



Ministerio
de Ambiente

Monitoreo de Calidad del Agua Cuenca río Tacuarembó 2021



DIRECCIÓN NACIONAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL
División Evaluación de la Calidad Ambiental
Departamento Seguimiento de Componentes del Ambiente

Julio 2022



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
Javier Martínez

Técnicos participantes

Carolina Ferrer
Facundo Lepillanca
Guillermo Cervetto
Javier Martínez
Mario Acosta
Natalie Corrales

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.....	8
2.	ASPECTOS METODOLÓGICO.....	8
2.1.	Plan de Monitoreo.....	8
2.2.	Índices de calidad de agua.....	11
2.3.	Tratamiento de los datos.....	12
3.1.	Calidad de agua.....	13
3.1.1.	Variables <i>in situ</i>	13
3.1.1.1.	Temperatura.....	13
3.1.1.2.	Conductividad.....	14
3.1.1.3.	Oxígeno Disuelto.....	15
3.1.1.4.	pH.....	16
3.1.2.	Resultados analíticos.....	17
3.1.2.1.	Alcalinidad.....	17
3.1.2.2.	Sustancias fenólicas.....	18
3.1.2.3.	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	19
3.1.2.4.	Demanda química de oxígeno (DQO).....	19
3.1.3.	Sólidos.....	20
3.1.3.1.	Sólidos Totales Volátiles (STV).....	20
3.1.3.2.	Sólidos totales fijos (STF).....	21
3.1.3.3.	Sólidos suspendidos totales (SST).....	22
3.1.3.4.	Sólidos Totales (ST).....	23
3.1.4.	Metales.....	25
3.1.4.1.	Iones mayoritarios.....	25
3.1.4.1.1.	Calcio (Ca).....	25
3.1.4.1.2.	Magnesio (Mg).....	26
3.1.4.1.3.	Potasio (K).....	27
3.1.4.1.4.	Sodio (Na).....	28
3.1.4.1.5.	Relación de absorción de sodio (RAS).....	29
3.1.4.2.	Metales pesados.....	30
3.1.4.2.1.	Mercurio (Hg).....	30
3.1.5.	Cianuro Total (CN total).....	30
3.1.6.	Arsénico (As).....	30
3.1.7.	Nutrientes.....	30
3.1.7.1.	Nitrito (NO ₂).....	30
3.1.7.2.	Nitrato (NO ₃).....	31
3.1.7.3.	Amonio libre (NH ₃).....	32
3.1.7.4.	Nitrógeno amoniacal (NH ₄).....	33
3.1.7.5.	Nitrógeno Total (NT).....	34
3.1.7.6.	Fosfatos (PO ₄).....	35
3.1.7.7.	Fósforo total (PT).....	36
3.1.8.	Variables Biológicas.....	37

	4
3.1.8.1. Coliformes Termotolerantes (CT)	37
3.1.8.2. Clorofila- <i>a</i>	38
3.1.8.3. Feofitina- <i>a</i>	38
3.1.9. AOX	38
3.1.10. Fitosanitarios	38
3.1.10.1. Glifosato	38
3.1.10.2. AMPA	38
3.1.11. Índices de calidad	38
4. SÍNTESIS	39
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 2021, promedio para el año 2020. Promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	13
Figura 4. Variación espacial y temporal de la Conductividad del agua en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Conductividad para el año 2021, promedio para el año 2020, y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	14
Figura 5. Variación espacial y temporal del Oxígeno disuelto en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Oxígeno disuelto para el año 2021, promedio para el año 2020, y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	15
Figura 6. Variación espacial y temporal del pH en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de pH para el año 2021, promedio para el año 2020, y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.....	16
Figura 7. Variación espacial y temporal de la Alcalinidad total en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Alcalinidad para el año 2021, promedio para el año 2020, y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	17
Figura 8. Variación espacial y temporal de la Sustancias fenólicas en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sustancias fenólicas para el año 2021, promedio para el año 2020, y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.....	18
Figura 9. Variación espacial y temporal de Sólidos totales volátiles en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos totales volátiles para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	20
Figura 10. Variación espacial y temporal de Sólidos totales fijos en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos totales fijos para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.....	21
Figura 11. Variación espacial y temporal de Sólidos suspendidos totales en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos suspendidos totales para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.....	22
Figura 12. Variación espacial y temporal de Sólidos totales en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos totales para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	23
Figura 13. Variación espacial y temporal de Calcio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Calcio para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.....	25
Figura 14. Variación espacial y temporal de Magnesio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Magnesio para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	26
Figura 15. Variación espacial y temporal de Potasio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Potasio para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	27
Figura 16. Variación espacial y temporal de Sodio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sodio para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.....	28
Figura 17. Variación espacial y temporal de RAS en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de RAS para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.....	29
Figura 18. Variación espacial y temporal de Nitrato en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Nitrato para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.....	31

Figura 19. Variación espacial y temporal de Amonio libre en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Amonio libre para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	32
Figura 20. Variación espacial y temporal de Nitrógeno amoniacal en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Nitrógeno amoniacal para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.....	33
Figura 21. Variación espacial y temporal de Nitrógeno total en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Nitrógeno total para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	34
Figura 22. Variación espacial y temporal de Fosfatos en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Fosfatos para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	35
Figura 23. Variación espacial y temporal de Fósforo total en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Fósforo total para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	36
Figura 24. Variación espacial y temporal de Coliformes termotolerantes en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Coliformes termotolerantes para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación en coordenadas y su correspondiente descripción para los 6 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. Cálculos utilizados para representar los valores numéricos de los resultados yuxtapuestos a los límites de la técnica.	12
Tabla 4. Valoración del estado trófico de ríos a partir del IET, elaborado según los valores de fósforo total.....	11
Tabla 5. Parámetros de calidad de agua del IQA y peso respectivo	12
Tabla 7. Estadísticas básicas de la Temperatura. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	14
Tabla 8. Estadísticas básicas de la Conductividad. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	15
Tabla 9. Estadísticas básicas del Oxígeno disuelto. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	16
Tabla 10. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	17
Tabla 11. Estadísticas básicas de alcalinidad. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	18
Tabla 12. Estadísticas básicas de Sustancias fenólicas. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	19
Tabla 13. Estadísticas básicas de Sólidos totales volátiles. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	21
Tabla 14. Estadísticas básicas de Sólidos totales fijos. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	22
Tabla 15. Estadísticas básicas de Sólidos suspendidos totales. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	23

