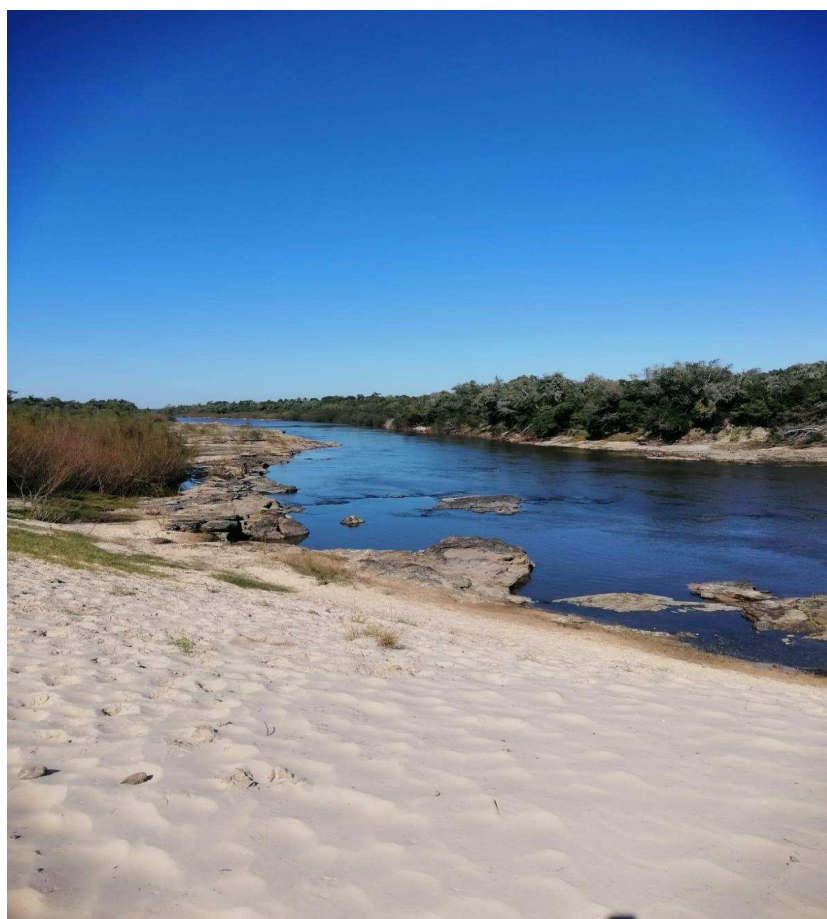




Ministerio
de Ambiente

Monitoreo de Calidad del Agua Cuenca río Tacuarembó

2023



DIRECCIÓN NACIONAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL

División Evaluación de la Calidad Ambiental

Departamento Seguimiento de Componentes del Ambiente

JUNIO 2024



Ministerio
de Ambiente

Área de Información Planificación y Calidad Ambiental
Gerente: Marisol Mallo

División Evaluación de Calidad Ambiental – DECA
Director: Luis Reolón

Dpto. Seguimiento Componentes del Ambiente
Jefe de Dpto.: Magdalena Hill

Análisis y Redacción del Informe
Facundo Lepillanca

Responsables del Programa de Monitoreo
Facundo Lepillanca

Técnicos participantes

Carolina Ferrer
Facundo Lepillanca
Javier Martínez
Mario Acosta
Belén Ocampo
Lucía Gómez

Revisión
Magdalena Hill / Luis Reolón

Análisis de Laboratorio:
División Laboratorio Ambiental
DINCEA
Jefe Laboratorio: Natalia Barboza

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	7
1.1.	Objetivos del plan.....	7
2.	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	8
2.1.	Plan de monitoreo.....	8
2.2.	Índices de calidad de agua.....	11
2.3.	Tratamiento de los datos.....	11
3.	RESULTADOS.....	11
3.1.	Calidad de agua.....	12
3.1.1.	Variables <i>in situ</i>	12
3.1.1.1.	Temperatura.....	12
3.1.1.2.	Conductividad.....	13
3.1.1.3.	Oxígeno Disuelto.....	14
3.1.1.4.	pH.....	15
3.1.2.	Resultados analíticos.....	16
3.1.2.1.	Alcalinidad.....	16
3.1.2.2.	Sustancias fenólicas.....	17
3.1.2.3.	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	18
3.1.2.4.	Demanda química de oxígeno (DQO).....	18
3.1.3.	Sólidos.....	19
3.1.3.1.	Sólidos Totales Volátiles (STV).....	19
3.1.3.2.	Sólidos Totales Fijos (STF).....	20
3.1.3.3.	Sólidos Suspendidos Totales (SST).....	21
3.1.3.4.	Sólidos Totales (ST).....	22
3.1.4.	Metales.....	23
3.1.4.1.	Iones mayoritarios.....	23
3.1.4.1.1.	Calcio (Ca).....	23
3.1.4.1.2.	Magnesio (Mg).....	24
3.1.4.1.3.	Potasio (K).....	25
3.1.4.1.4.	Sodio (Na).....	26
3.1.4.2.	Metales pesados.....	27
3.1.4.2.1.	Mercurio (Hg).....	27
3.1.5.	Cianuro Total (CN total).....	27
3.1.6.	Arsénico (As).....	27
3.1.7.	Nutrientes.....	27
3.1.7.1.	Nitrito (NO ₂).....	27
3.1.7.2.	Nitrato (NO ₃).....	28
3.1.7.3.	Amonio libre (NH ₃).....	29
3.1.7.4.	Nitrógeno amoniacal (NH ₄).....	30
3.1.7.5.	Nitrógeno Total (NT).....	31
3.1.7.6.	Fosfatos (PO ₄).....	32
3.1.7.7.	Fósforo Total (PT).....	33
3.1.8.	Variables biológicas.....	34

	4
3.1.8.1. Coliformes Termotolerantes (CT)	34
3.1.8.2. Clorofila <i>a</i>	35
3.1.8.3. Feofitina	35
3.1.9. AOX	35
3.1.10. Fitosanitarios	36
3.1.10.1. Glifosato	36
3.1.10.2. AMPA	36
3.1.11. Índice de Estado Tráfico	36
3.1.11.1. IET	36
4. SÍNTESIS	38
5. Bibliografía	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la Cuenca del río Tacuarembó.....	7
Figura 2. Cuenca del río Tacuarembó y ubicación de estaciones de monitoreo.....	9
Figura 3. Variación espacial y temporal de la Temperatura del agua en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Temperatura para el año 2023, promedio para el año 2022, y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.....	12
Figura 4. Variación espacial y temporal de la Conductividad del agua en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Conductividad para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.....	13
Figura 5. Variación espacial y temporal del Oxígeno Disuelto en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Oxígeno Disuelto para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.....	14
Figura 6. Variación espacial y temporal del pH en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de pH para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.....	15
Figura 7. Variación espacial y temporal de la Alcalinidad total en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Alcalinidad para el año 2023, promedio para el año 2022, y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.	16
Figura 8. Variación espacial y temporal de la Sustancias fenólicas en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sustancias fenólicas para el año 2023, promedio para el año 2022, y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.....	17
Figura 9. Variación espacial y temporal de Sólidos Totales Volátiles en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos Totales Volátiles para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.	19
Figura 10. Variación espacial y temporal de Sólidos Totales Fijos en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos Totales Fijos para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.....	20
Figura 11. Variación espacial y temporal de Sólidos Suspendidos Totales en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos Suspendidos Totales para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.	21
Figura 12. Variación espacial y temporal de Sólidos Totales en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos Totales para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.	22
Figura 13. Variación espacial y temporal de Calcio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Calcio para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.....	23
Figura 14. Variación espacial y temporal de Magnesio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Magnesio para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.	24
Figura 15. Variación espacial y temporal de Potasio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Potasio para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.	25
Figura 16. Variación espacial y temporal de Sodio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sodio para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.....	26
Figura 17. Variación espacial y temporal de Nitrato en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Nitrato para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.....	28
Figura 18. Variación espacial y temporal de Amonio libre en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Amonio libre para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.	29

Figura 19. Variación espacial y temporal de Nitrógeno amoniacal en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Nitrógeno amoniacal para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.....	30
Figura 20. Variación espacial y temporal de Nitrógeno Total en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Nitrógeno Total para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.	31
Figura 21. Variación espacial y temporal de Fosfatos en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Fosfatos para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.	32
Figura 22. Variación espacial y temporal de Fósforo Total en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Fósforo Total para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.	33
Figura 23. Variación espacial y temporal de Coliformes Termotolerantes en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Coliformes termotolerantes para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.	34
Figura 24. Representación gráfica del IET en las subcuencas del río Tacuarembó en el 2023 considerando la escala cromática.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación en coordenadas y su correspondiente descripción para los 12 puntos de monitoreo de esta campaña.....	8
Tabla 2. Variables analizadas en cada campaña para la cuenca del río Tacuarembó clasificadas según categorías. También incluye abreviatura, unidades, así como los estándares utilizados (Decreto 253/79 y valores guía sugeridos por el grupo GESTA Agua en 2014 y la Mesa Técnica del Agua. Estándar internacional establecido en la República Federal de Alemania para los Compuestos Halogenados Absorbibles (AOX).	10
Tabla 3. Valoración del estado trófico de ríos a partir del IET, elaborado según los valores de fósforo total.....	11
Tabla 4. Cálculos utilizados para representar los valores numéricos de los resultados yuxtapuestos a los límites de la técnica.	11
Tabla 5. Estadísticas básicas de la Temperatura. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. ..	12
Tabla 6. Estadísticas básicas de la Conductividad. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. 13	
Tabla 7. Estadísticas básicas del Oxígeno disuelto. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar (STD) del Decreto 253/79 y modificativos, Valor Guía (VG), cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	14
Tabla 8. Estadísticas básicas del pH. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) del Decreto 253/79 y modificativos, Valor Guía, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	15
Tabla 9. Estadísticas básicas de los valores cuantificables de alcalinidad. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.	16
Tabla 10. Estadísticas básicas para los valores cuantificados del parámetro Sustancias fenólicas. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar (STD) o valor guía (VG) de GESTA Agua 2014, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	17
Tabla 11. Estadísticas básicas para los valores cuantificados del parámetro Sólidos Totales Volátiles. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.....	19
Tabla 12. Estadísticas básicas para los valores cuantificados del parámetro Sólidos Totales Fijos. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.	20
Tabla 13. Estadísticas básicas para los valores cuantificados del parámetro Sólidos Suspendidos Totales. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.....	21
Tabla 14. Estadísticas básicas de los valores cuantificables de Sólidos totales. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.....	22
Tabla 15. Estadísticas básicas de los valores cuantificables de Calcio. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.	23
Tabla 16. Estadísticas básicas de los valores cuantificables de Magnesio. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.	24
Tabla 17. Estadísticas básicas de los valores cuantificables de Potasio. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.	25
Tabla 18. Estadísticas básicas de los valores cuantificables de Sodio. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.	26

Tabla 19. Estadísticas básicas para los valores cuantificados del parámetro Nitrato. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) del Decreto 253/79 y modificativos* y valor guía (VG) GESTA Agua 2014**, cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor.	28
Tabla 20. Estadísticas básicas del Amonio libre. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) del Decreto 253/79 y modificativos, valor guía (VG), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor.	29
Tabla 21. Estadísticas básicas de los valores cuantificables de Nitrógeno amoniacal. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar (STD), valor guía (VG) del GESTA Agua 2014, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.....	30
Tabla 22. Estadísticas básicas de los valores cuantificables de Nitrógeno Total. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar (STD), valor guía (VG) de la Mesa Técnica del Agua (MTA), cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	31
Tabla 23. Estadísticas básicas para los valores cuantificados del parámetro Fosfato. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.	32
Tabla 24. Estadísticas básicas de los valores cuantificables de Fósforo Total. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) del Decreto 253/79 y modificativos* y valor guía (VG) de la Mesa Técnica del Agua (MTA)**, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.....	33
Tabla 25. Estadísticas básicas para los valores cuantificados del parámetro Coliformes termotolerantes. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) del Decreto 253/79 y modificativos, valor guía (VG), cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor	34
Tabla 26. Resultado de la aplicación de IET en las estaciones de monitoreo de la cuenca del río Tacuarembó.	36

1. INTRODUCCIÓN

El agua representa un insumo fundamental para la vida, constituyendo un elemento insustituible en diversas actividades humanas, además de mantener el equilibrio en el medio ambiente. En el escenario mundial, la inminente escasez de los recursos hídricos y la diseminación de los factores condicionantes para una gestión integrada, constituyen un requisito fundamental para el desarrollo equilibrado y en consonancia con la preservación del medio ambiente.

La cuenca del río Tacuarembó se sitúa al noreste del territorio uruguayo, integra la región hidrográfica del Río Uruguay y la Cuenca del río Negro. El río Tacuarembó nace en el Departamento de Rivera, atraviesa el Departamento de Tacuarembó y desemboca en el río Negro. Tiene una superficie de 16273 Km² compartida entre los dos departamentos mencionados y recoge aportes de los siguientes arroyos principales: Cuñapirú, Zapucay, Lunarejo, Las Cañas, Tres Cruces, Tranqueras, Batoví, del Sauce, Caraguatá y Yaguarí. Asimismo, en esta cuenca se encuentra una de las principales zonas de recarga del Acuífero Guaraní (Figura 1).

El Departamento Seguimiento de Componentes del Ambiente (DSCA) tiene el cometido de formular, ejecutar y evaluar los planes nacionales de monitoreo de calidad de los diferentes cuerpos de agua del país. En este contexto, el DSCA lleva a cabo el monitoreo de calidad de agua en la cuenca del río Tacuarembó.

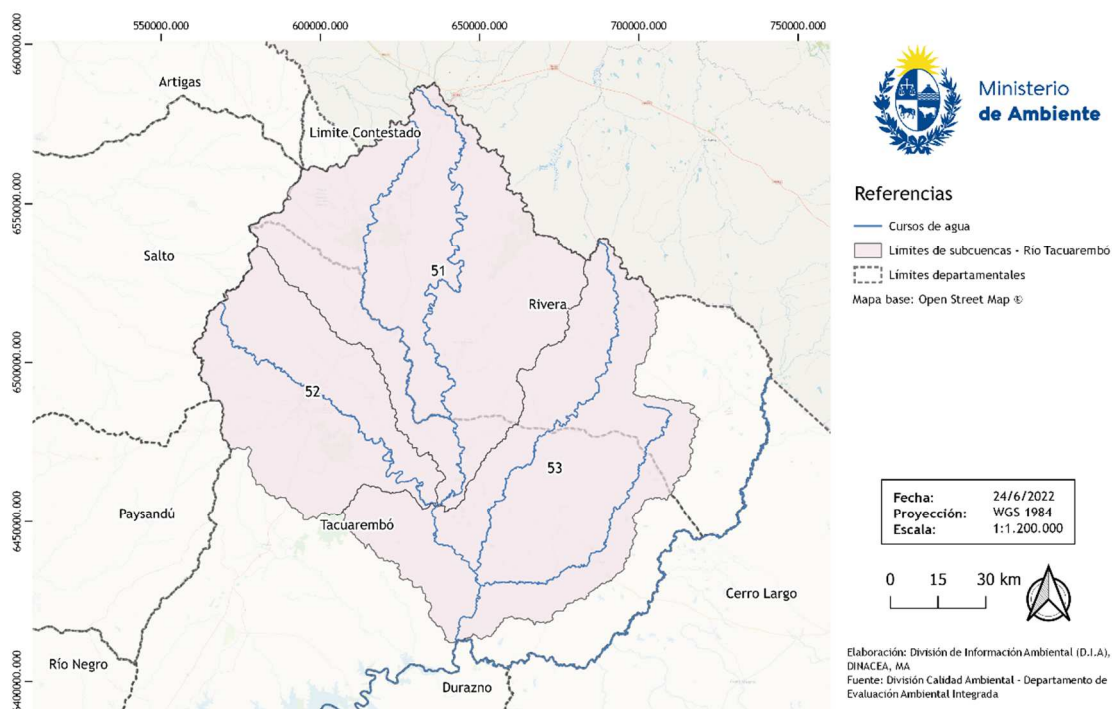


Figura 1. Mapa de la Cuenca del río Tacuarembó.

1.1. Objetivos del plan

El plan de monitoreo de la cuenca del río Tacuarembó tiene como objetivo principal, conocer la calidad del agua en los cursos principales de la cuenca del río Tacuarembó, y evaluar a corto y mediano plazo los cambios en el sistema frente a los posibles impactos producidos en la cuenca, con el fin de poder gestionarla. Este plan se inscribe en los Planes Nacionales de Protección del Medio Ambiente, que tienen

como propósito garantizar el desarrollo sostenible y poner a disposición de los ciudadanos la información generada, así como los aspectos técnicos vinculados a la obtención de la misma.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1. Plan de Monitoreo

El monitoreo de la cuenca del río Tacuarembó se realiza en 12 estaciones (Figura 2, Tabla 1), y su distribución se diseñó en función del recorrido del cauce principal, teniendo en cuenta sus principales tributarios y características geográficas de la cuenca. Las estaciones que evalúan tributarios se establecieron a suficiente distancia aguas abajo de su desembocadura (i.e. XTAC030.S, XTAC040.S), considerando la zona de mezcla, para obtener muestras representativas. La selección de los sitios de muestreo fue el resultado de una conciliación entre lograr un muestreo representativo de la cuenca y contar con un fácil acceso (puentes y sitios frecuentemente utilizados como estaciones de aforo hidrológicos) (Ministerio de Ambiente, 2020).

Tabla 1. Ubicación en coordenadas y su correspondiente descripción para los 12 puntos de monitoreo de esta campaña.

