencia del Visón	+++	+++	++	++	+	+
Eventual invasión de la Tortuga de orejas rojas	+++	++	+	+	+	+
Aumento en cobertura de la Flecha de agua	++	++	+			
Descargas de RILES de planta Valdivia de ARAUCO	++	++	+	+	+	+
Eventual bio - acumulación de compuestos químicos, en vertebrados de niveles superiores de la trama trófica	+++	+++	+++	+++	+++	++
Modificación de línea de costa y fondos someros, debido a levantamiento continental inter - sísmico	++	++	++	++	++	++
Modificación de fondos someros y orillas por infraestructura construida y modificación de los fondos someros		++	++	+	+	++
Modificación de áreas ribereñas por desarrollo inmobiliario u otros (e.g. pista de aguas tranquilas)		++	+++	++	+++	+++
Cambios de uso del suelo y contaminación difusa		++	+++	+++	+++	+++
Disminución de agua caída			++	++	++	++
Ausencia de zonificación del socio – ecosistema de las riberas del HRC (el Santuario y Sitio Ramsar debieran incluir a los ríos tributarios del río Cruces)			++	+++	+++	+++
Ausencia de programas de vinculación entre el CEL y la actividad de los investigadores en el área		++	++	+	+	+
Desconfianza de las comunidades ribereñas hacia ARAUCO, estado e instituciones académicas	+++	++	++	+	+	
Depredación de cisnes por parte de lobos marinos				+	+	+
Aumento poblacional del Coipo y afectación de totorales, área de nidificación de cisnes						+

### 5.3. PERSPECTIVAS

En términos generales, los resultados de los Programas de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del Río Cruces y sus ríos tributarios realizados entre abril del año 2014 y marzo del 2020 son auspiciosos, en cuanto a calidad de agua, cobertura de macrófitas acuáticas y abundancias de aves herbívoras se refiere. No obstante, debe tenerse presente que el socio-ecosistema del HRC ha demostrado ser altamente dinámico, tanto en su matriz abiótica como biótica y, por lo tanto, no sería extraño que volvieran a ocurrir cambios ambientales no esperados en tales matrices.

Es el anterior dinamismo que ha llevado a que durante el periodo abril 2015 - marzo 2020, se hayan introducido aspectos no planificados en la propuesta original del Programa de Monitoreo, acordada a inicios del año 2015 en reuniones del Consejo Científico Social de esa época, incluyendo:

- i) Monitoreo en detalle de una planta exótica (Flecha de agua, *Sagitaria montevidensis*), observada durante el Programa de Diagnóstico Ambiental (a partir de la primavera del año 2015).
- ii) Evaluación de la biomasa de Luchecillo para estimaciones de capacidad de carga en cuanto a aves herbívoras se refiere (verano & otoño 2017 y veranos 2019 y 2020).
- iii) Monitoreo de la depredación de cisnes dentro del humedal por parte de lobos marinos (a partir de mediados del año 2018).

Lo anterior se enmarca dentro del concepto de monitoreo adaptativo, temática incluida en la Propuesta Original del Programa de Monitoreo Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y que estableció lo siguiente:

*“Lo anterior resalta la importancia del concepto de Monitoreo Adaptativo, es decir un monitoreo que se va actualizando, acorde por ejemplo la aparición de fenómenos no observados al comienzo del mismo o a variabilidad espacio – temporal de variables físicas*



*y/o biológicas que van más allá de lo hasta ese momento se conoce. Debido a lo anterior, se evaluarán continuamente los resultados del presente Programa de Monitoreo, a fin de analizar la eventual necesidad de realizar cambios o modificaciones tendientes a captar el tipo de variabilidad anteriormente mencionada”*

Debido entonces a esa variabilidad, es conveniente recordar y transcribir lo escrito en el tercer párrafo de la página 1501 del Informe Final del Programa de Diagnóstico Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios: 2014-2015 y que dice (entre comillas y en cursiva):

*“No obstante lo anterior, no es posible postular si el humedal ha alcanzado un estado de equilibrio estable, o si podría continuar experimentando cambios que lleven a un nuevo estado alternativo comunitario. Dado que la alta variabilidad espacio- temporal registrada en los diferentes componentes de este complejo ecosistema pareciera ser más la norma que la excepción, es necesario resaltar la necesidad de continuar el seguimiento ambiental del HRC. Esto con el fin de identificar factores y procesos claves que permitan proyectar su sostenibilidad, en consonancia con las expectativas de la también compleja trama ecológico-social en la cual está inserto”.*

#### **5.4. REFERENCIAS**

Encina, F. 2011. Evaluación de Riesgo Ecológico (Crónico) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia. 74 pp.

González, N., Ruiz, J., Puente, S., Nuñez, J.J. 2018. On the status of red-eared slider, *Trachemys scripta elegans* (Wied, 1838) (*Testudines, Emydidae*) with evidences of its reproduction in the wild, Chile. *Biodiversity Int J.* 2: 292–295.

## 6. EQUIPO DE TRABAJO

Se incluye a continuación el equipo de académicos, investigadores, asistentes técnicos y de investigación, que participaron en el quinto año del Programa de Monitoreo Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (abril 2019- marzo 2020).

### i) Variabilidad ambiental de largo plazo en el área de estudio

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Pedro Rubilar, Biólogo Marino, M.Sc. Ecología Aplicada (c)  
Eduardo Jaramillo, Ph.D.