Tabla 16. Estadísticas básicas de Sólidos totales. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	24
Tabla 17. Estadísticas básicas de Calcio. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	25
Tabla 18. Estadísticas básicas de Magnesio. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	26
Tabla 19. Estadísticas básicas de Potasio. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	27
Tabla 20. Estadísticas básicas de Sodio. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	28
Tabla 21. Estadísticas básicas de RAS. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	29
Tabla 22. Estadísticas básicas del 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 y modificativos* y valor Gesta 2014**, cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor.	31
Tabla 23. 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 y modificativos* y valor Gesta 2014**, cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor.	32
Tabla 24. Estadísticas básicas del Nitrógeno amoniacal. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar Gesta 2014 o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	33
Tabla 25. Estadísticas básicas del Nitrógeno total. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) de la MTA, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	34
Tabla 26. Estadísticas básicas del Fosfato. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) de la MTA, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	35
Tabla 27. Estadísticas básicas del 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 y modificativos* y valor Gesta 2014**, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	36
Tabla 28. Estadísticas básicas del 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 y modificativos* y valor Gesta 2014**, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.	37

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 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.

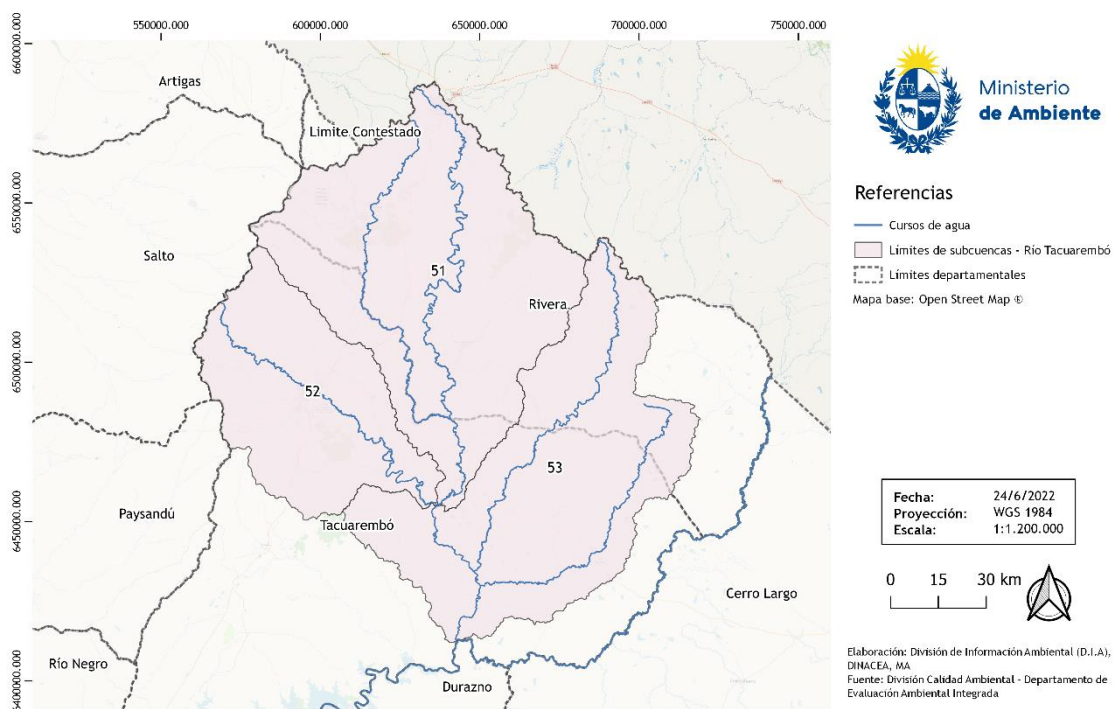


Figura 1. Mapa de la Cuenca del río Tacuarembó.

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 METODOLÓGICO

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. TG3, TG4), 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).

Asimismo, a partir del presente año se dio de baja la estación TCHO, por problemas de accesibilidad y se propuso la estación TCH004 aguas arriba de la estación anterior en el arroyo Tacuarembó chico. No fue posible realizar el mismo cambio para el punto ubicado dentro de la ciudad de Rivera (CU1) por dificultad de acceso al curso aguas abajo de la ciudad (Figura 3). Durante el año 2021 fueron realizadas 2 campañas de las 4 planificadas, debido a la emergencia sanitaria sars-cov2 y a temas logísticos.

Tabla 1. Ubicación en coordenadas y su correspondiente descripción para los 6 puntos de monitoreo de esta campaña.

Estación	Latitud	Longitud	Descripción
TG1	-31,177506	-55,762436	Río Tacuarembó, aguas arriba de Tranqueras.
TG2	-31,52985	-55,686678	Río Tacuarembó, por ruta 5 a aproximadamente 1 Km de la intersección con la ruta 29.
TG3	-31,879482	-55,472443	Río Tacuarembó, Villa Ansina.
TG4	-32,321903	-55,416429	Río Tacuarembó, 3 Km del Frigorífico Modelo en Estancia Caraguatá.
TCH004	-31,630071	-56,14485	Arroyo Tacuarembó chico, 21 Km aguas arriba de la ciudad de Tacuarembó.
TCH013	-31,723072	-55,943337	Arroyo Tacuarembó chico. En parque Battle
TCH020	-31,965648	-55,675629	Arroyo Tacuarembó Chico, cerca de Los novillos, a aprox. 18Km de la ruta 26
CU1	-30,917365	-55,541327	Arroyo Cuñapirú, dentro de la ciudad de Rivera.
CU2	-31,340686	-55,475883	Arroyo Cuñapirú, 10 Km aguas arriba de Cuchilla Manguera.
CU3	-31,737324	-55,543746	Arroyo Cuñapirú, sobre el punte en Paso Cunha.
CA1	-32,158081	-55,023937	Arroyo Caraguatá, 3 Km aguas arriba de Las Toscas.
YA1	-32,033503	-55,366831	Arroyo Yaguarí, 20 Km de Villa Ansina aguas abajo.