Estación	Latitud	Longitud	Descripción
XCPU010.S	-30.917365	-55.541327	Arroyo Cuñapirú, dentro de la ciudad de Rivera.
XCPU020.S	-31.340686	-55.475883	Arroyo Cuñapirú, a aproximadamente 27Km de la ruta 27 y 10Km de Cuchilla Manguera.
XCPU030.S	-31.737324	-55.543746	Arroyo Cuñapirú, sobre el puente en Paso Cunha.
XTAC010.S	-31.177506	-55.762436	Río Tacuarembó, aguas arriba de Tranqueras por ruta 30.
XTAC020.S	-31.529850	-55.686678	Río Tacuarembó, por ruta 5 a aproximadamente 1Km de la intersección con la ruta 29.
XTAC030.S	-31.879482	-55.472443	Río Tacuarembó, en Villa Ansina, acceso por calle 28 de esta localidad.
XTAH004.S	-31.630071	-56.144850	Arroyo Tacuarembó chico, aprox. 21 Km aguas arriba de la ciudad de Tacuarembó.
XTAH013.S	-31.723072	-55.943337	Arroyo Tacuarembó chico, aguas debajo de la ciudad de Tacuarembó, en parque Batlle.
XTAH020.S	-31.965648	-55.675629	Arroyo Tacuarembó Chico, cerca de Los novillos, a aprox. 18Km de la ruta 26.
XTAC040.S	-32.321903	-55.416429	Río Tacuarembó, aproximadamente a 3Km del frigorífico modelo en Estancia Caraguatá.
XYAI010.S	-32.033503	-55.366831	Arroyo Yaguarí, por ruta 26 a aproximadamente 20Km de Villa Ansina.
XCAR010.S	-32.158081	-55.023937	Arroyo Caraguatá, por ruta 26 entre Villa Ansina y Las Toscas, a aproximadamente 3Km de Las Toscas.

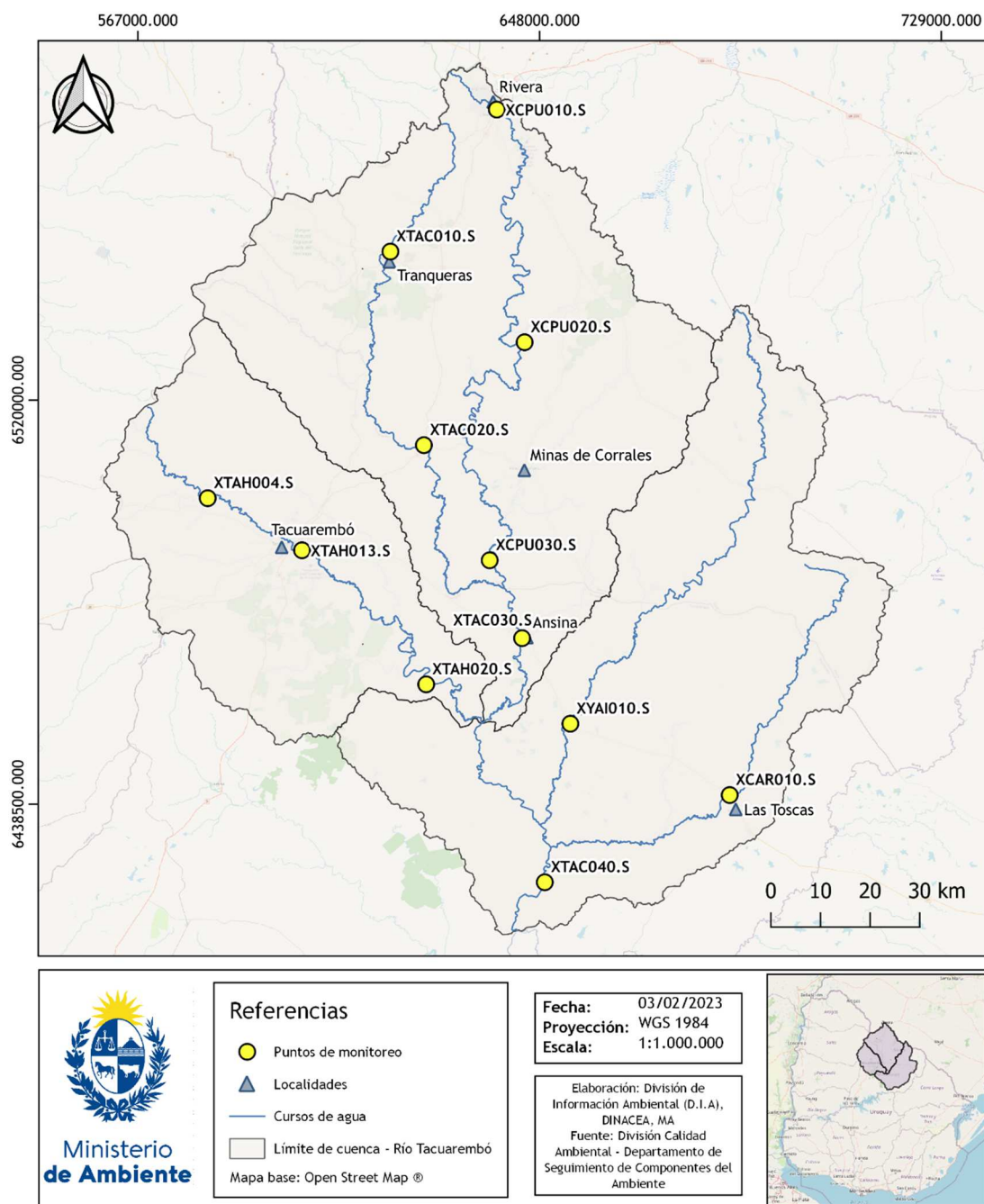


Figura 2. Cuenca del río Tacuarembó y ubicación de estaciones de monitoreo.

Los planes de monitoreo de calidad de agua deben proporcionar datos confiables y científicamente verificables. Por lo tanto, todas sus etapas deben ser planificadas y basarse en metodologías internacionalmente aprobadas. La metodología de trabajo para el monitoreo de la matriz agua tiene base en el Programa Internacional del Sistema Global de Monitoreo Ambiental (guía operativa GEMS/Agua, 3^{ra} Ed, 94.1). Este es el mecanismo del sistema de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para coordinar las actividades de monitoreo y evaluación ambiental, realizadas tanto por las agencias especializadas de la ONU como por instituciones nacionales e internacionales. Constituye un esfuerzo conjunto de la comunidad internacional destinado a adquirir, a través del monitoreo permanente y su evaluación, los datos y la información necesaria para el manejo ambiental a nivel global. No obstante, se adaptó a las capacidades nacionales disponibles (recursos humanos, equipos, materiales, técnicas, etc.). Esto lleva a que se monitoreen 33 variables (in situ y de laboratorio) (Tabla 2).

Tabla 2. Variables analizadas en cada campaña para la cuenca del río Tacuarembó clasificadas según categorías. También incluye abreviatura, unidades, así como los estándares utilizados (Decreto 253/79) y valores guía sugeridos por el grupo GESTA Agua en 2014 y la Mesa Técnica del Agua. Estándar internacional establecido en la República Federal de Alemania para los Compuestos Halogenados Absorbibles (AOX).

	Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dec. 253/79	Gesta 2014	MTA 2017	Otros
Características Físicoquímicas	Temperatura	T	°C	-	-	-	-
	Conductividad	Cond	μS/cm	-	-	-	-
	Potencial de hidrógeno	pH	-	6.5 - 8.5	-	-	-
	Oxígeno disuelto	OD	mg/L	> 5	-	-	-
	Turbidez	Turb	NTU	50	-	-	-
	Alcalinidad	AlcT	mg/L	-	-	-	-
	Sólidos suspendidos totales	SST	mg/L	-	-	-	-
	Sólidos totales	ST	mg/L	-	-	-	-
	Sólidos totales fijos	STF	mg/L	-	-	-	-
	Sólidos totales volátiles	STV	mg/L	-	-	-	-
Orgánicos generales	Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	< 10	-	-	-
	Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	-	-	-	-
Metales	Iones Mayoritarios	Ca	mg/L	-	-	-	-
		Mg	mg/L	-	-	-	-
		Na	mg/L	-	-	-	-
		K	μg/L	-	-	-	-
	Arsénico	As	mg/L	< 0.005	-	-	-
	Mercurio	Hg	μg/L	< 0.2	< 0.1	-	-
Inorgánicos no metálicos	Cianuro total	CN-total	mg/L	-	< 20	-	-
Nutrientes	Fósforo reativo soluble	PO ₄ ³⁻	μg/L	-	-	-	-
	Fósforo total	PT	μg/L	≤ 25	-	≤ 70	-
	Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/L	≤ 10	< 5	-	-
	Nitritos	NO ₂ ⁻	mg/L	≤ 0.1	≤ 0.1	-	-
	Nitrógeno amoniacal	NH ₄ ⁺	mg/L	-	≤ 0.5	-	-
	Amonio libre	NH ₃ ⁻	mg/L	≤ 0.02	-	-	-
	Nitrógeno total	NT	mg/L	-	-	< 1	-
Biológicos	Clorofila a	Clo a	μg/L	-	-	< 30	-
	Feofitina a	Feo a	μg/L	-	-	-	-
	Coliformes termotolerantes	CT	UFC/100 mL	≤ 2000	-	-	-
Orgánicos	Compuestos halogenados absorbibles	AOX	μg/L	-	-	-	< 25
	Sustancias fenólicas	SstFnl	mg/L	-	< 5	-	-
	Glifosato	Glifosato	μg/L	-	< 65	-	-
	Ácido amonio-metil-fosfónico	AMPA	μg/L	-	-	-	-

2.2. Índices de calidad de agua

Los Índices de Calidad de Agua son una herramienta que estandariza niveles de calidad en función de un conjunto de parámetros seleccionados como indicadores, lo que permite comparar el estado trófico de distintos cuerpos de agua (lénticos y lóticos) ubicados en diferentes lugares geográficos. Además, pueden ser utilizados para determinar cambios en la calidad del agua entre distintos tramos de una red hidrográfica y entre el mismo tramo a través del tiempo.

El cálculo del Índice de Estado Trófico (IET) permite clasificar los cuerpos de agua según una escala de calidad definida en función del fósforo total (PT, expresado en $\mu\text{g/L}$). El IET permite clasificar los cursos/tramos en 6 categorías de estado trófico (Tabla 3).

Para el cálculo del IET en cuerpos de agua lóticos se utiliza la fórmula de Lamparelli (2004):

$$IET = 10 \left(6 - \left((0.42 - 0.36(\ln(PT))) \div \ln(2) \right) \right) - 20$$

Tabla 3. Valoración del estado trófico de ríos a partir del IET, elaborado según los valores de fósforo total.

Nivel trófico	IET	Escala cromática
Ultraoligotrófico	≤ 47	
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	
Hipereutrófico	> 67	

2.3. Tratamiento de los datos

En el caso de algunas variables, buena parte de los resultados están comprendidos en el entorno de los límites de la técnica. Para facilitar el tratamiento de estos datos se toman por convención las analogías que se observan en la Tabla 4. Estos valores son considerados en las estadísticas básicas para cada parámetro (promedio y mediana), en el caso del mínimo corresponde al mínimo cuantificable.

Tabla 4. Cálculos utilizados para representar los valores numéricos de los resultados yuxtapuestos a los límites de la técnica.

$< LD$	$=$	LD
$< LC$	$=$	$LC/2$
$LD < X < LC$	$=$	$(LC+LD)/2$

La concentración de amoníaco libre se obtuvo a través de la fórmula (CCME, 2010):

$$NH_3 = \frac{NH_4}{1 + 10^{(-0.467 + \frac{2887.9}{T(^{\circ}C) + 273.15} - pH)}}$$

3. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados correspondientes a la calidad del agua superficial. Se dispone de 4 muestreos de agua para el período estudiado. Por otro lado, debido a la sequía que afectó a nuestro

país, durante el monitoreo del mes de julio no se realizaron los parámetros: metales y orgánicos (Glifosato y AMPA).

3.1. Calidad de agua

3.1.1. Variables *in situ*

3.1.1.1. Temperatura

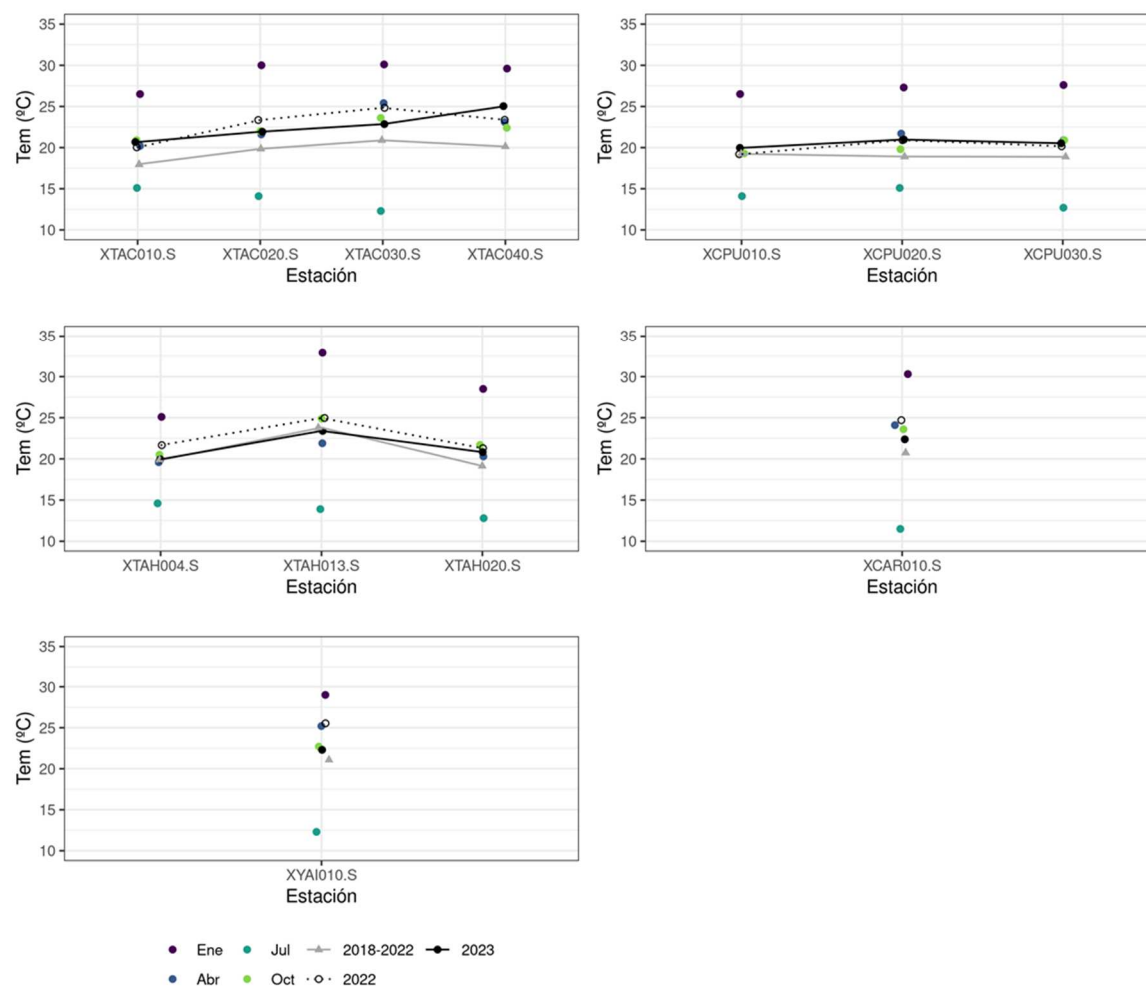


Figura 3. Variación espacial y temporal de la Temperatura del agua en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Temperatura para el año 2023, promedio para el año 2022, y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 5. Estadísticas básicas de la Temperatura. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caragatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	12	4	4
Unidad: °C					
MIN	12.3	12.7	12.8	11.5	12.3
MAX	30.1	27.6	32.9	30.3	29.0
PROM	22.5	20.5	21.4	22.4	22.3
MEDIANA	22.4	20.9	21.1	23.9	24.0
MIN > Estación - Mes	XTAC030.S - 7	XCPU030.S - 7	XTAH020.S - 7	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 7
MAX > Estación - Mes	XTAC030.S - 1	XCPU030.S - 1	XTAH013.S - 1	XCAR010.S - 1	XYAI010.S - 1

3.1.1.2. Conductividad

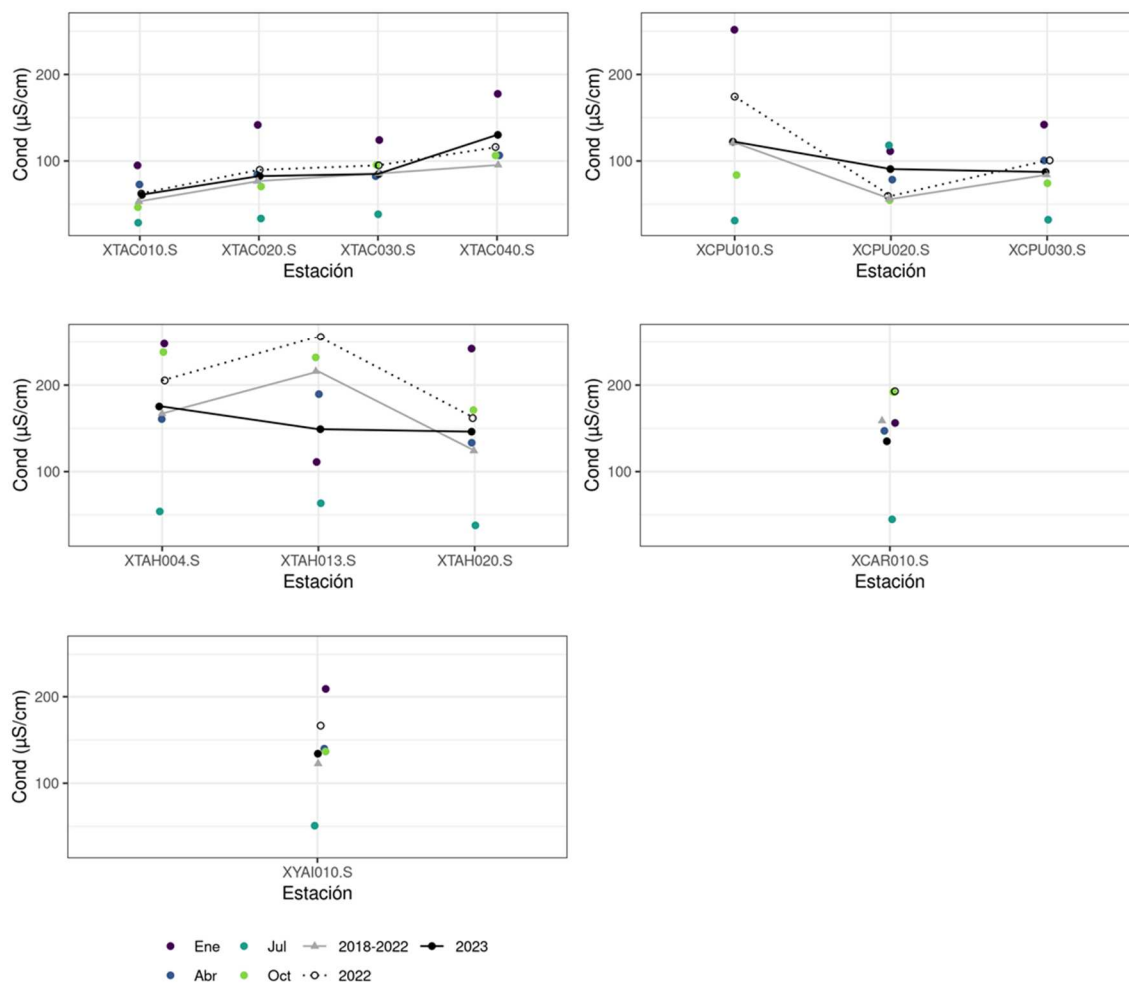


Figura 4. Variación espacial y temporal de la Conductividad del agua en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Conductividad para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 6. Estadísticas básicas de la Conductividad. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	12	4	4
Unidad: µS/cm					
MIN	28.6	31.1	37.8	44.8	50.9
MAX	177.6	251.7	248.1	192.0	209.0
PROM	86.9	98.0	156.8	135.0	134.1
MEDIANA	84.3	83.8	165.9	151.7	138.3
MIN > Estación - Mes	XTAC010.S - 7	XCPU010.S - 7	XTAH020.S - 7	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 7
MAX > Estación - Mes	XTAC040.S - 1	XCPU010.S - 1	XTAH020.S - 1	XCAR010.S - 10	XYAI010.S - 1