### ii) Estudios específicos

#### Calidad del agua y sedimentos

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Laboratorio de Oceanografía Química (LOQ), Universidad de Concepción

Marco Salamanca, Biólogo Marino, M.Sc., Ciencias Marinas Ambientales, Ph.D.  
Oceanografía Costera  
Cristián Chandía, Biólogo Marino, Diplomado en Ingeniería Química Ambiental  
Claudia Figueroa, Químico Analista  
Gabriela Franyola, Biólogo Marino  
Verónica Pinto, Químico Analista  
Francesca Gauthier, Químico Analista  
Juanita Elgorriaga, Químico Analista  
Carlos Casanueva, Químico Analista  
Leonardo Rosemberg, Biólogo Marino  
Edgardo Muñoz, Técnico de terreno  
Michel Rivas, Técnico de terreno

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Eduardo Jaramillo, Ph.D.  
Marcia González, M.Sc., mención Zoología  
Cesar Barrales, Biólogo Marino  
Felipe Navarro, Biólogo Marino

HOLON Investigación en Recursos Naturales, Concepción

Aldo Hernández, Biólogo Marino, M.Sc., en Ciencias

### Macrófitas acuáticas y sensores remotos

Facultad de Ciencias, Universidad Santo Tomás, Santiago

Fabio Labra, Biólogo Marino, Dr. en Ciencias Biológicas, mención Ecología

### Macroinfauna de fondos sedimentarios

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Eduardo Jaramillo, Ph.D.

Marcia González, M.Sc., mención Zoología

Felipe Navarro, Biólogo Marino

### Macrofauna de fondos ritrales

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Felipe Navarro, Biólogo Marino

Eduardo Jaramillo, Ph.D.

Pablo Fierro, Biólogo Marino, Dr.

### Fauna de camarones

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Eduardo Jaramillo, Ph.D.

Pamela López, Biólogo Marino

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Laboratorio de Oceanografía  
Química (LOQ), Universidad de Concepción

Marco Salamanca, Biólogo Marino, M.Sc., Ciencias Marinas Ambientales, Ph.D.  
Oceanografía Costera

Cristián Chandía, Biólogo Marino, Diplomado en Ingeniería Química Ambiental

Claudia Figueroa, Químico Analista

Gabriela Franyola, Biólogo Marino

Verónica Pinto, Químico Analista

Francesca Gauthier, Químico Analista

Juanita Elgorriaga, Químico Analista

Carlos Casanueva, Químico Analista

Leonardo Rosemberg, Biólogo Marino

Edgardo Muñoz, Técnico de terreno

Michel Rivas, Técnico de terreno

## Ictiofauna

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Eduardo Jaramillo, Ph.D.

Pamela López, Biólogo Marino

Facultad de Ciencias Veterinarias

Enrique Paredes, Médico Veterinario, Dr. med. vet.

Ricardo Enríquez, Médico Veterinario, Dr. med. vet.

María José Navarrete, Médico Veterinaria, M.Sc., Medicina Preventiva Animal,  
Ph.D. Patología Animal

Pamela Muñoz, Médico Veterinaria, M.Sc., Ciencias Animales y Veterinarias,  
mención Medicina Preventiva Animal

Alex Romero, Bioquímico, Dr. en Ciencias, mención Biología Celular y  
Molecular

Jorge Vásquez, Bioquímico

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Laboratorio de Oceanografía  
Química (LOQ), Universidad de Concepción

Marco Salamanca, Biólogo Marino, M.Sc., Ciencias Marinas Ambientales, Ph.D.  
Oceanografía Costera

Cristián Chandía, Biólogo Marino, Diplomado en Ingeniería Química Ambiental

Claudia Figueroa, Químico Analista

Gabriela Franyola, Biólogo Marino

Verónica Pinto, Químico Analista

Francesca Gauthier, Químico Analista

Juanita Elgorriaga, Químico Analista

Carlos Casanueva, Químico Analista

Leonardo Rosemberg, Biólogo Marino

Edgardo Muñoz, Técnico de terreno

Michel Rivas, Técnico de terreno

## Herpetofauna

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

José Nuñez, Bioquímico, Dr. en Ciencias, mención Zoología

## Avifauna

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Eduardo Jaramillo, Ph.D.

Juan Navedo, PhD.

Jorge Ruiz, Médico Veterinario

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Laboratorio de Oceanografía  
Química (LOQ), Universidad de Concepción

Marco Salamanca, Biólogo Marino, M.Sc., Ciencias Marinas Ambientales, Ph.D.  
Oceanografía Costera

Cristián Chandía, Biólogo Marino, Diplomado en Ingeniería Química Ambiental

Claudia Figueroa, Químico Analista

Gabriela Franyola, Biólogo Marino

Verónica Pinto, Químico Analista

Francesca Gauthier, Químico Analista

Juanita Elgorriaga, Químico Analista

Carlos Casanueva, Químico Analista

Leonardo Rosemberg, Biólogo Marino

Edgardo Muñoz, Técnico de terreno

Michel Rivas, Técnico de terreno

### Mamíferos acuáticos

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Cesar Barrales, Biólogo Marino

Felipe Navarro, Biólogo Marino

### Análisis comparativos de datos en estudios de riesgo ecológico

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Cesar Barrales, Biólogo Marino

Eduardo Jaramillo, Ph.D.

### Cambios de uso del suelo

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Adriano Rovira, Geógrafo, Dr. en Geografía

### Conocimiento ecológico local

Facultad de Filosofía y Humanidades Universidad Austral de Chile

María Ignacia Fuenzalida, Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, M.Sc.  
Desarrollo Rural (c)

Alejandra Carmona, Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, M.Sc.  
Desarrollo Rural (c)

Kenneth Alvarado, Licenciado en Ecoturismo, M.Sc. Desarrollo Rural (c)

Nadia Pérez, Licenciada en Medicina Veterinaria Universidad de Chile,  
Magister en desarrollo rural Universidad Austral de Chile.