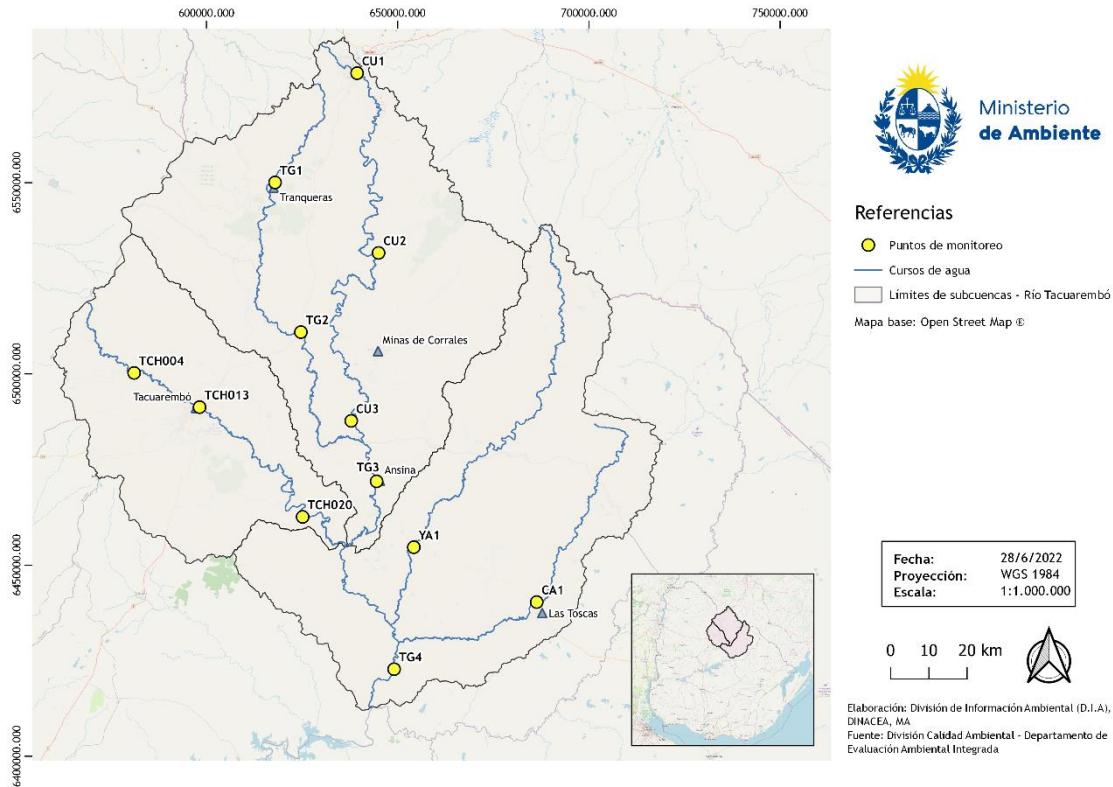


Figura 2. Cuenca del río Tacuarembó y ubicación de estaciones de monitoreo.

Los planes de monitoreo de calidad de agua deben proporcionar datos confiables y científicamente verificables. Por lo tanto, todas sus etapas deben ser debidamente planificadas y basarse en metodologías internacionalmente aprobadas. La metodología de trabajo para el monitoreo de la matriz agua se basó 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 Adsorbibles (AOX).

	Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dec. 253/79	GESTA 2014	MTA	Otros
Características Físicoquímicas	Temperatura	Tem	°C				
	Conductividad	Cond	µS/cm				
	Potencial de hidrógeno	pH	--	6,5 - 8,5			
	Oxígeno disuelto	OD	mg/l	> 5			
	Turbidez	Turb	NTU	50			
	Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	mg/l	< 10			
	Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l				
	Alcalinidad		mg/l				
	Sustancias fenólicas		µg/l		< 5		
	Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l				
	Sólidos totales	ST	mg/l				
	Sólidos totales fijos	STF	mg/l				
	Sólidos totales volátiles	STV	mg/l				
Compuestos halogenados adsorbibles	AOX	µg/l				< 25	
Metálicos	Iones mayoritarios	Ca	mgO ₂ /l				
		Mg	mgO ₂ /l				
		Na	mgCaCO ₃ /l				
		K	µg/l				
	Arsenico	As	mg/l	< 0,005			
	Metales pesados	Hg	µg/l	< 0,2	< 0,1		
Cianuro total	CN-total	mg/l		< 20			
Nutrientes	Fósforo reactivo soluble	PO ₄ ³⁻	µg/l			< 35	
	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		
Biológicas	Clorofila a	Clo a	µg/l			< 30	
	Feofitina a	Feo a	µg/l				
	Coliformes termotolerantes	CT	UFC/100 ml	≤ 2000			
Fitosanitarios	Glifosato	Glifosato	µg/l		< 65		
	Ácido amino-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 4).

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 4. 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	

El Índice de Calidad de Agua (IQA) fue adaptado por CETESB (Brasil), a partir del Water Quality Index (WQI) desarrollado por la NSF (EEUU). Las variables utilizadas para el cálculo del IQA son 8: pH, % saturación de oxígeno, DBO5, turbidez, fósforo total, nitrógeno total, sólidos totales y Coliformes Termotolerantes. La fórmula del IQA adaptada por CETESB (Brasil) es la siguiente:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Dónde:

IQA: Índice de Calidad de Agua (valor entre 0 y 100).

q_i : calidad de cada parámetro, número entre 0 y 100, obtenido de la curva media de variación de calidad, en función de su concentración.






w_i : Peso correspondiente a cada parámetro, número entre 0 y 1 atribuido en función de la importancia de cada parámetro en la conformación global de calidad (Tabla 5).

Tabla 5. Parámetros de calidad de agua del IQA y peso respectivo

Parámetro	Peso (W)
Oxígeno Disuelto	0,17
Coliformes Termotolerante	0,15
pH	0,12
DBO ₅	0,1
Δ Temperatura	0,1
NT	0,1
PT	0,1
Turbidez	0,08

El IQA presenta la escala de calidad del agua con cinco categorías (Tabla 6).

Tabla 6. Escala cromática asociada a las categorías de calidad del agua del IQA.

Rangos de IQA utilizados	Valoración	Representación cromática
91-100	Excelente	
71-90	Buena	
51-70	Media	
26-50	Mala	
0-25	Muy Mala	

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 3.

Tabla 3. 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 2 muestreos de agua para el período estudiado. Por otro lado, cabe destacar que debido a los cambios en las estaciones del arroyo Tacuarembó chico en los años 2020 y 2021, se tiene únicamente el promedio de los 4 años anteriores únicamente para la estación TCH020.