3.1.1.3. Oxígeno Disuelto

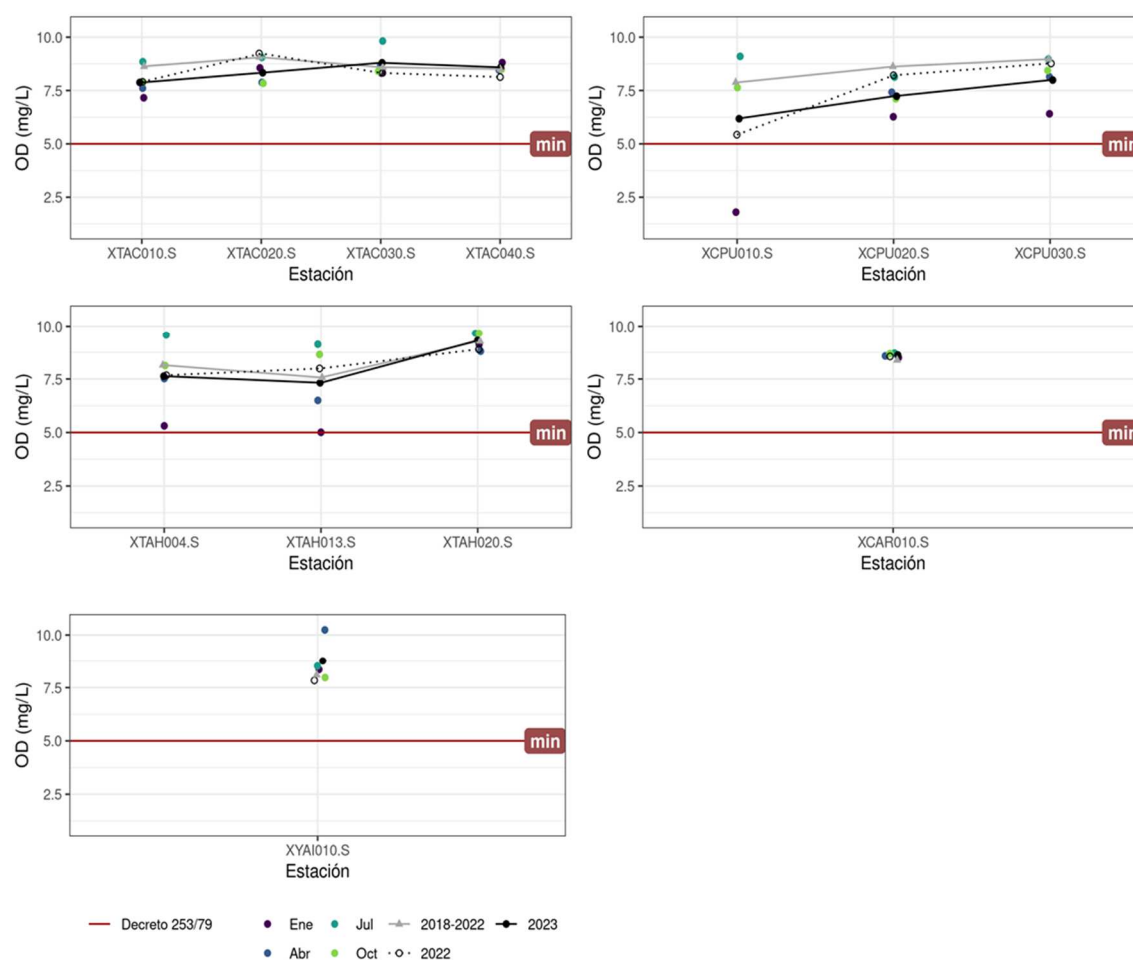


Figura 5. Variación espacial y temporal del Oxígeno disuelto en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Oxígeno disuelto para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 7. Estadísticas básicas del Oxígeno disuelto. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar (STD) del Decreto 253/79 y modificativos, Valor Guía (VG), cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	12	4	4
Unidad: mg/L					
MIN	7.2	1.8	5.0	8.5	8.0
MAX	9.8	9.1	9.7	8.7	10.2
PROM	8.4	7.2	8.1	8.6	8.8
MEDIANA	8.5	7.6	8.7	8.6	8.4
MIN > Estación - Mes	XTAC010.S - 1	XCPU010.S - 1	XTAH013.S - 1	XCAR010.S - 1	XYAI010.S - 10
MAX > Estación - Mes	XTAC030.S - 7	XCPU010.S - 7	XTAH020 - 7 y 10	XCAR010.S - 7 y 10	XYAI010.S - 4
STD y/o VG	<5	<5	<5	<5	<5
No cumple (n)	0	1	0	0	0
No Cumple - Cumple (%)	0 - 100	33482.0	0 - 100	0 - 100	0 - 100

3.1.1.4. pH

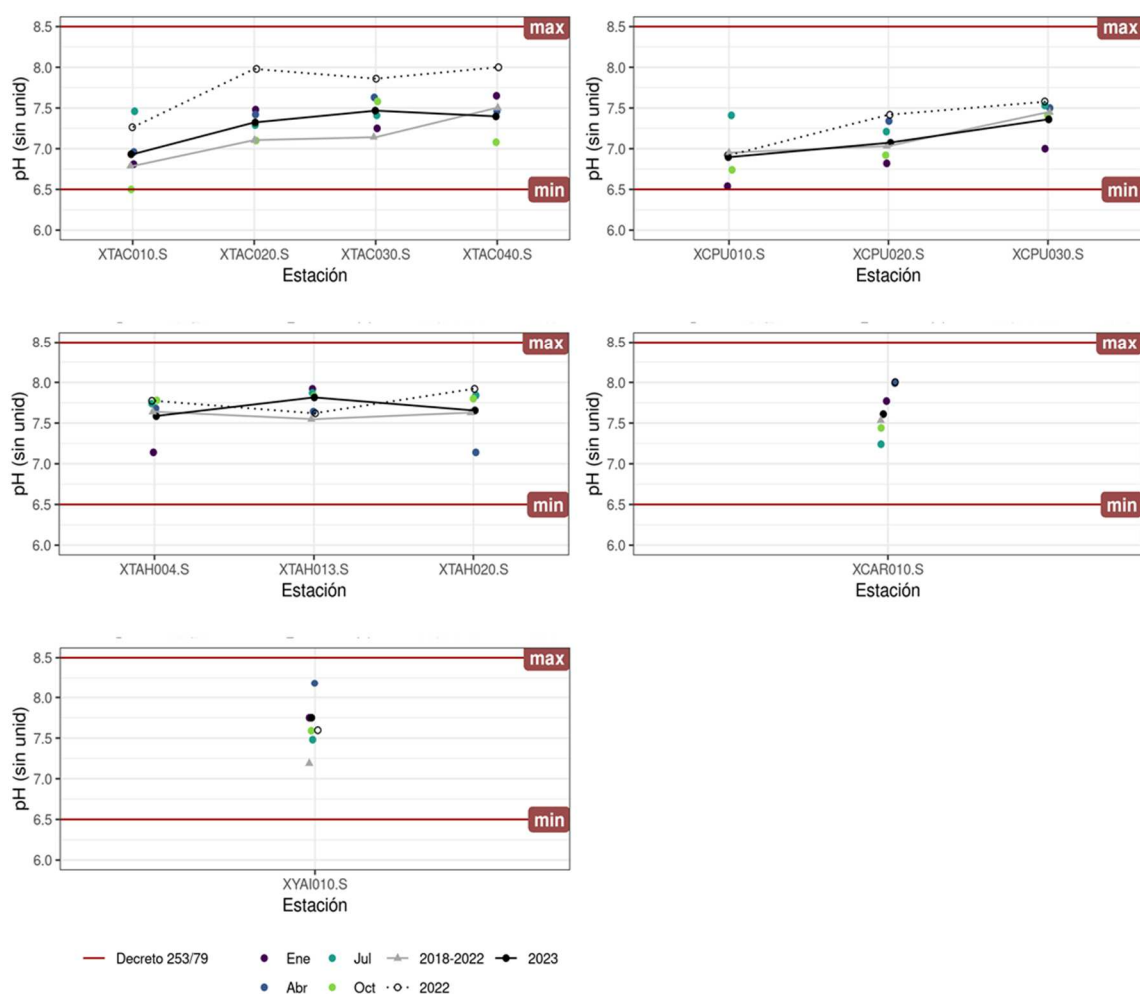


Figura 6. Variación espacial y temporal del pH en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de pH para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 8. Estadísticas básicas del pH. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) del Decreto 253/79 y modificativos, Valor Guía (VG), cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caragatá	Arroyo Yaguari
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	12	4	4
Unidad:					
MIN	6.5	6.5	7.1	7.2	7.5
MAX	7.7	7.5	7.9	8.0	8.2
PROM	7.3	7.1	7.7	7.6	7.8
MEDIANA	7.4	7.2	7.8	7.6	7.7
MIN > Estación - Mes	XTAC010.S - 10	XCPU010.S - 1	XTAH004.S - 1 XTAH020.S - 4	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 7
MAX > Estación - Mes	XTAC040.S - 1	XCPU030 - 4 y 7	XTAH013.S - 1 y 7	XCAR010.S - 4	XYAI010.S - 4
STD y/o VG	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
No cumple (n)	0	0	0	0	0
No Cumple - Cumple (%)	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100

3.1.2. Resultados analíticos

3.1.2.1. Alcalinidad

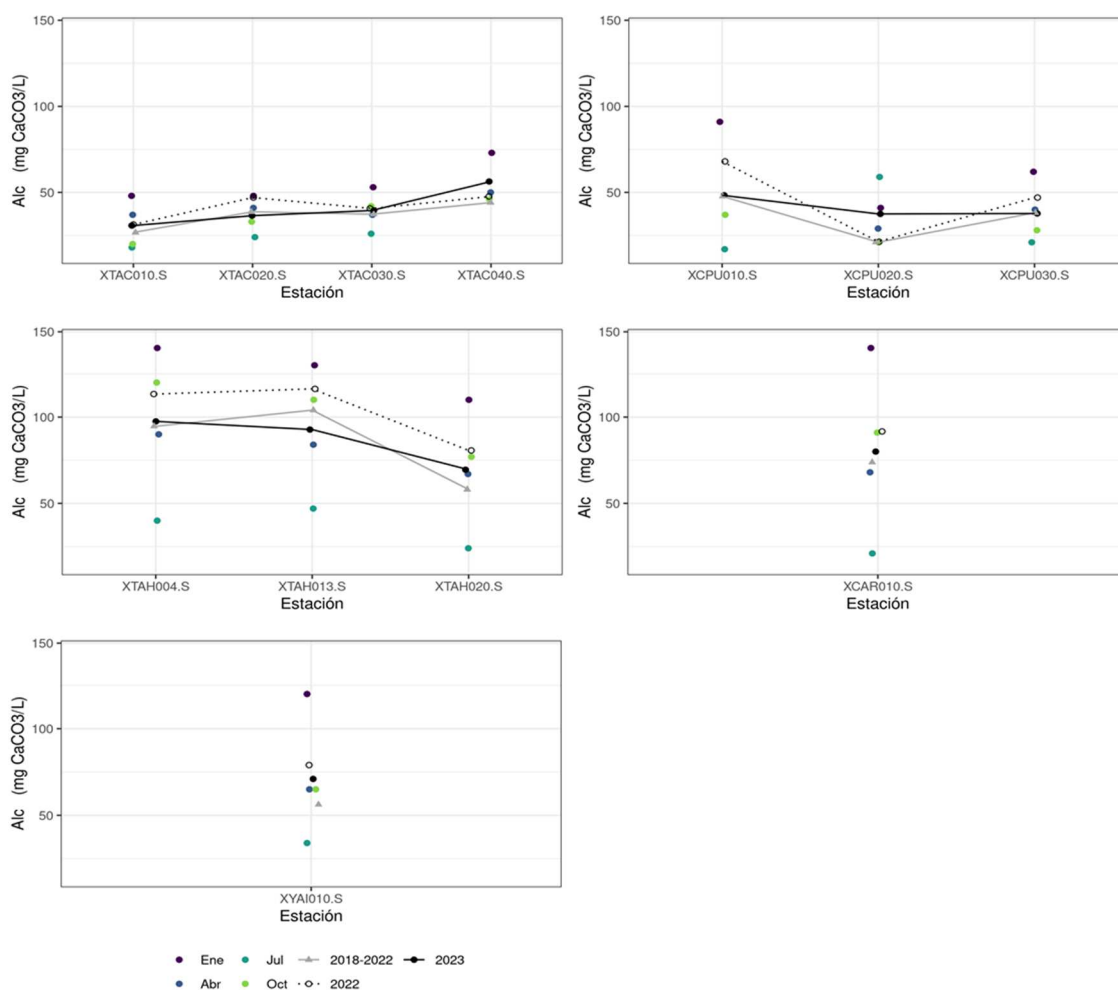


Figura 7. Variación espacial y temporal de la Alcalinidad total en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Alcalinidad para el año 2023, promedio para el año 2022, y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 9. Estadísticas básicas para los valores de alcalinidad. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	12	4	4
Unidad: mg/L					
MIN	18.0	17.0	24.0	21.0	34.0
MAX	73.0	91.0	140.0	140.0	120.0
PROM	39.7	40.5	86.6	80.0	71.0
MEDIANA	41.0	37.0	87.0	79.5	65.0
MIN > Estación - Mes	XTAC010.S - 7	XCPU010.S - 7	XTAH020.S - 7	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 7
MAX > Estación - Mes	XTAC040.S - 1	XCPU010.S - 1	XTAH004.S - 1	XCAR010.S - 1	XYAI010.S - 1

3.1.2.2. Sustancias fenólicas

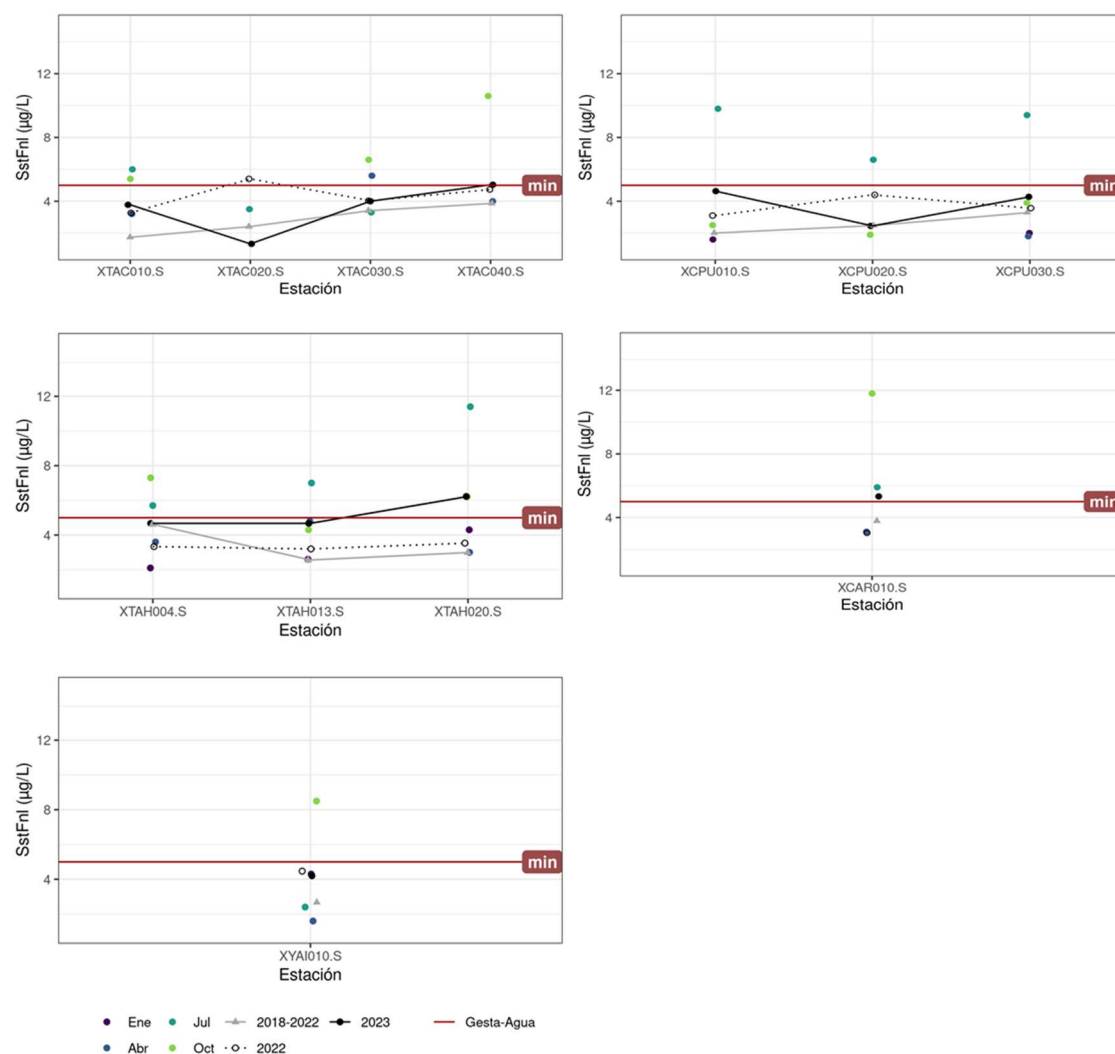


Figura 8. Variación espacial y temporal de la Sustancias fenólicas en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sustancias fenólicas para el año 2023, promedio para el año 2022, y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 10. Estadísticas básicas para los valores de Sustancias fenólicas. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar (STD) o valor guía (VG) de GESTA Agua 2014, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	12	4	4
Unidad:					
MIN	6.5	6.5	7.1	7.2	7.5
MAX	7.7	7.5	7.9	8.0	8.2
PROM	7.3	7.1	7.7	7.6	7.8
MEDIANA	7.4	7.2	7.8	7.6	7.7
MIN > Estación - Mes	XTAC010.S - 10	XCPU010.S - 1	XTAH004.S - 1 XTAH020.S - 4	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 7
MAX > Estación - Mes	XTAC040.S - 1	XCPU030 - 4 y 7	XTAH013.S - 1 y 7	XCAR010.S - 4	XYAI010.S - 4
STD y/o VG	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
No cumple (n)	0	0	0	0	0
No Cumple - Cumple (%)	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100