3.1. Calidad de agua

3.1.1. Variables *in situ*

3.1.1.1. Temperatura

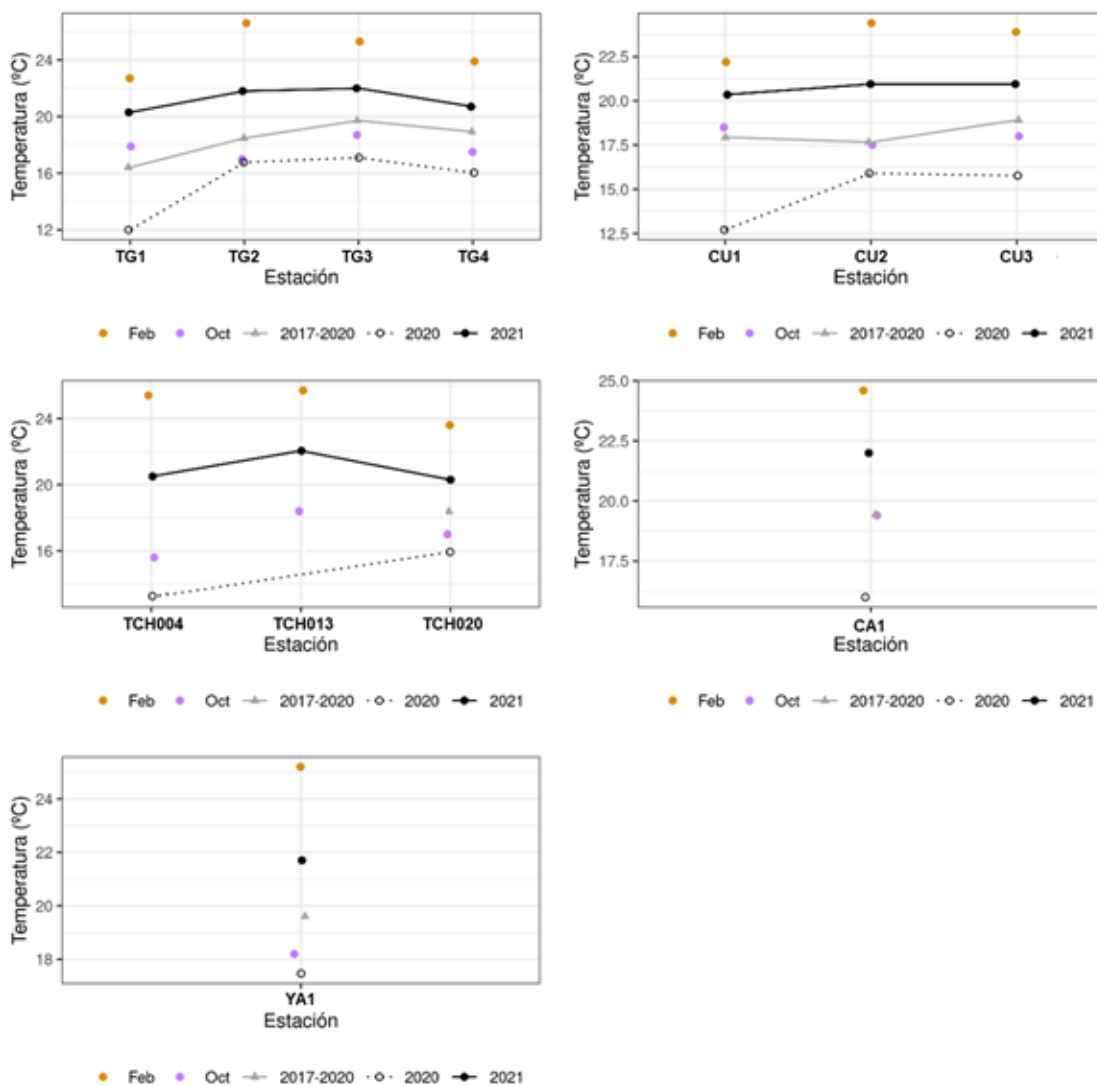


Figura 3. Variación espacial y temporal de la Temperatura del agua en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Temperatura para el año 2021, promedio para el año 2020, y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 7. Estadísticas básicas de la Temperatura. 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 y modificativos, 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: °C					
MIN	17	17,5	15,6	19,4	18,2
MAX	26,6	24,4	25,7	24,6	25,2
PROM	21,2	20,8	20,9	22	21,7
MEDIANA	20,7	20,4	21	22	21,7
MIN > Estación - Mes	TG2 - 10	CU2 - 10	TCH004 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
MAX > Estación - Mes	TG2 - 2	CU2 - 2	TCH013 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
STD					
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)					

3.1.1.2. Conductividad

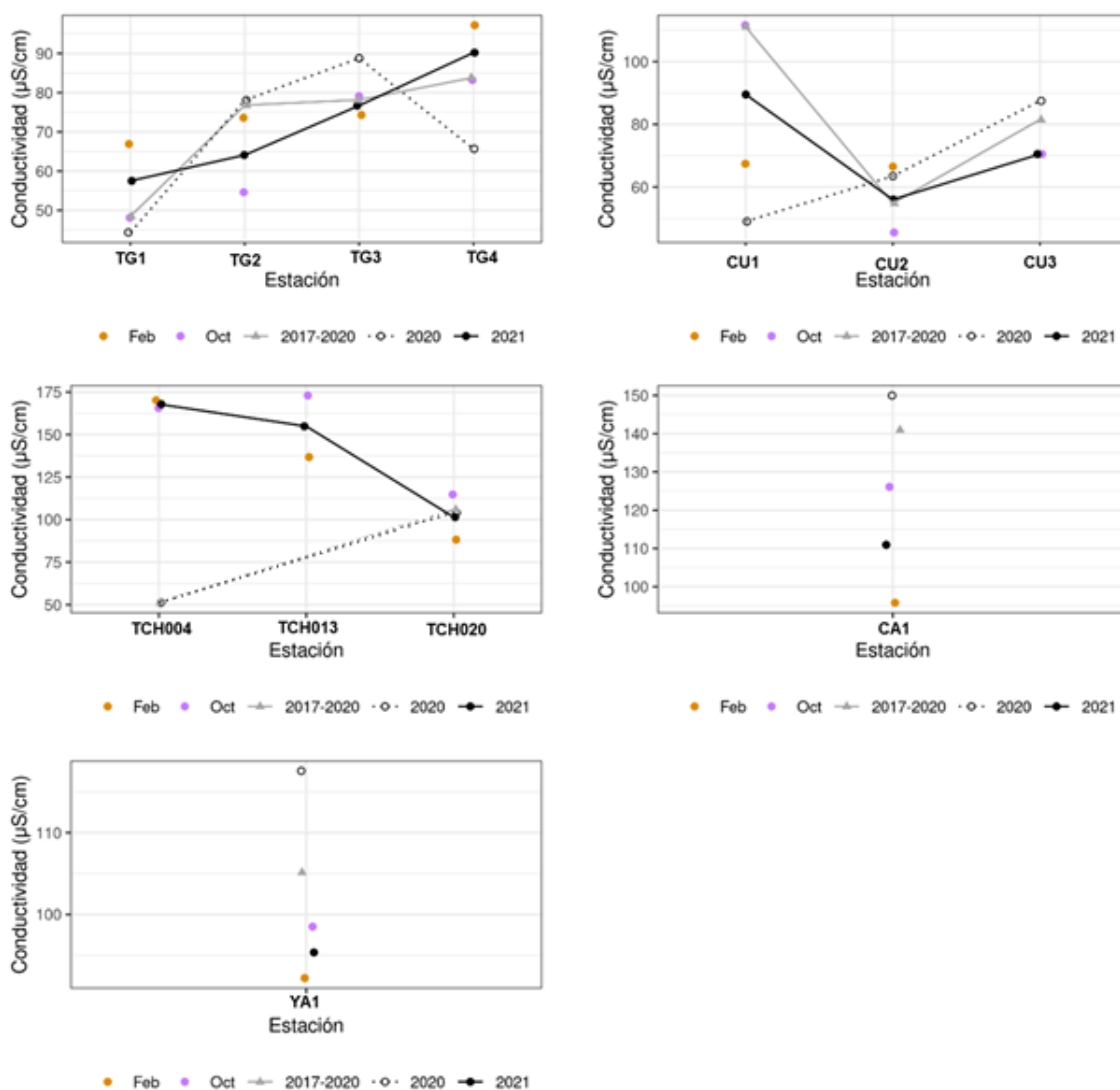


Figura 4. Variación espacial y temporal de la Conductividad del agua en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Conductividad para el año 2021, promedio para el año 2020, y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 8. Estadísticas básicas de la Conductividad. 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 y modificativos, 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: $\mu\text{S}/\text{cm}$					
MIN	48,1	45,5	88,2	95,8	92,2
MAX	97,2	111,6	173,0	126,1	98,5
PROM	72,1	72,0	141,4	110,9	95,3
MEDIANA	73,9	68,9	151,2	110,9	95,3
MIN > Estación - Mes	TG1 - 10	CU2 - 10	TCH020 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG4 - 2	CU1 - 10	TCH013 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
STD					
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)					

3.1.1.3. Oxígeno Disuelto

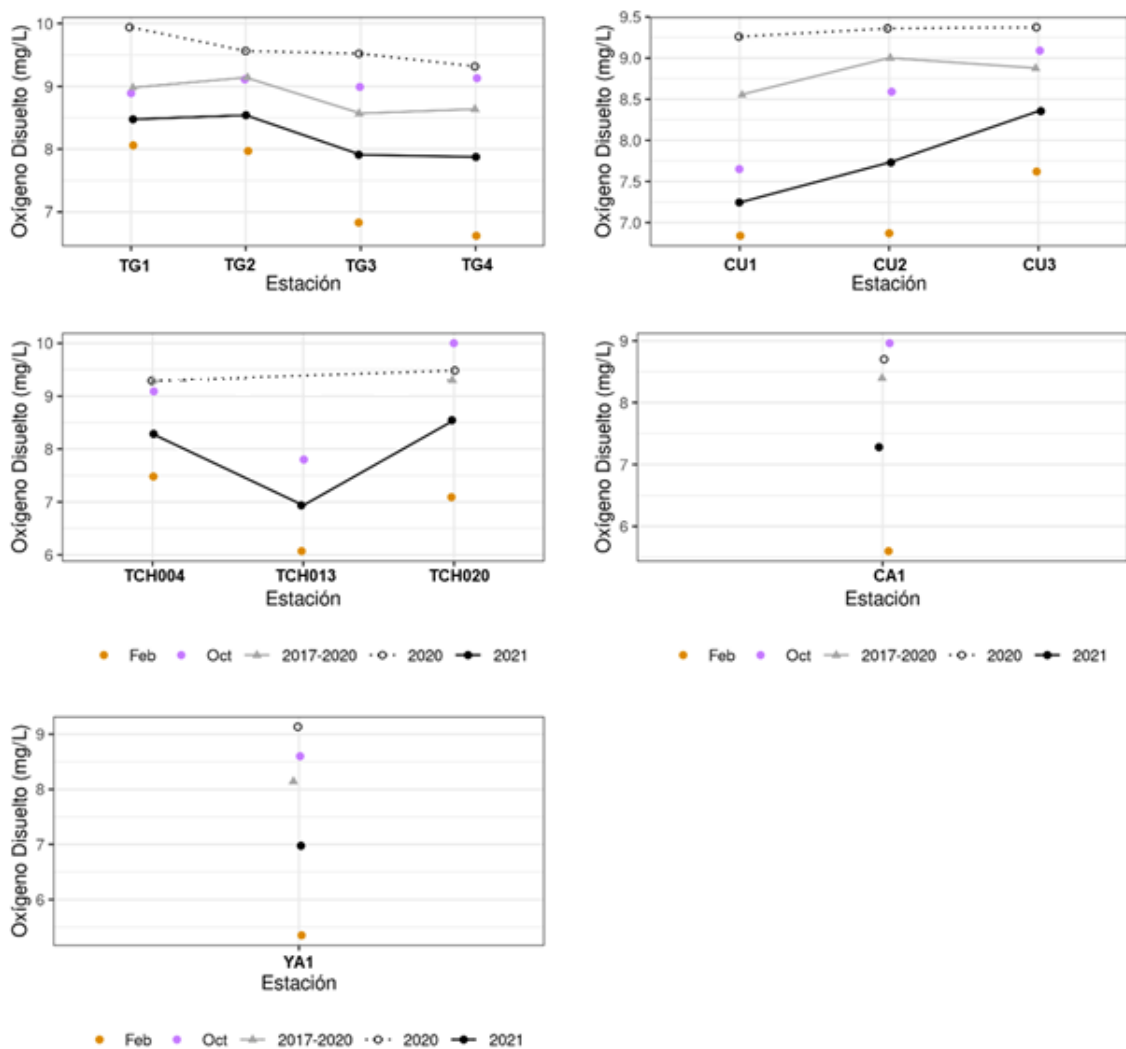


Figura 5. Variación espacial y temporal del Oxígeno disuelto en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Oxígeno disuelto para el año 2021, promedio para el año 2020, y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 9. Estadísticas básicas del Oxígeno disuelto. 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 y modificativos, 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	6,6	6,8	6,0	5,6	5,3
MAX	9,1	9,0	10,0	8,9	8,6
PROM	8,5	7,7	7,9	7,3	6,9
MEDIANA	8,4	7,6	7,6	7,3	6,9
MIN > Estación - Mes	TG4 - 2	CU1 - 2	TCH013 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG4 - 10	CU3 - 10	TCH020 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
STD	>5	>5	>5	>5	>5
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)	0	0	0	0	0