3.1.2.3. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

En la cuenca del río Tacuarembó grande, de los cuatro datos obtenidos de DBO₅, tres estuvieron por debajo de los límites de detección y cuantificación de la técnica analítica, y únicamente se registró un valor de 3.1 mg/L para la estación XTAC030.S en el mes de julio. Para el arroyo Cuñapirú los tres datos obtenidos presentaron valores cuantificables: 8.1 mg/L, 2.2 mg/L y 2.7 mg/L, en la estación XCPU010.S en los meses de enero, julio y octubre, respectivamente. Para el arroyo Tacuarembó chico, de los ocho datos obtenidos, tres estuvieron por debajo de los límites de detección y cuantificación de la técnica analítica. Por otro lado, se registraron cinco valores cuantificables para la estación XTAH013.S, presentando el mínimo en el mes de julio (2.1 mg/L) y el máximo en el mes de abril (6.8 mg/L). Por último, se registró un valor de 2.7 mg/L en la estación XTAH004.S en el mes de julio. Para los arroyos Caraguatá y Yaguarí no se contó con datos, debido a que esta variable no es analizada en estas estaciones.

En ningún caso se superó el valor de referencia establecido por el Decreto 253/79 y modificativos (10.0 mg/L).

3.1.2.4. Demanda química de oxígeno (DQO)

Para la cuenca del río Tacuarembó grande se registraron cuatro valores cuantificables de DQO, presentado el mínimo en el mes de octubre (19.0 mg/L) y el máximo en el mes de julio (28.0 mg/L), en la estación XTAC030.S. Para el caso del arroyo Cuñapirú, de los tres datos obtenidos, uno estuvo por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica en la estación XCPU010.S en el mes de octubre, mientras que los otros dos valores presentaron una concentración de 32.0 y 37.0 mg/L en la estación XCPU010.S, en los meses de enero y julio respectivamente. Por otro lado, para el arroyo Tacuarembó chico, de los siete valores obtenidos, dos estuvieron por debajo de los límites de detección y cuantificación de la técnica (XTAH004.S, enero y abril). De los valores cuantificables, el mínimo (19.0 mg/L) y el máximo (54.0 mg/L) se registraron en la estación XTAH013.S, en los meses de enero y octubre respectivamente. Por último, para los arroyos Caraguatá y Yaguarí no se contó con datos, debido a que esta variable no es analizada en estas estaciones.

3.1.3. Sólidos

3.1.3.1. Sólidos Totales Volátiles (STV)

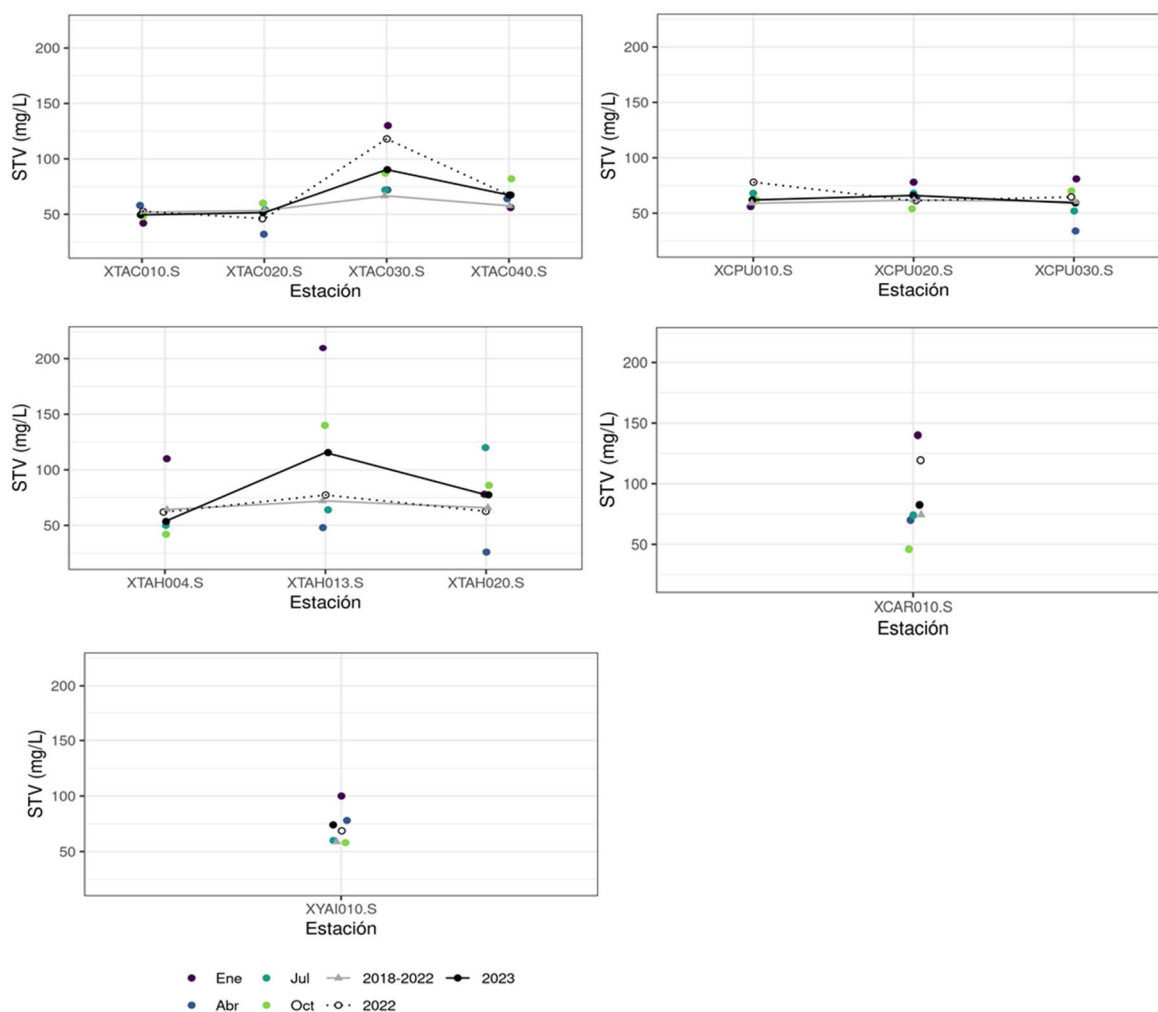


Figura 9. Variación espacial y temporal de Sólidos Totales Volátiles en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos Totales Volátiles para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 11. Estadísticas básicas para los valores de Sólidos Totales Volátiles. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caragatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	11	4	4
Unidad: mg/L					
MIN	32.0	34.0	26.0	46.0	58.0
MAX	130.0	81.0	210.0	140.0	100.0
PROM	64.5	62.5	88.5	82.5	74.0
MEDIANA	60.0	64.0	78.0	72.0	69.0
MIN > Estación - Mes	XTAC020.S - 4	XCPU030.S - 4	XTAH020.S - 4	XCAR010.S - 10	XYAI010.S - 10
MAX > Estación - Mes	XTAC030.S - 1	XCPU030.S - 1	XTAH013.S - 1	XCAR010 - 1	XYAI010.S - 1

3.1.3.2. Sólidos totales fijos (STF)

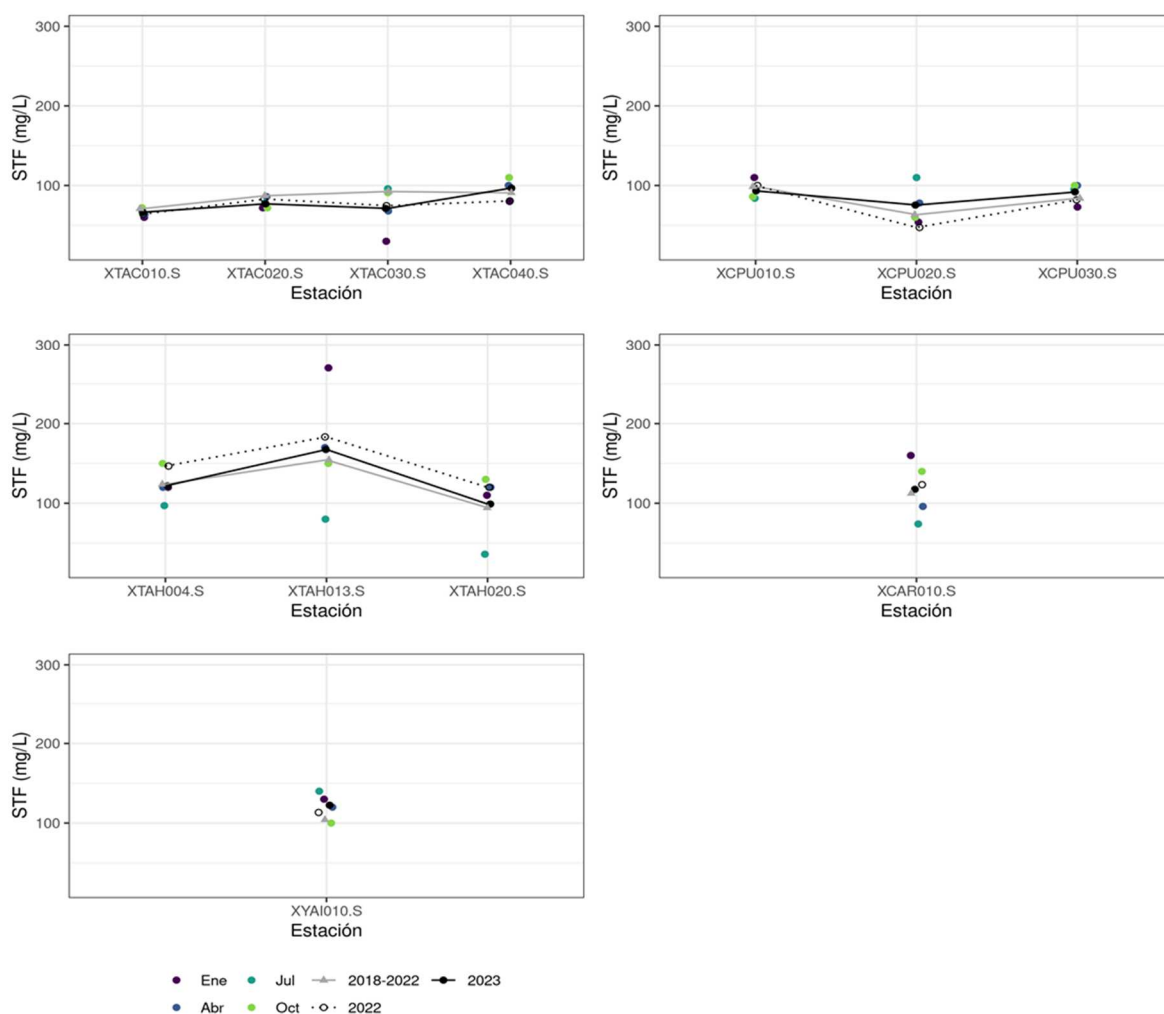


Figura 10. Variación espacial y temporal de Sólidos Totales Fijos en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos Totales Fijos para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 12. Estadísticas básicas para los valores de parámetro Sólidos Totales Fijos. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	12	4	4
Unidad: mg/L					
MIN	30.0	54.0	36.0	74.0	100.0
MAX	110.0	110.0	270.0	160.0	140.0
PROM	76.6	86.4	129.4	117.5	122.5
MEDIANA	72.0	86.0	120.0	118.0	125.0
MIN > Estación - Mes	XTAC030.S - 1	XCPU020.S - 1	XTAH020.S - 7	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 10
MAX > Estación - Mes	XTAC040.S - 10	XCPU010.S - 1 XCPU020.S - 7	XTAH013 - 1	XCAR010.S - 1	XYAI010.S - 7

3.1.3.3. Sólidos suspendidos totales (SST)

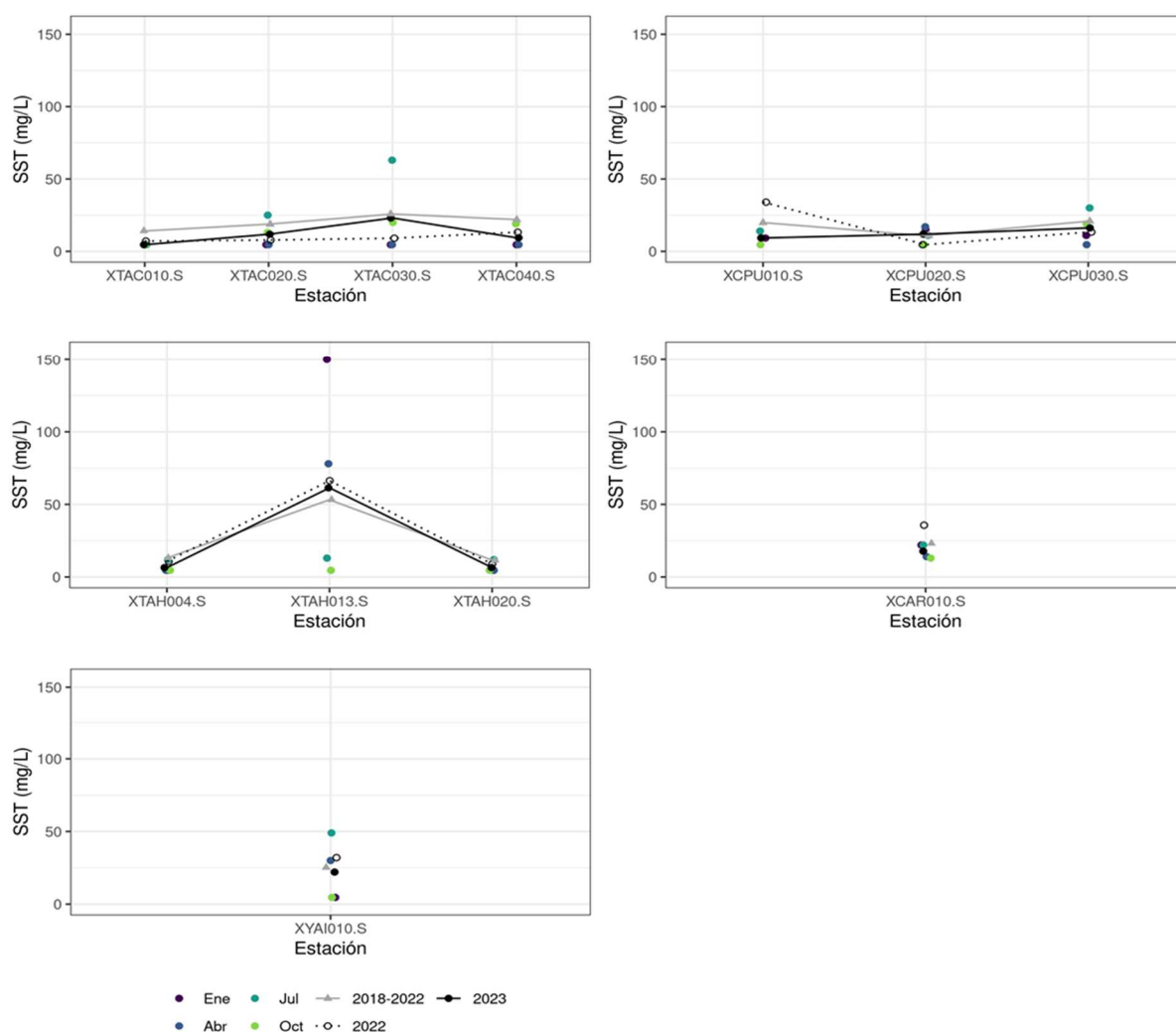


Figura 11. Variación espacial y temporal de Sólidos Suspendidos Totales en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos Suspendidos Totales para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 13. Estadísticas básicas para los valores de Sólidos Suspendidos Totales. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. MIN = Mínimo cuantificable.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caragatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	5	8	5	4	2
Unidad: mg/L					
MIN	13.0	9.2	12.0	13.0	30.0
MAX	63.0	30.0	150.0	22.0	49.0
PROM	25.3	18.0	36.1	17.8	31.8
MEDIANA	24.0	17.0	24.0	18.0	27.0
MIN > Estación - Mes	XTAC020.S - 10	XCPU010.S - 1	XTAH004.S - 7	XCAR010.S - 10	XYAI010.S - 4
MAX > Estación - Mes	XTAC030.S - 7	XCPU030.S - 7	XTAH013.S - 1	XCAR010.S - 1 y 7	XYAI010.S - 7