3.1.1.4. pH

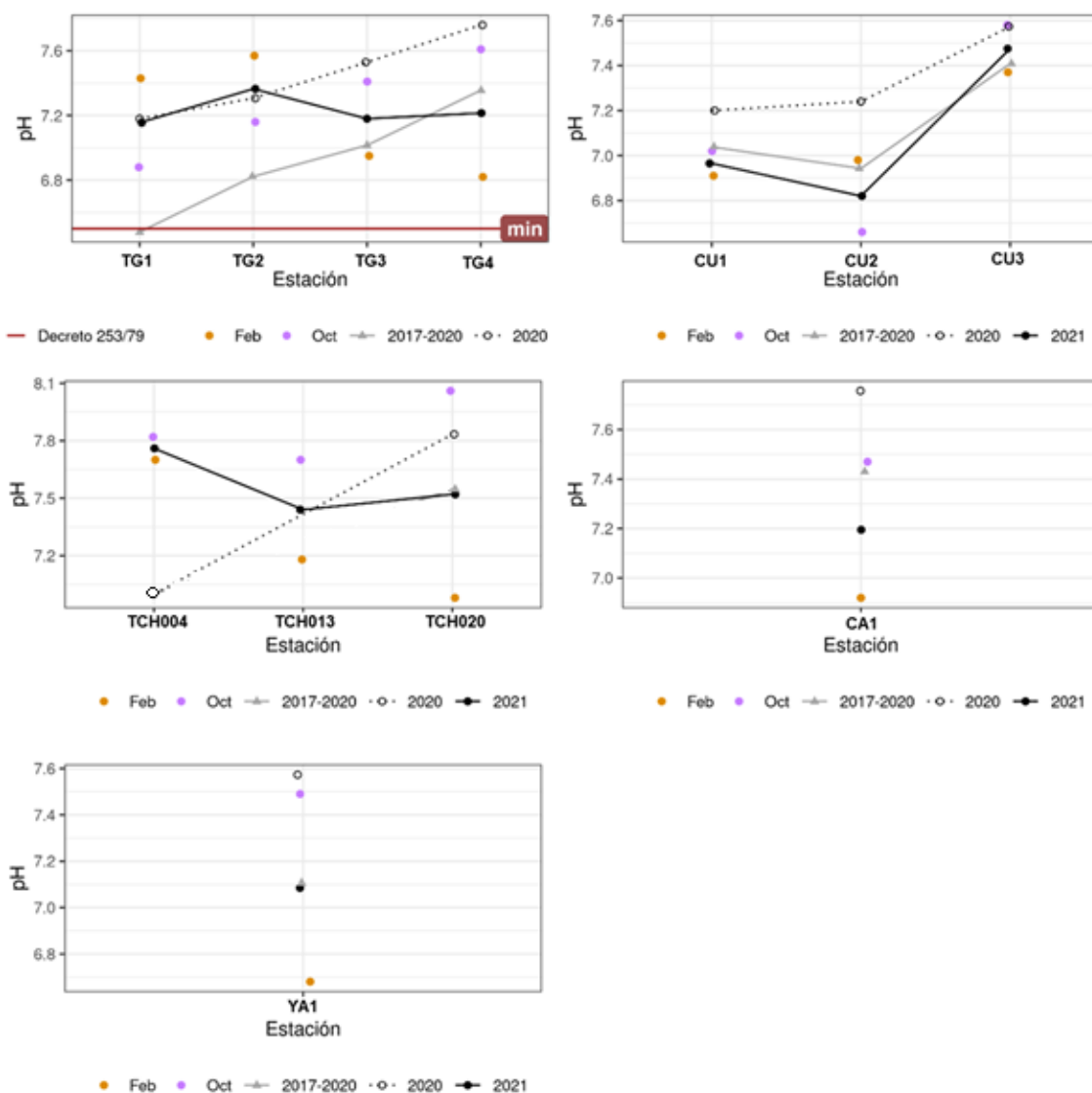


Figura 6. Variación espacial y temporal del pH en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de pH para el año 2021, promedio para el año 2020, y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 10. 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 y modificativos, 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad:					
MIN	6,8	6,6	6,9	6,9	6,6
MAX	7,6	7,6	8,0	7,5	7,5
PROM	7,2	7,1	7,6	7,2	7,1
MEDIANA	7,2	7,0	7,7	7,2	7,1
MIN > Estación - Mes	TG4 - 2	CU2 - 10	TCH020 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG4 - 10	CU3 - 10	TCH020 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
STD	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
No cumplen STD (n)	0	0	0	0	0
No Cumple (%)	0	0	0	0	0

3.1.2. Resultados analíticos

3.1.2.1. Alcalinidad

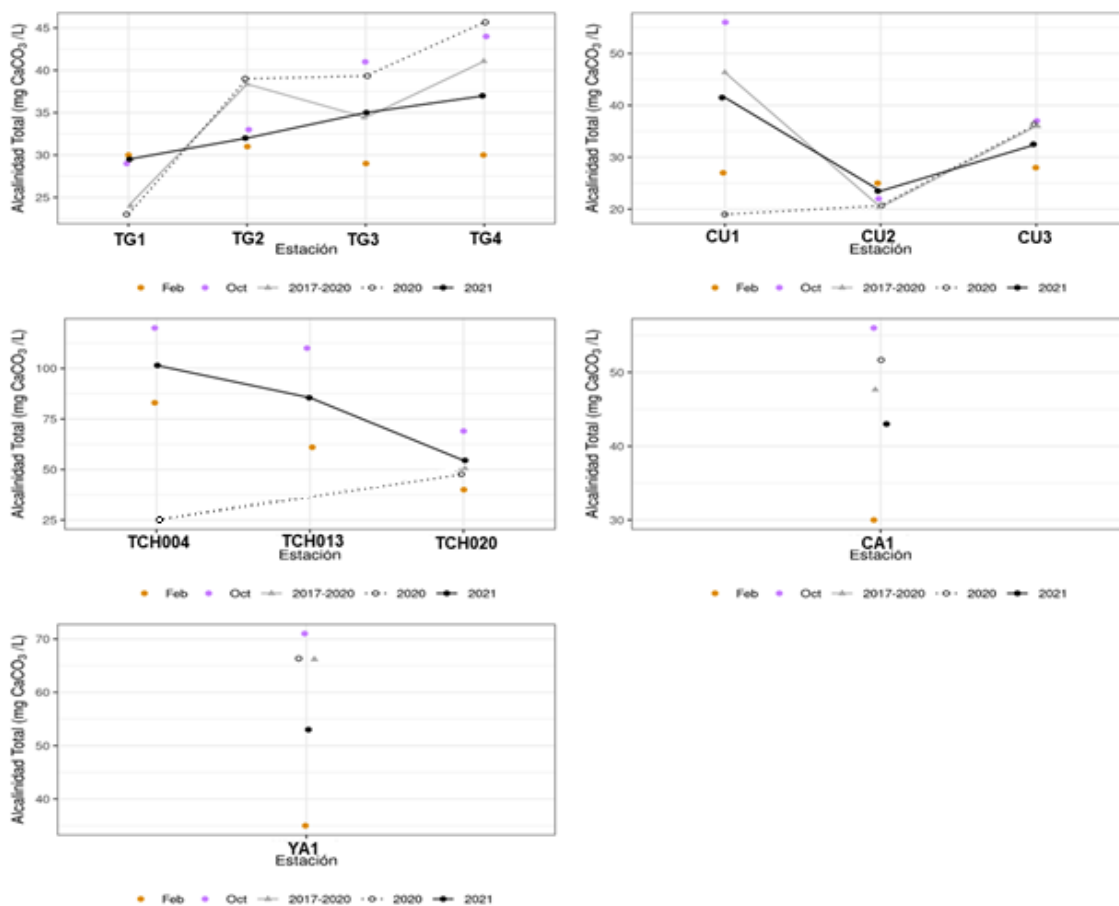


Figura 7. Variación espacial y temporal de la Alcalinidad total en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Alcalinidad para el año 2021, promedio para el año 2020, y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 11. Estadísticas básicas de alcalinidad. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguari
n	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	29,0	22,0	40,0	35,0	30,0
MAX	44,0	56,0	120,0	71,0	56,0
PROM	33,4	32,5	80,5	53,0	43,0
MEDIANA	30,5	27,5	76,0	53,0	43,0
MIN > Estación - Mes	TG3 - 2	CU2 - 10	TCH020 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG4 - 10	CU1 - 10	TCH004 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
STD					
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)					

3.1.2.2. Sustancias fenólicas

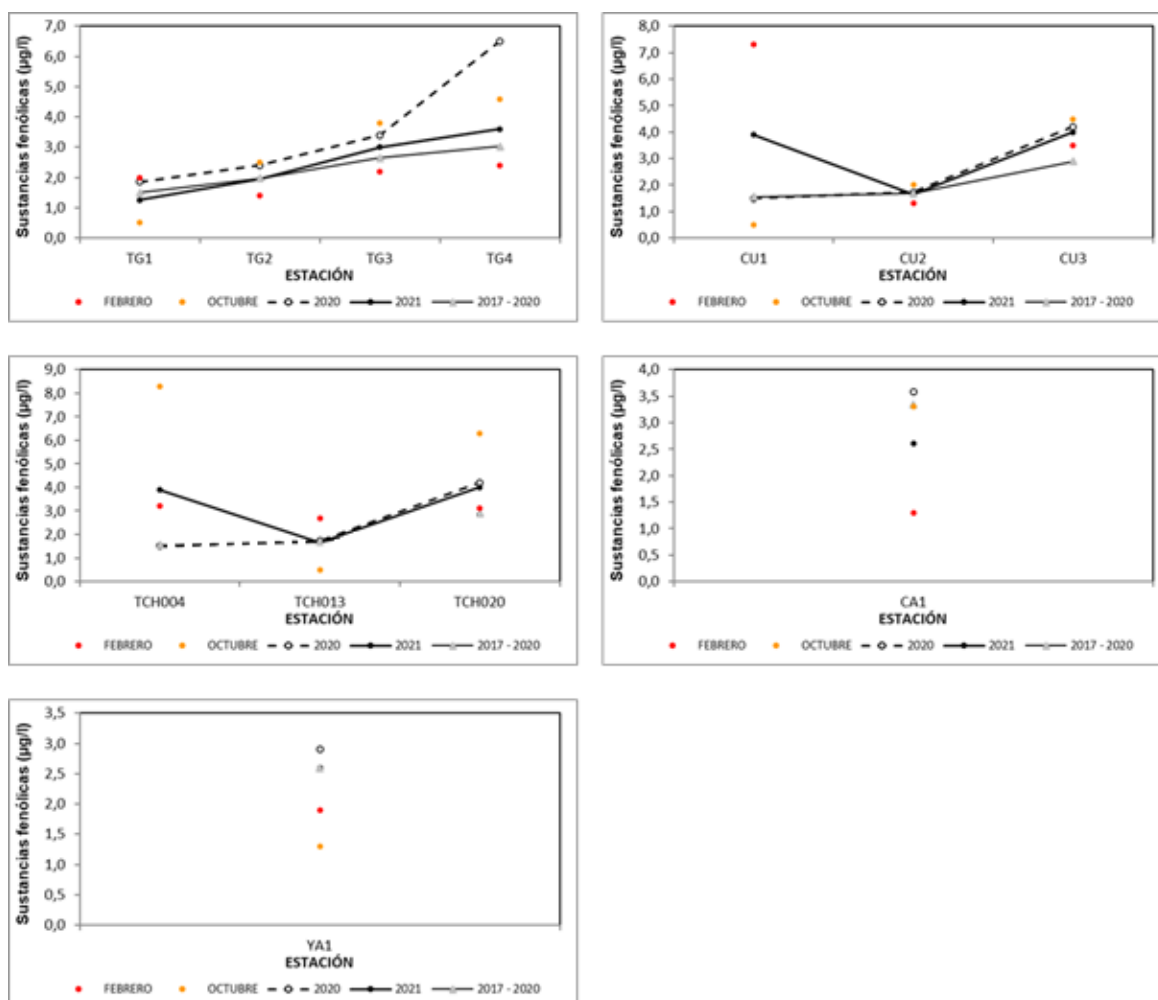


Figura 8. Variación espacial y temporal de la Sustancias fenólicas en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sustancias fenólicas para el año 2021, promedio para el año 2020, y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 12. Estadísticas básicas de Sustancias fenólicas. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguari
n	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: µg/L					
MIN	0,50	0,50	0,50	1,30	1,30
MAX	4,60	7,30	8,30	3,30	1,90
PROM	2,45	3,18	4,02	2,30	1,60
MEDIANA	2,35	2,75	3,15	2,30	1,60
MIN > Estación - Mes	TG1 - 10	CU1 - 10	TCH013 - 10	CA1 - 2	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG4 - 10	CU1 - 2	TCH004 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
STD	<5	<5	<5	<5	<5
No cumplen STD (n)	0	1	2	0	0
No Cumple (%)	0	16,7	33,3	0	0