3.1.3.4. Sólidos Totales (ST)

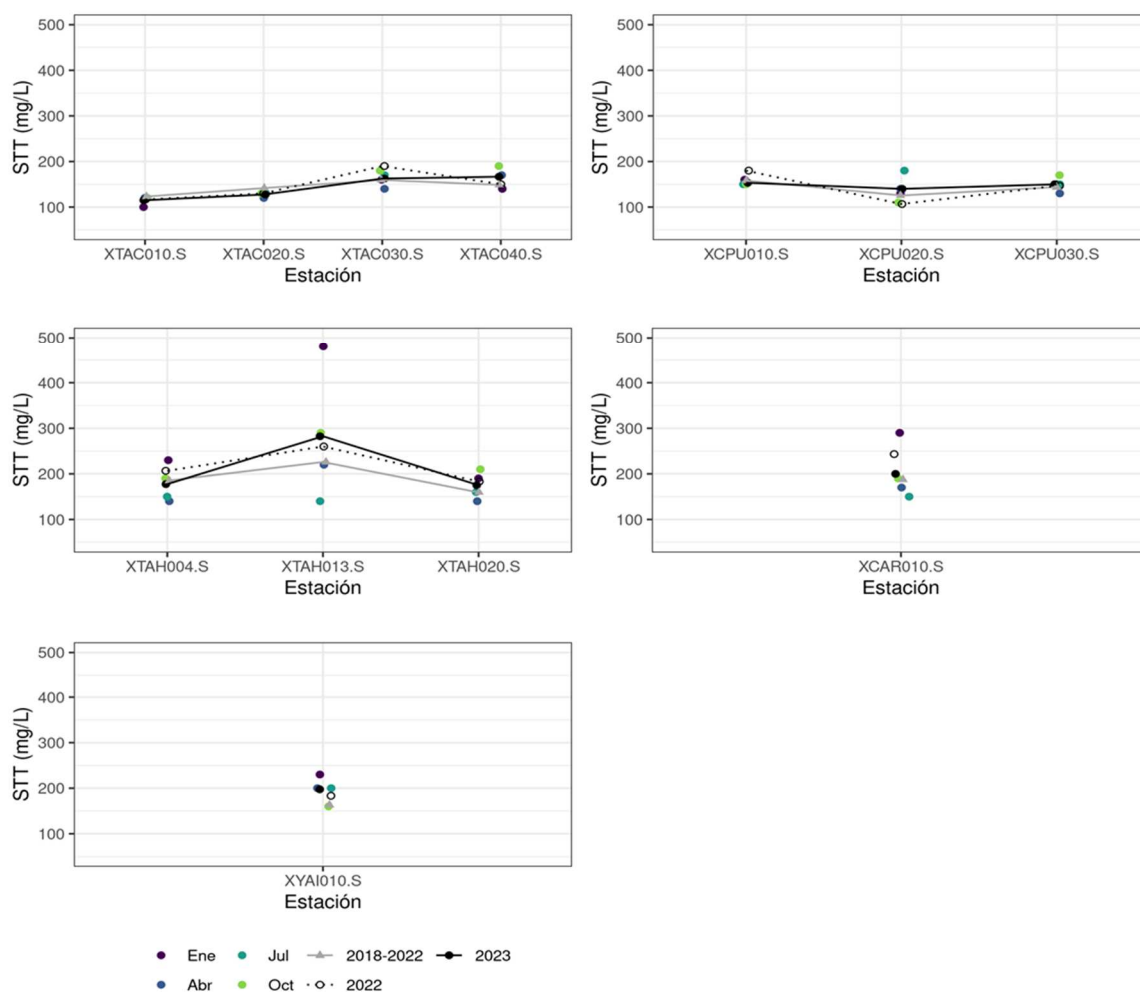


Figura 12. Variación espacial y temporal de Sólidos Totales en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos Totales para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 14. Estadísticas básicas para los valores de Sólidos totales. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	12	4	4
Unidad: mg/L					
MIN	100.0	110.0	140.0	150.0	160.0
MAX	190.0	180.0	480.0	290.0	230.0
PROM	141.3	147.3	211.7	200.0	197.5
MEDIANA	130.0	150.0	190.0	180.0	200.0
MIN > Estación - Mes	XTAC010.S - 1	XCPU020.S - 10	XTAH013.S - 1	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 10
MAX > Estación - Mes	XTAC040.S - 10	XCPU020 - 7	XTAH020.S - 4 XTAH013.S - 7	XCAR010.S - 1	XYAI010.S - 4 y 7

3.1.4 Metales

3.1.4.1 Iones mayoritarios

3.1.4.1.1. Calcio (Ca)

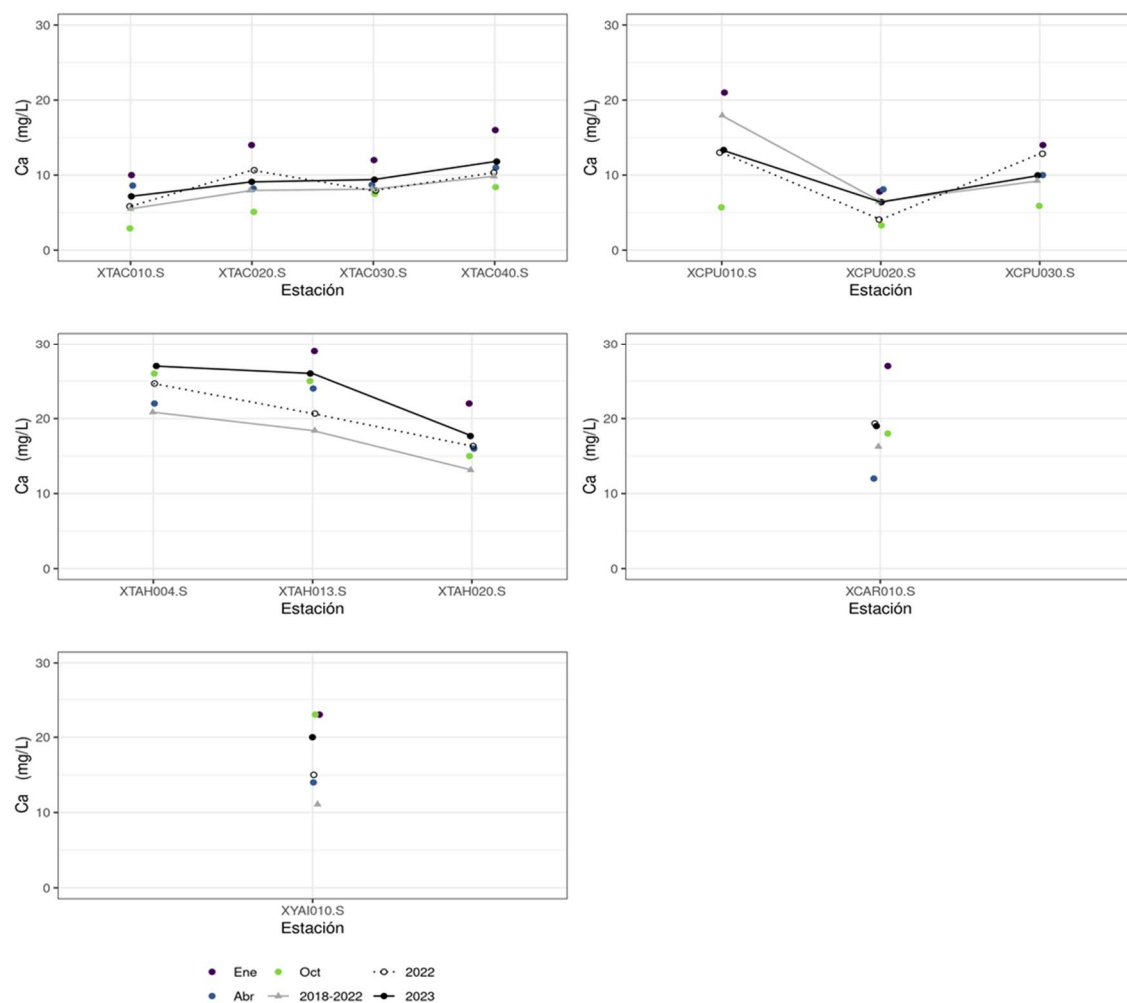


Figura 13. Variación espacial y temporal de Calcio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Calcio para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 15. Estadísticas básicas para los valores de Calcio. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguarí
n	12	8	9	3	3
Cuantificados	12	8	9	3	3
Unidad: mg/L					
MIN	2.9	3.3	15.0	12.0	14.0
MAX	16.0	21.0	33.0	27.0	23.0
PROM	9.4	9.5	23.6	19.0	20.0
MEDIANA	8.7	8.0	24.0	18.0	23.0
MIN > Estación - Mes	XTAC010.S - 10	XCPU020.S - 10	XTAH020.S - 10	XCAR010.S - 4	XYAI010.S - 4
MAX > Estación - Mes	XTAC040.S - 1	XCPU010.S - 1	XTAH004.S - 1	XCAR010.S - 1	XYAI010.S - 1 y 10

3.1.4.1.2. Magnesio (Mg)

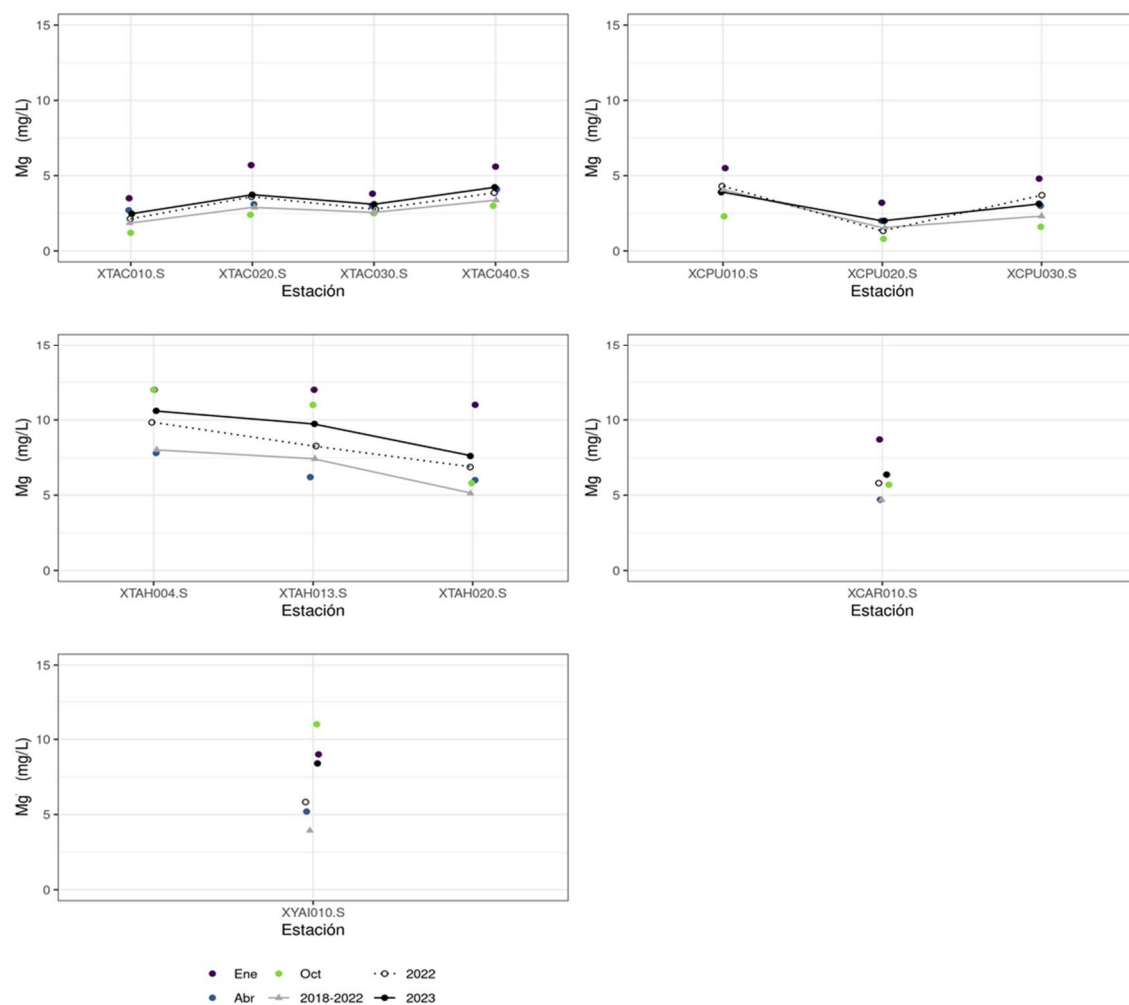


Figura 14. Variación espacial y temporal de Magnesio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Magnesio para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 16. Estadísticas básicas para los valores de Magnesio. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguarí
n	12	8	9	3	3
Cuantificados	12	8	9	3	3
Unidad: mg/L					
MIN	1.2	0.8	5.8	4.7	5.2
MAX	5.7	5.5	12.0	8.7	11.0
PROM	3.4	2.9	9.3	6.4	8.4
MEDIANA	3.1	2.7	11.0	5.7	9.0
MIN > Estación - Mes	XTAC010.S - 10	XCPU020.S - 10	XTAH020.S - 10	XCAR010.S - 4	XYAI010 - 4
MAX > Estación - Mes	XTAC020.S - 1	XCPU010.S - 1	XTAH004.S - 1 y 10 XTAH013.S - 1	XCAR010.S - 1	XYAI010 - 10

3.1.4.1.3. Potasio (K)

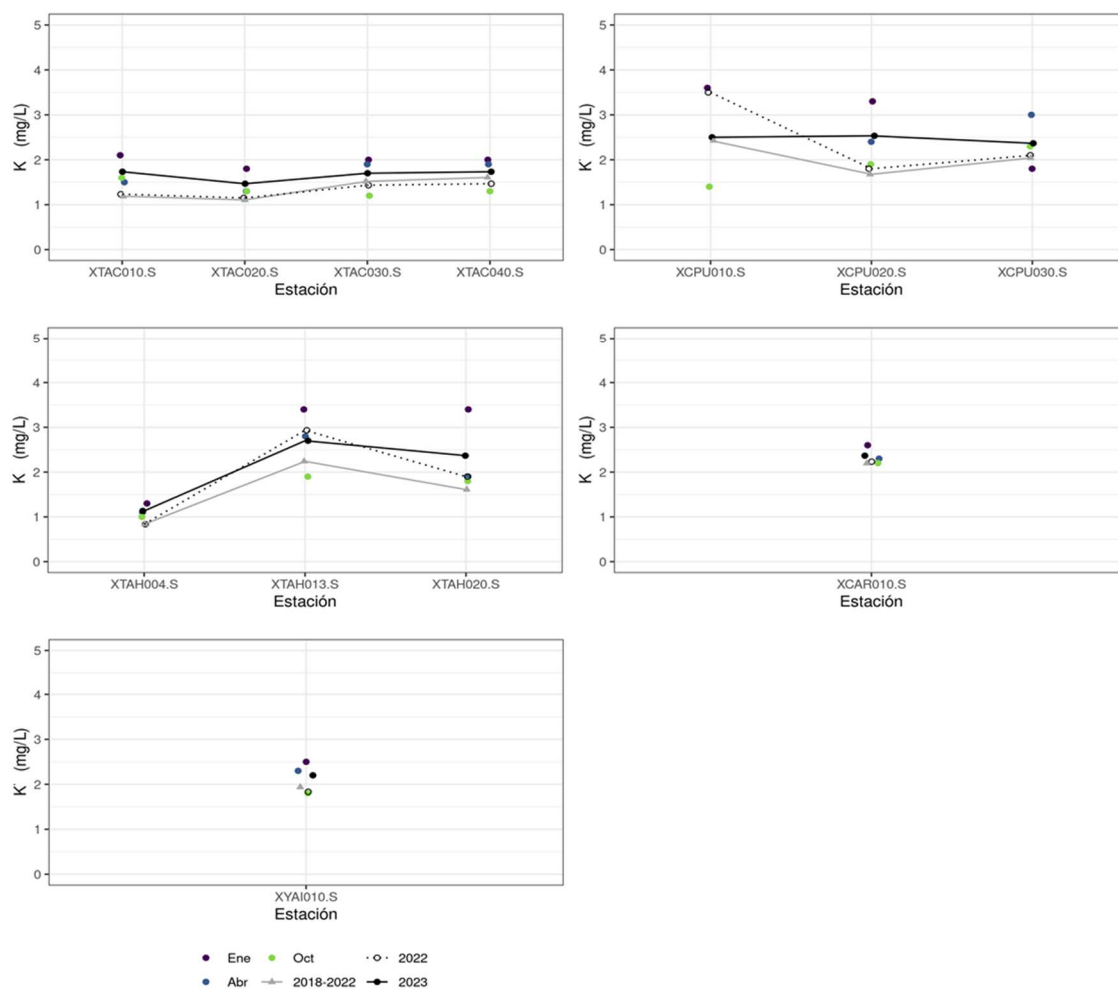


Figura 15. Variación espacial y temporal de Potasio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Potasio para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 17. Estadísticas básicas para los valores de Potasio. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caragatá	Arroyo Yaguarí
n	12	8	9	3	3
Cuantificados	12	8	9	3	3
Unidad: mg/L					
MIN	1.2	1.4	1.0	2.2	1.8
MAX	2.1	3.6	3.4	2.6	2.5
PROM	1.7	2.5	2.1	2.4	2.2
MEDIANA	1.7	2.4	1.9	2.3	2.3
MIN > Estación - Mes	XTAC030.S - 10	XCPU010.S - 10	XTAH004.S - 10	XCAR010.S - 10	XYAI010.S - 10
MAX > Estación - Mes	XTAC010.S - 1	XCPU010.S - 1	XTAH013.S ; XTAH020.S - 1	XCAR010.S - 1	XYAI010.S - 1

3.1.4.1.4. Sodio (Na)

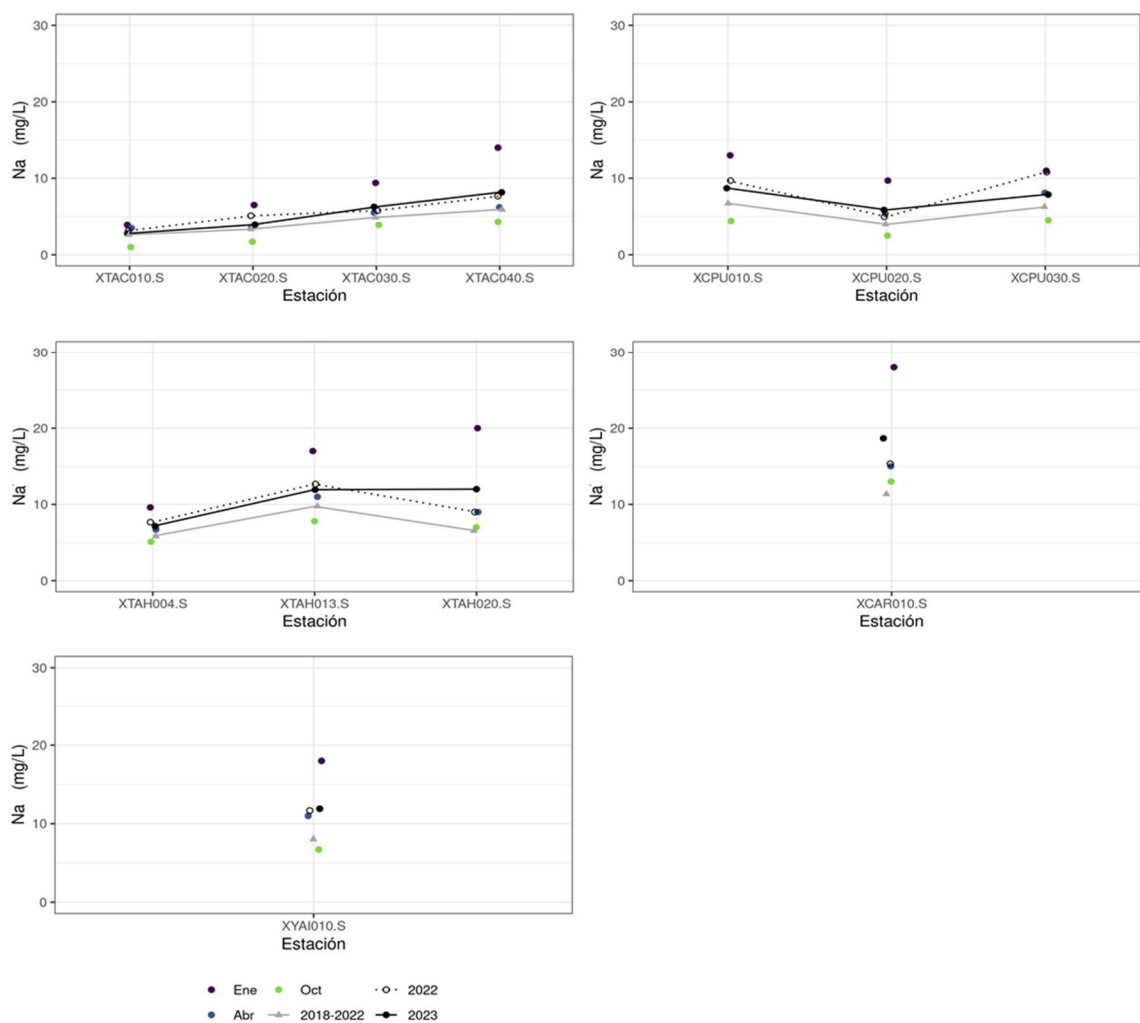


Figura 16. Variación espacial y temporal de Sodio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sodio para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 18. Estadísticas básicas para los valores de Sodio. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguarí
n	12	8	9	3	3
Cuantificados	12	8	9	3	3
Unidad: mg/L					
MIN	1.0	2.5	5.1	13.0	6.7
MAX	14.0	13.0	20.0	28.0	18.0
PROM	5.3	7.3	10.4	18.7	11.9
MEDIANA	4.1	6.8	9.0	15.0	11.0
MIN > Estación - Mes	XTAC010.S - 10	XCPU020.S - 10	XTAH004 - 10	XCAR010.S - 10	XYAI010.S - 10
MAX > Estación - Mes	XTAC040.S - 1	XCPU010.S - 1	XTAH020.S - 1	XCAR010.S - 1	XYAI010.S - 1

3.1.4.2. Metales pesados

3.1.4.2.1. Mercurio (Hg)

Se registró un solo valor cuantificable de mercurio en toda la cuenca del río Tacuarembó en la estación XCAR010.S en el mes octubre (0.00019 mg/L). En este contexto, el resto de los valores estuvieron por debajo de los límites de cuantificación y detección de la técnica. En su totalidad las concentraciones se encuentran por debajo del límite estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos (<0.0002 mg/L). Por otro lado, este valor se encuentra por encima del valor límite estándar de 0.0001 mg/L sugerido por el GESTA Agua en 2014.

3.1.5. Cianuro Total (CN total)

Todos los valores obtenidos para esta variable estuvieron por debajo del límite de detección de la técnica. Todos los valores se encuentran por debajo del estándar mínimo de 20 mg/L sugerido por GESTA Agua en 2014.

3.1.6. Arsénico (As)

Para el caso de la cuenca del río Tacuarembó grande, únicamente en dos oportunidades fueron registradas concentraciones cuantificables de Arsénico, ambas en el mes de enero, en las estaciones XTAC030.S (0.0026 mg/L) y XTAC040.S (0.0029 mg/L), mientras que el resto de los valores estuvieron por debajo del límite de cuantificación de la técnica. Para el caso del arroyo Cuñapirú, únicamente se registraron concentraciones cuantificables en el mes de enero en todas las estaciones monitoreadas; XCPU010.S (0.0034 mg/L), XCPU020.S (0.0024 mg/L) y XCPU030.S (0.0026 mg/L). El resto de las concentraciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación de la técnica. Para el caso de la cuenca del arroyo Tacuarembó chico únicamente se registró un valor cuantificable en el mes de enero en la estación XTAH020.S (0.0032 mg/L), y el resto de las concentraciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación. Para el caso del arroyo Caraguatá, la concentración máxima se registró en el mes de enero (0.0052 mg/L) y la mínima en octubre (0.0027 mg/L). Por último, para el arroyo Yaguarí fueron registradas dos concentraciones cuantificables en el mes de enero (0.055 mg/L) y en el mes de abril (0.023 mg/L). En este sentido, en dos oportunidades se superó el valor establecido por el Decreto 253/79 y modificativos (<0.005 mg/L).

3.1.7. Nutrientes

3.1.7.1. Nitrito (NO₂)

Las concentraciones de Nitritos en las cuencas del río Tacuarembó grande, arroyos Caraguatá y Yaguarí estuvieron por debajo de los límites de cuantificación y detección de la técnica. Para el caso del arroyo Cuñapirú únicamente se registró una concentración cuantificable en la estación XCPU020.S en el mes de julio (0.05 mg/L), y el resto de las concentraciones estuvieron por debajo de los límites de cuantificación y detección. Por último, para el caso del arroyo Tacuarembó chico se registraron dos concentraciones cuantificables en el mes de abril para las estaciones XTAH020.S (0.06 mg/L) y XTAH013.S (0.11 mg/L), y el resto de las concentraciones estuvieron por debajo de los límites de detección y cuantificación. En este sentido, en una única oportunidad se superó el valor límite sugerido por el Decreto 253/79 y modificativos, y el GESTA Agua 2014 (0.1 mg/L).

3.1.7.2. Nitrato (NO₃)

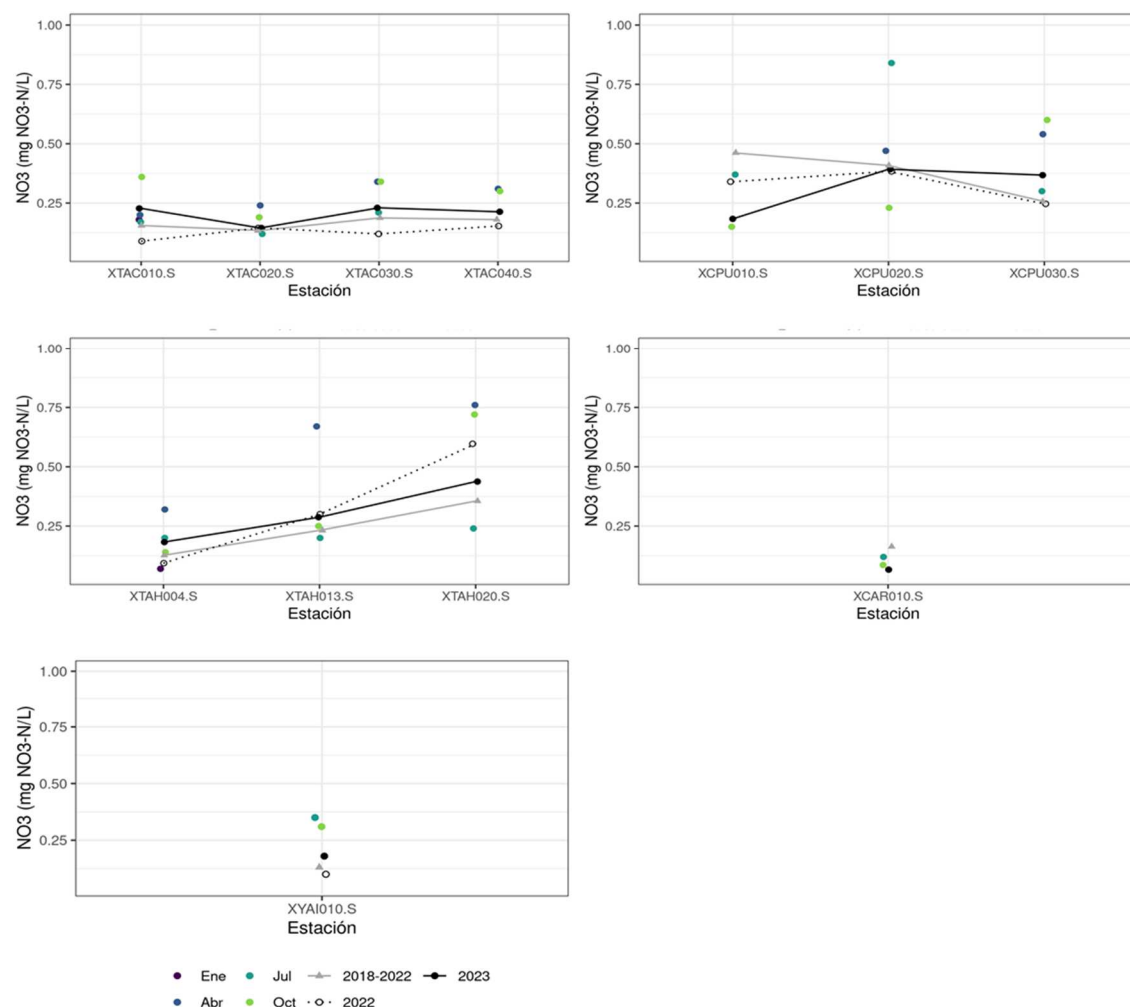


Figura 17. Variación espacial y temporal de Nitrato en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Nitrato para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 19. Estadísticas básicas para los valores del parámetro Nitrato. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) del Decreto 253/79 y modificativos* y valor guía (VG) GESTA Agua 2014**, cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min= mínimo cuantificable.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguari
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	12	8	10	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	0.12	0.15	0.07	0.09	0.31
MAX	0.36	0.84	0.76	0.12	0.35
PROM	0.20	0.33	0.30	0.07	0.18
MEDIANA	0.20	0.30	0.22	0.06	0.17
MIN > Estación - Mes	XTAC020.S - 7	XCPU010.S - 10	XTAH004.S - 1	XCAR010.S - 10	XYAI010.S - 10
MAX > Estación - Mes	XTAC010.S - 10	XCPU020.S - 7	XTAH020.S - 4	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 7
STD y/o VG	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*
	<5**	<5**	<5**	<5**	<5**
No Cumple (N)	0*	0*	0*	0*	0*
	0**	0**	0**	0**	0**
No Cumple - Cumple (%)	0 - 100*	0 - 100*	0 - 100*	0 - 100*	0 - 100*
	0 - 100**	0 - 100**	0 - 100**	0 - 100**	0 - 100**

3.1.7.3. Amoníaco libre (NH₃)

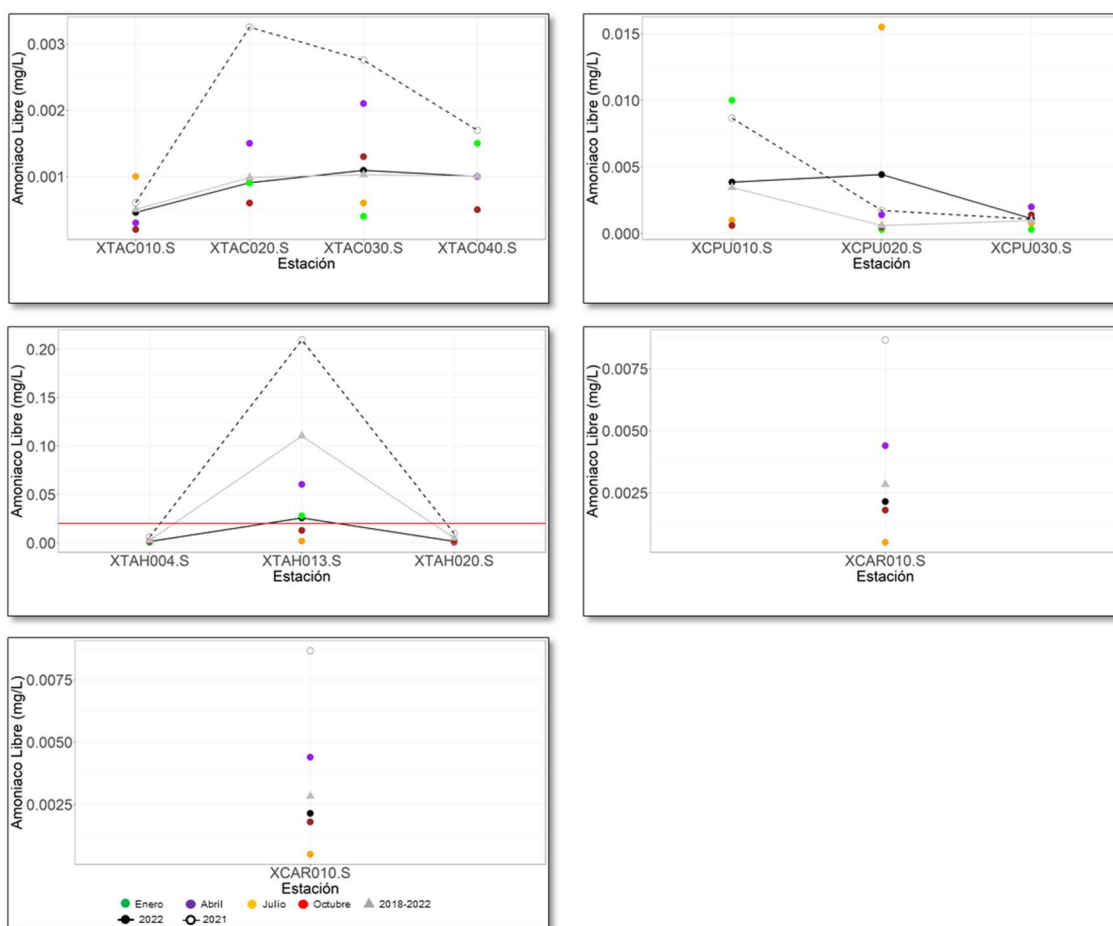


Figura 18. Variación espacial y temporal de Amonio libre en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Amonio libre para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 20. Estadísticas básicas para los valores de Amonio libre. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) del Decreto 253/79 y modificativos, valor guía (VG), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caragatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	12	4	4
Unidad: mg/L					
MIN	0.0002	0.0003	0.0005	0.0005	0.0009
MAX	0.0021	0.0155	0.0603	0.0044	0.0112
PROM	0.0009	0.0031	0.0095	0.0021	0.0038
MEDIANA	0.0006	0.0010	0.0018	0.0018	0.0015
MIN > Estación - Mes	XTAC010.S - 10	XCPU030.S - 1	XTAH004.S - 1	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 7
MAX > Estación - Mes	XTAC030.S - 4	XCPU020.S - 7	XTAH013.S - 4	XCAR010.S - 4	XYAI010.S - 4
STD y/o VG	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
No Cumple STD (n)	0	0	2	0	0
No Cumple (%) - Cumple (%)	0 - 100	0 - 100	17 - 83	0 - 100	0 - 100

3.1.7.4. Nitrógeno amoniacal (NH₄)

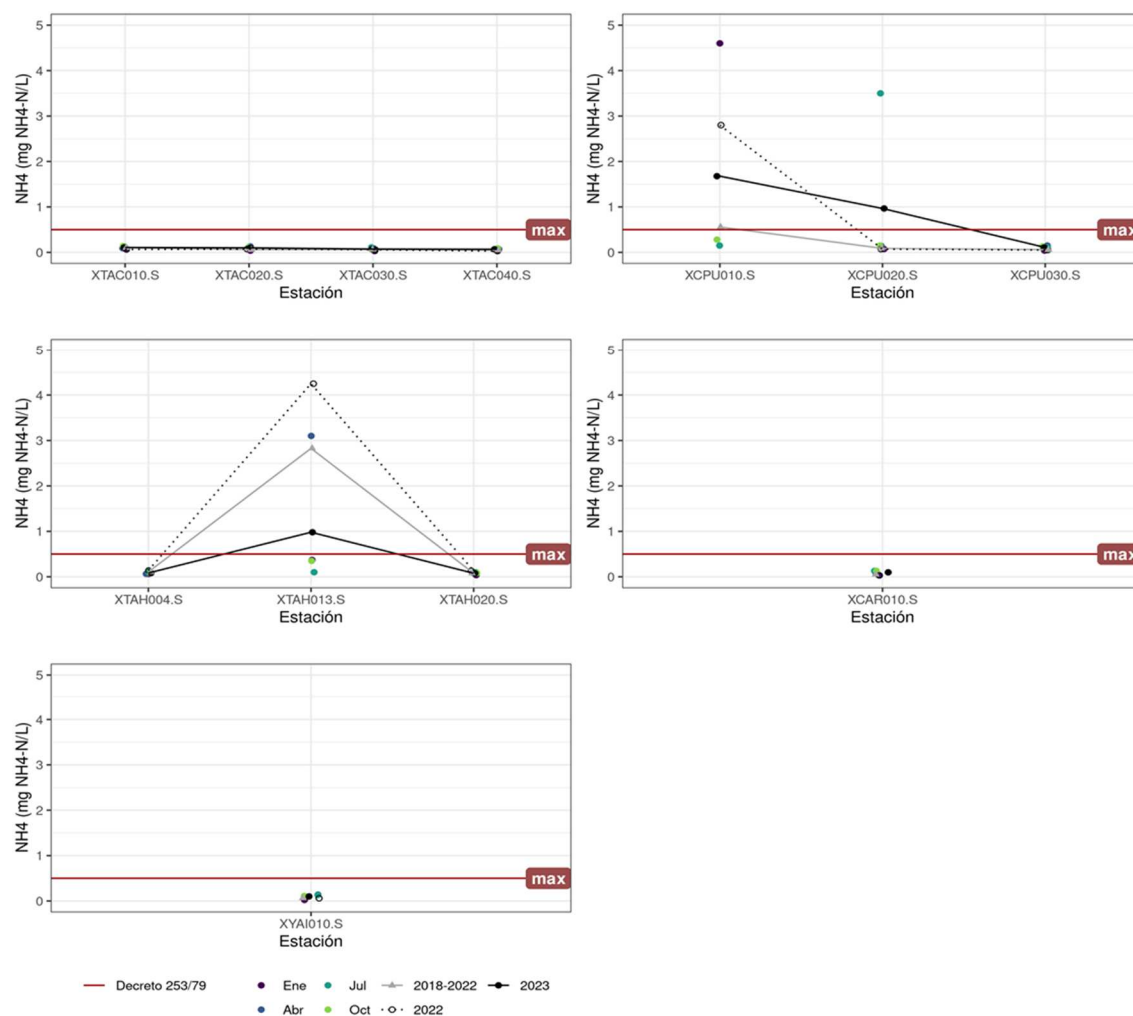


Figura 19. Variación espacial y temporal de Nitrógeno amoniacal en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Nitrógeno amoniacal para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 21. Estadísticas básicas de los valores de Nitrógeno amoniacal. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar (STD), valor guía (VG) del GESTA Agua 2014, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	12	4	4
Unidad: mg/L					
MIN	0.028	0.040	0.036	0.040	0.023
MAX	0.140	4.600	3.100	0.130	0.140
PROM	0.088	0.847	0.380	0.098	0.101
MEDIANA	0.088	0.150	0.095	0.110	0.120
MIN > Estación - Mes	XTAC030.S - 1	XCPU030.S - 1	XTAH020.S - 1	XCAR010.S - 1	XYAI010.S - 1
MAX > Estación - Mes	XTAC010.S - 10	XCPU010.S - 1	XTAH013.S - 4	XCAR010.S - 7 y 10	XYAI010.S - 4
STD y/o VG	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5
No Cumple STD (n)	0	2	1	0	0
No Cumple (%) - Cumple (%)	0 - 100	18.2 - 81.8	8.3 - 91.7	0 - 100	0 - 100

3.1.7.5. Nitrógeno Total (NT)

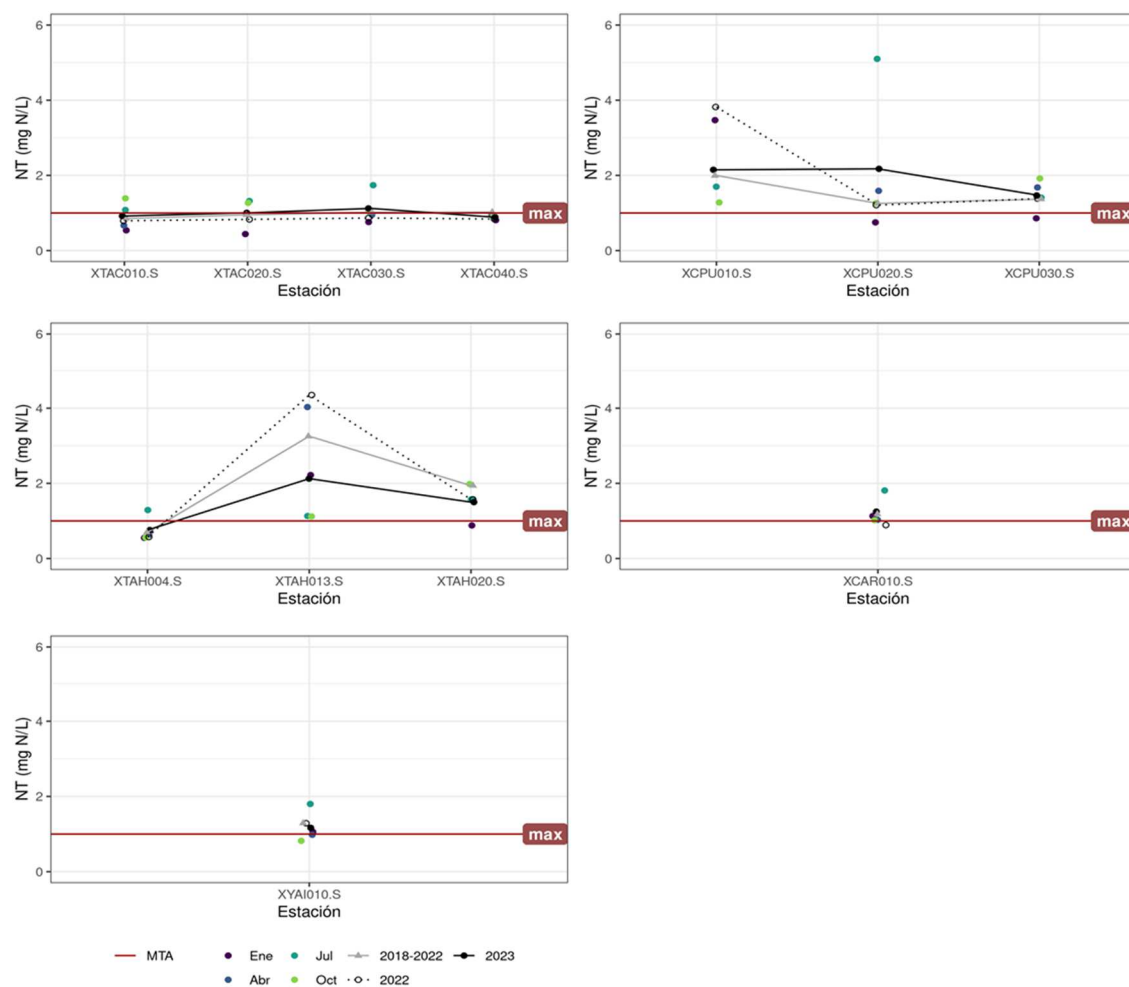


Figura 20. Variación espacial y temporal de Nitrógeno Total en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Nitrógeno total para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 22. Estadísticas básicas para los valores de Nitrógeno Total. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar (STD), valor guía (VG) de la Mesa Técnica del Agua (MTA), cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	12	4	4
Unidad: mg/L					
MIN	0.44	0.75	0.55	1.02	0.82
MAX	1.74	5.10	4.03	1.81	1.80
PROM	0.99	1.91	1.46	1.25	1.17
MEDIANA	0.95	1.59	1.21	1.08	1.02
MIN > Estación - Mes	XTAC020.S - 1	XCPU020.S - 1	XTAH004.S - 1	XCAR010.S - 10	XYAI010.S - 10
MAX > Estación - Mes	XTAC030.S - 7	XCPU020.S - 7	XTAH013.S - 4	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 7
STD y/o VG	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
No Cumple STD (n)	6	9	8	4	2
No Cumple (%) - Cumple (%)	40 - 60	82 - 18	67 - 33	100 - 0	50 - 50

3.1.7.6. Fosfatos (PO₄)

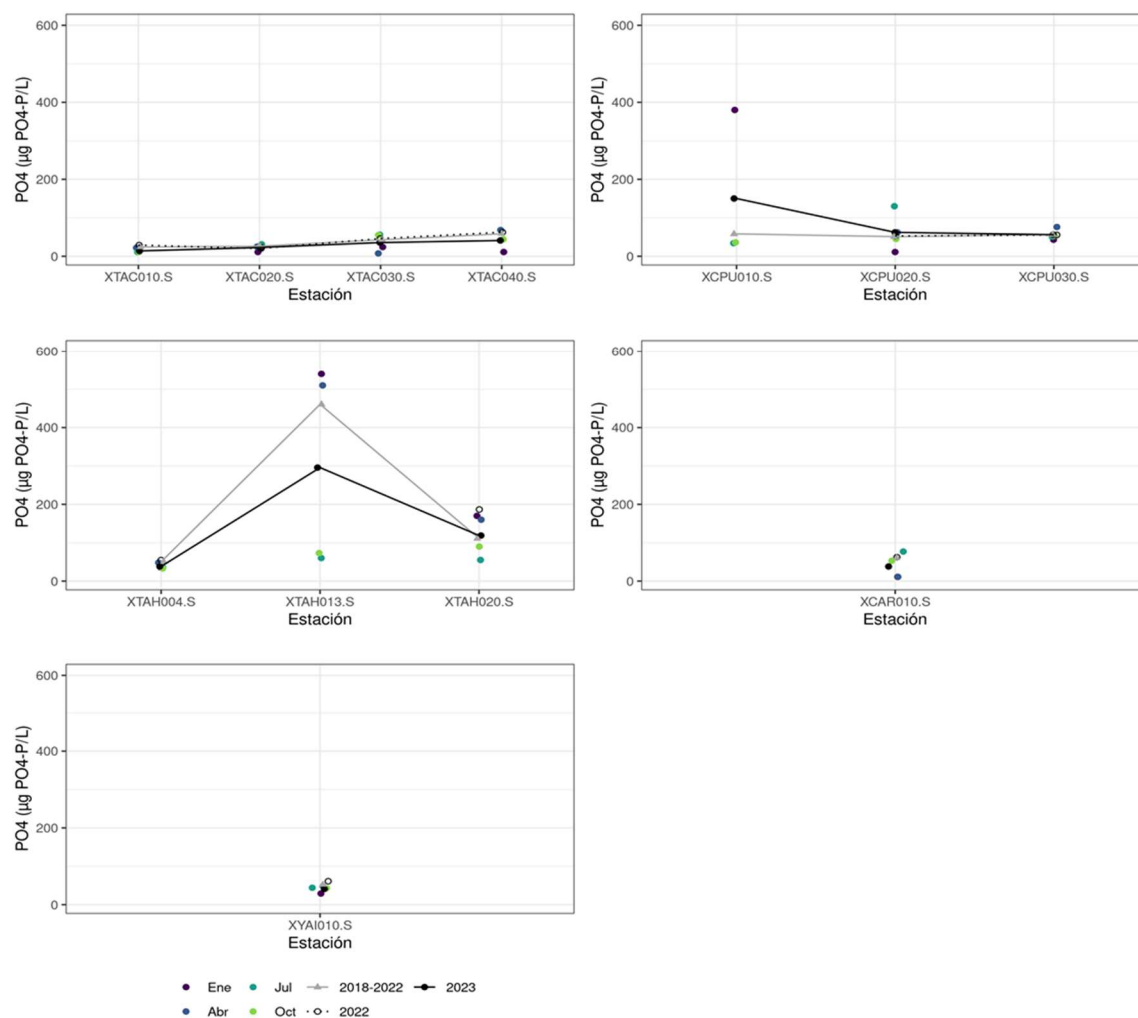


Figura 21. Variación espacial y temporal de Fosfatos en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Fosfatos para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 23. Estadísticas básicas para los valores de Fosfato. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Min= Mínimo cuantificable.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caragatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	9	10	12	2	4
Unidad: µg/L					
MIN	22.0	34.0	33.0	53.0	29.0
MAX	68.0	380.0	540.0	77.0	48.0
PROM	27.4	83.8	150.9	38.0	41.0
MEDIANA	24.0	51.0	66.5	32.0	43.5
MIN > Estación - Mes	XTAC030.S - 4	XCPU020.S - 7	XTAH004.S - 10	XCAR010.S - 10	XYAI010.S - 1
MAX > Estación - Mes	XTAC040.S - 4	XCPU010.S - 1	XTAH013.S - 1	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 4

3.1.7.7. Fósforo Total (PT)

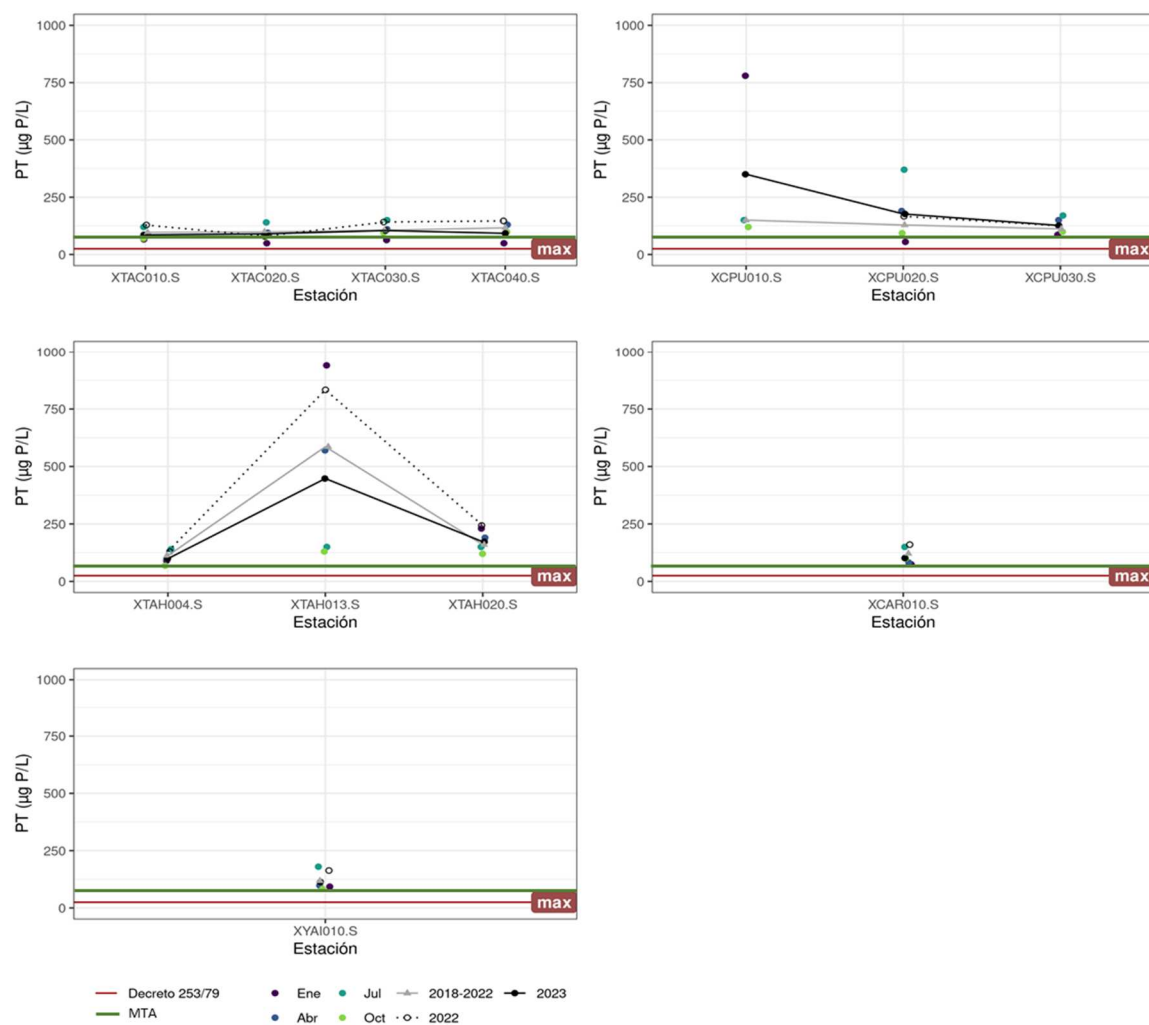


Figura 22. Variación espacial y temporal de Fósforo Total en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Fósforo Total para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 24. Estadísticas básicas de los valores de Fósforo Total. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) del Decreto 253/79 y modificativos* y valor guía (VG) de la Mesa Técnica del Agua (MTA)**, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caragatá	Arroyo Yaguarí
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	15	11	12	4	4
Unidad: µg/L					
MIN	49.0	55.0	68.0	74.0	83.0
MAX	150.0	780.0	940.0	150.0	180.0
PROM	93.1	205.7	239.7	101.5	113.5
MEDIANA	95.0	150.0	145.0	91.0	95.5
MIN > Estación - Mes	XTAC020.S; XTAC040.S - 1	XCPU020.S - 1	XTAH004.S - 10	XCAR010.S - 1	XYAI010.S - 10
MAX > Estación - Mes	XTAC030.S - 7	XCPU010.S - 1	XTAH013.S - 1	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 7
STD y/o VG	< 25*	< 25*	< 25*	< 25*	< 25*
	< 70**	< 70**	< 70**	< 70**	< 70**
No cumple STD (n)	15*	11*	12*	4*	4*
	11**	10**	11**	4**	4**
No Cumple (%) - Cumple (%)	100 - 0*	100 - 0*	100 - 0*	100 - 0*	100 - 0*
	73 - 23**	91 - 8**	92 - 8**	100 - 0**	100 - 0**

3.1.8. Variables Biológicas

3.1.8.1. Coliformes Termotolerantes (CT)

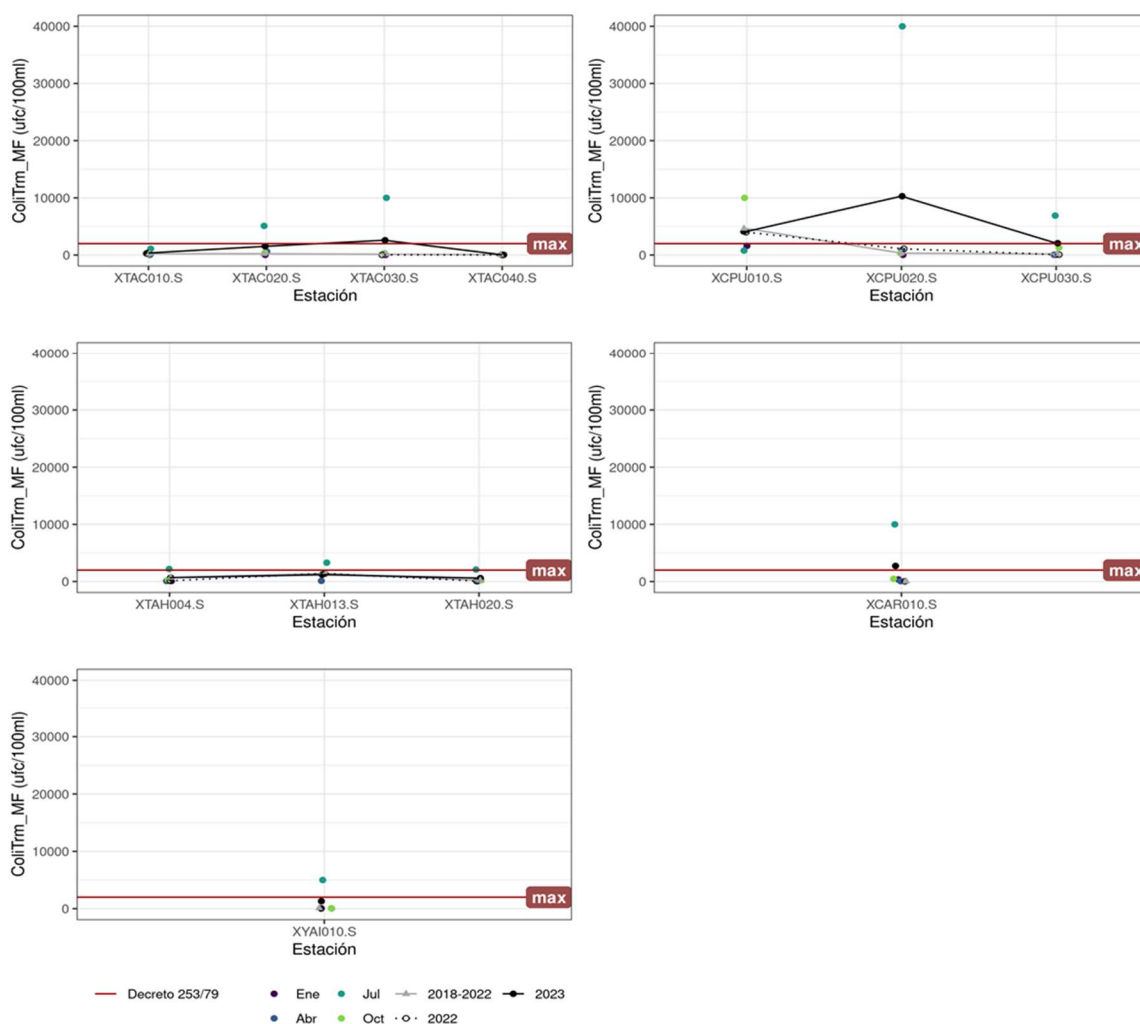


Figura 23. Variación espacial y temporal de Coliformes termotolerantes en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Coliformes termotolerantes para el año 2023, promedio para el año 2022 y promedio para los 5 años precedentes 2018-2022.

Tabla 25. Estadísticas básicas para los valores de Coliformes termotolerantes. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) del Decreto 253/79 y modificativos, y valor guía (VG) cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor. Min = Mínimo cuantificado.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguari
n	15	11	12	4	4
Cuantificados	14	11	10	4	4
Unidad: UFC/mL					
MIN	24.0	24.0	70.0	72.0	55.0
MAX	10000.0	40000.0	3300.0	10000.0	5000.0
PROM	1203.2	5620.6	993.3	2730.5	1301.3
MEDIANA	86.0	810.0	275.0	425.0	75.0
MIN > Estación - Mes	XTAC020.S - 1XTAC040.S - 4	XCPU020.S - 1	XTAH020.S - 4	XCAR010.S - 4	XYAI010.S - 4
MAX > Estación - Mes	XTAC030.S - 7	XCPU020.S - 7	XTAH013 - 7	XCAR010.S - 7	XYAI010.S - 7
STD y/o VG	≤ 2000	≤ 2000	≤ 2000	≤ 2000	≤ 2000
	2	3	3	1	1
No Cumple (%) - Cumple (%)	14.3 - 85.7	27 - 73	25 - 75	25 - 75	25 - 75

*Se toma el valor puntual del decreto 253/79 (2000 UFC/mL).

3.1.8.2. Clorofila-*a*

Para el período evaluado en este informe, las concentraciones de Clorofila *a* únicamente fueron obtenidas en los meses de enero y octubre. En el caso de la cuenca del río Tacuarembó grande se obtuvieron dos valores cuantificables en el mes de enero en las estaciones XTAC040.S (5.6 µg/L) y XTAC030.S (2.8 µg/L), y un valor cuantificable en el mes de octubre en la estación XTAC040.S (3.5 µg/L). El resto de los valores estuvieron entre el límite de cuantificación y detección, y por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica. Para el caso del arroyo Cuñapirú, en el mes de enero se obtuvieron valores cuantificables en todas las estaciones monitoreadas; XCPU010.S (16.0 µg/L), XCPU020.S (11.0 µg/L), y XCPU030.S (5.5 µg/L), y en el mes de octubre únicamente se registró un valor cuantificable en la estación XCPU010.S (2.5 µg/L), los demás valores estuvieron entre el límite de cuantificación y detección. Para el caso del arroyo Tacuarembó chico tanto en los meses de enero y octubre se registraron valores cuantificables en las estaciones XTAH013.S (58.0 y 9.8 µg/L, respectivamente) y XTAH020.S (4.6 y 2.7 µg/L, respectivamente), en la estación XTAH004.S las concentraciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación y detección. Por otro lado, para el caso del arroyo Caraguatá se registraron concentraciones cuantificables tanto en el mes de enero (18.0 µg/L), como en octubre (8.5 µg/L). Por último, para el arroyo Yaguarí se registraron concentraciones cuantificables tanto en enero (11.0 µg/L), como en octubre (5.4 µg/L).

De acuerdo con los resultados obtenidos en una oportunidad se superó el límite sugerido por la Mesa Técnica del Agua (2017) de 30 µg/L.

3.1.8.3. Feofitina

Para el período evaluado en este informe, únicamente se registraron dos concentraciones cuantificables de feofitina en el mes de enero, en las estaciones XCPU020.S (8.0 µg/L) y XTAH013.S (35.0 µg/L). El resto de los valores estuvieron por debajo del límite de cuantificación y detección. Por último, en el mes de octubre, todas las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección y entre el límite de detección y cuantificación de la técnica analítica.

3.1.9. AOX

Para el caso de las concentraciones de AOX, en la cuenca del río Tacuarembó grande únicamente se registraron dos valores cuantificables en las estaciones XTAC030.S en el mes de enero (27.0 µg/L), y en la estación XTAC040.S el mes de octubre (36.0 µg/L), el resto de las concentraciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación y detección de la técnica. Para el caso de la cuenca del arroyo Cuñapirú únicamente se registró un valor cuantificable en la estación XCPU030.S en el mes de octubre (36.0 µg/L), el resto de las concentraciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación y detección de la técnica. Para el caso de la cuenca del arroyo Tacuarembó chico en el mes de enero se registraron concentraciones cuantificables en todas las estaciones de monitoreo XTAH004.S (22.0 µg/L), XTAH013.S (18.0 µg/L) y XTAH020.S (25.0 µg/L), por otro lado, en el mes de abril únicamente se registró un valor cuantificable en la estación XTAH004.S (31.0 µg/L), en el resto de las estaciones y en el mes de octubre todas las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección y cuantificación de la técnica. Para el caso del arroyo Caraguatá se registró un único valor cuantificable en el mes de febrero (19.0 µg/L). Por último, para el caso del arroyo Yaguarí se registró un único valor cuantificable en el mes de enero (22.0 µg/L).

De acuerdo con estos resultados, en cinco oportunidades no se cumplió con el límite de 25 µg/L, establecido por la República Federal Alemana.

3.1.10. Fitosanitarios

3.1.10.1. Glifosato

Para el caso del Glifosato, únicamente se registraron concentraciones cuantificables en el mes de enero en cinco estaciones de monitoreo: XTAC010.S (36.6 µg/L), XCPU020.S (14.2 µg/L), XCPU030.S (20.5 µg/L), XCAR010.S (46.4 µg/L) y XYAI010.S (51.7 µg/L). En el resto de las estaciones de monitoreo las concentraciones de Glifosato estuvieron por debajo del límite de cuantificación y detección. Asimismo, en los meses de abril y octubre todas las concentraciones estuvieron por debajo de los límites de cuantificación y detección de la técnica analítica.

En ningún caso se supera la concentración estándar máxima de 65 µg/L sugerido por GESTA Agua en 2014.

3.1.10.2. AMPA

Para el caso de las concentraciones de AMPA se cuenta con datos del mes de agosto, donde todos los valores estuvieron por debajo del límite de detección de la técnica.

3.1.11. Índices de calidad

3.1.11.1. IET

La aplicación del IET para las diferentes subcuencas del río Tacuarembó en el período 2023 muestra que, de las doce estaciones pertenecientes al programa de monitoreo, una presentó un estado supereutrófico, cuatro presentaron un estado eutrófico y siete un estado mesotrófico.

En toda la extensión del río Tacuarembó grande se observa un estado mesotrófico. A lo largo de toda la extensión de los arroyos Caragatá y Yaguarí se observa un estado mesotrófico. En el arroyo Tacuarembó chico se distinguen diferentes estados tróficos; en el tramo inicial (XTAH004.S) se presenta un estado mesotrófico, en el tramo medio (XTAH013.S) presenta un estado supereutrófico, y en el tramo final (XTAH020.S) presenta un estado eutrófico. Por último, en el arroyo Cuñapirú en toda su extensión presentó un estado eutrófico (Figura 24, Tabla 28).

Tabla 26. Resultado de la aplicación de IET en las estaciones de monitoreo de la cuenca del río Tacuarembó.

Año	XTAC010.S	XTAC020.S	XTAC030.S	XTAC040.S	XCPU010.S	XCPU020.S	XCPU030.S	XTAH004.S	XTAH013.S	XTAH020.S	XCAR010.S	XYAI010.S
2023	57	57	58	57	62	59,5	58,9	58	64	61	58	58

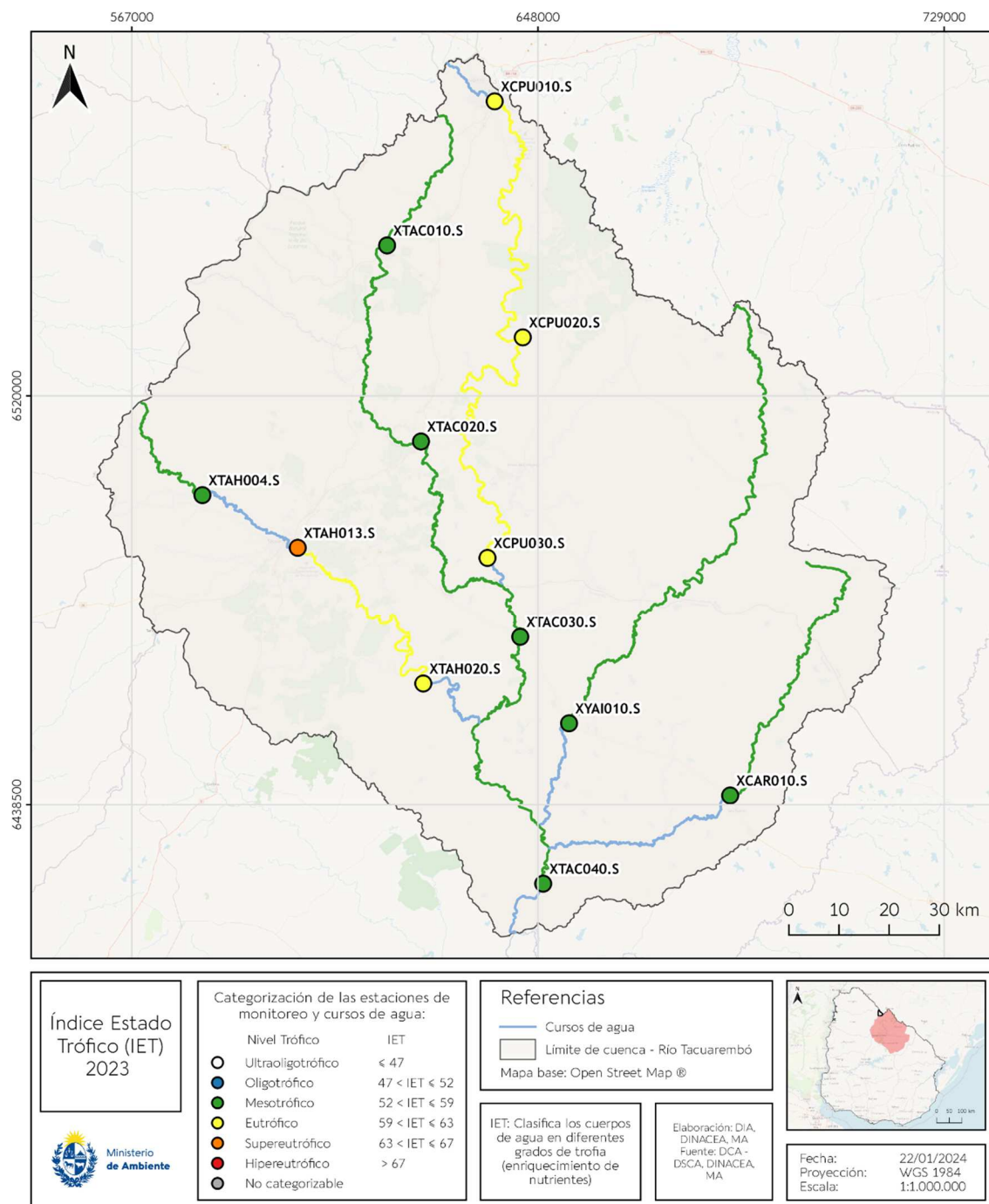


Figura 27. Representación gráfica del IET en las subcuencas del río Tacuarembó en el 2023 considerando la escala cromática.

4. SÍNTESIS

En líneas generales, el agua de la cuenca del río Tacuarembó es aceptable.

De los resultados más relevantes del programa de monitoreo de calidad de agua de la cuenca del río Tacuarembó obtenidos durante el año 2023, se registró un cumplimiento del grupo de estándares de calidad de agua con: un 83.1% para la cuenca del río Tacuarembó grande, un 76.9% para la cuenca del arroyo Cuñapirú, un 75.1% para la cuenca del arroyo Tacuarembó chico, un 25.4% para el arroyo Caraguatá y un 23.3% para el arroyo Yaguarí.

El parámetro que registró la menor frecuencia de cumplimiento del estándar de calidad fue el fósforo total, que incumplió con el valor sugerido por el grupo GESTA Agua (70 µg/L) en 87.0% e incumplió con el valor estándar establecido en el Decreto 253/79 y modificativos (25 µg/L) en el 100% de las muestras analizadas.

El resto de las variables consideradas y reguladas por el Decreto 253/79 y modificativos, mostraron valores que mayoritariamente cumplieron con los estándares correspondientes.

Para el caso de los fitosanitarios, no se registraron concentraciones de glifosato que superaran los límites de detección de las técnicas analíticas. Por otro lado, las concentraciones de AMPA estuvieron por debajo de los límites de detección de la técnica analítica.

El IET muestra diferentes estados tróficos en la cuenca, siendo la estación XTAH0013.S (próxima a la ciudad de Tacuarembó) la que presentó mayor eutrofización.

5. Bibliografía

Collazo, M.P., (2006).” Investigación Hidrogeológica del Acuífero Guaraní en el área aflorante de los departamentos Rivera y Tacuarembó”.

Decreto 253/79 y modificativos. Normas para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de la contaminación de aguas.

GEMS/Agua. 1994. Guía operativa. 3ª Edición. PNUD-OMS-UNESCO-OMM. GESTA Agua, 2008. Borrador de trabajo GESTA Agua. Propuesta de modificación del Decreto 253/979 y modificativos.

DINAMA – Laboratorio Ambiental. 2009. Manual de Procedimientos Analíticos para Muestras Ambientales. 2da Edición.

Manuscrito: 1- 19. MONTAÑO XAVIER, J. (2005). Recursos hídricos subterráneos del Uruguay: importancia y aprovechamiento actual. Revista Sociedad Uruguaya de Geología, 16-32.

Ministerio de Ambiente – DINACEA (2020). “Informe de datos de calidad de agua superficial 2020”.

Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente – MVOTMA (2018). “ATALAS de la cuenca del Río Tacuarembó”.

Panario, D., (1986): Geomorfología del Uruguay. Memoria Explicativa de la Carta Hidrogeológica, escala 1:2.000.000. DINAMIGE, 7-11 pp. Montevideo, Uruguay.

PRENADER MGAP/MTOP/Banco Mundial, Estudio del acuífero Salto CONSUR, 1995 Uruguay. 1979.