3.1.2.3. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La DBO₅ en la cuenca del río Tacuarembó grande presentó un mínimo de 1,7 mg/L (TG3, febrero) y un máximo de 2,6 mg/L (TG3, agosto). El arroyo Cuñapirú tanto en febrero como en agosto en la estación CU1 presentó un valor de 2,8 mg/L. Por otro lado, el arroyo Tacuarembó chico en la estación TCH004 presentó un valor mínimo menor al límite de detección de la técnica en el mes de febrero y en el mes de octubre presentó un valor de 2,6 mg/L, y en la estación TCH013 presentó un mínimo de 4,3 mg/L y un máximo de 5,3 mg/l en los meses febrero y octubre, respectivamente.

Todos los valores de DBO₅ se mantuvieron por debajo del valor de referencia establecido por el decreto 253/79 y modificativos (10 mg/L).

3.1.2.4. Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO en la cuenca del río Tacuarembó grande presentó un mínimo de 44 mg/L (TG3, febrero) y un máximo de 57 mg/L (TG3, agosto). En la estación CU1 del arroyo Cuñapirú, en el mes de febrero, se registró un valor de 41 mg/L, y en el mes de octubre se registró un valor inferior al límite de cuantificación de la técnica. Por otro lado, el arroyo de Tacuarembó chico la estación TCH004 presentó un valor mínimo menor al límite de detección de la técnica en el mes de febrero y en el mes de octubre se registró un valor de 27 mg/L, y en la estación TCH013 presentó un mínimo de 27 mg/L y un máximo de 34 mg/l en los meses febrero y octubre, respectivamente.

3.1.3. Sólidos

3.1.3.1. Sólidos Totales Volátiles (STV)

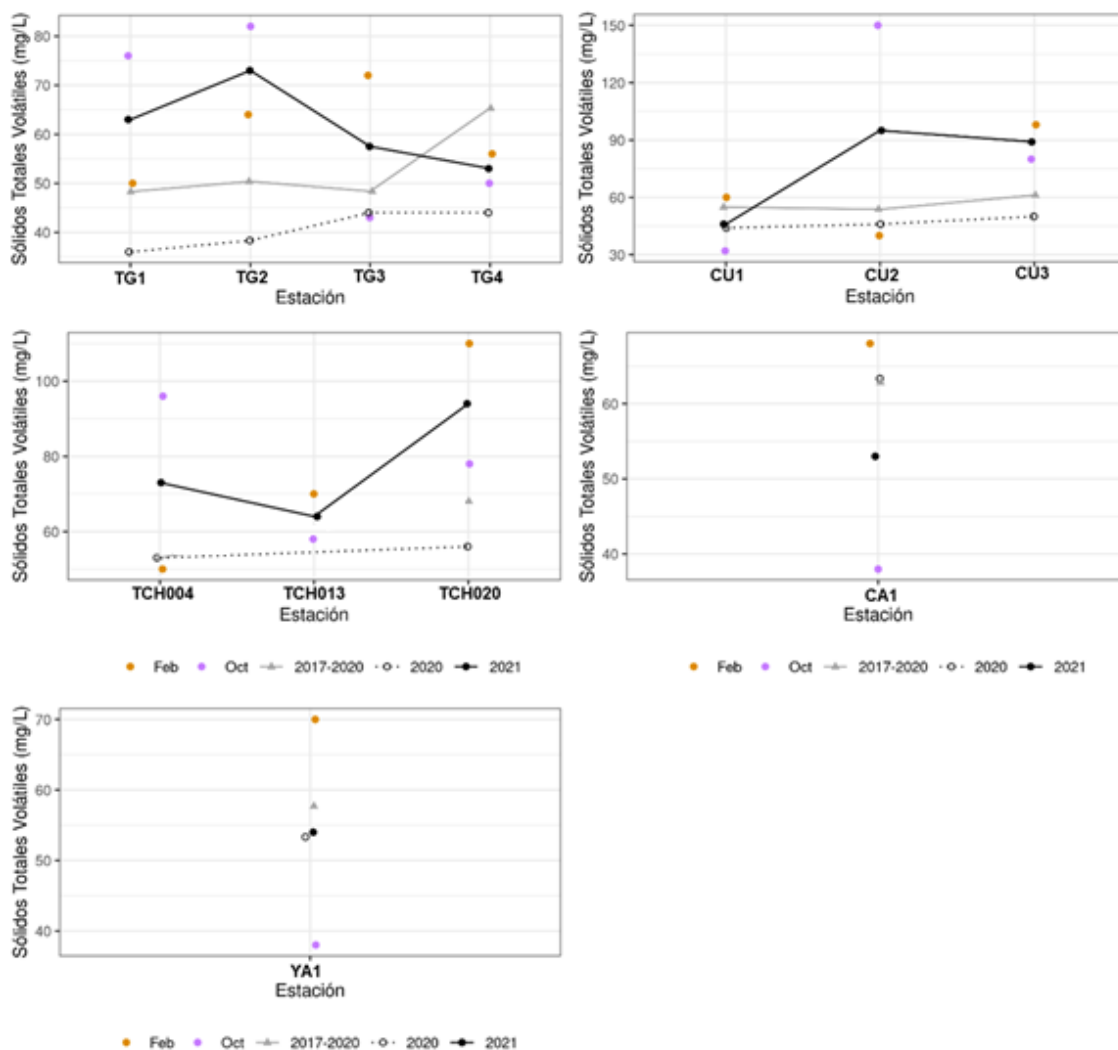


Figura 9. Variación espacial y temporal de Sólidos totales volátiles en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos totales volátiles para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 13. Estadísticas básicas de Sólidos totales volátiles. 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 y modificativos, 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	43	32	50	38	38
MAX	82	150	110	68	70
PROM	62	77	77	53	54
MEDIANA	60	70	74	53	54
MIN > Estación - Mes	TG3 - 10	CU1 - 10	TCH004 - 2	CA1 - 10	YA1 - 10
MAX > Estación - Mes	TG2 - 10	CU2 - 10	TCH020 - 10	CA1 - 2	YA1 - 2
STD					
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)					

3.1.3.2. Sólidos totales fijos (STF)

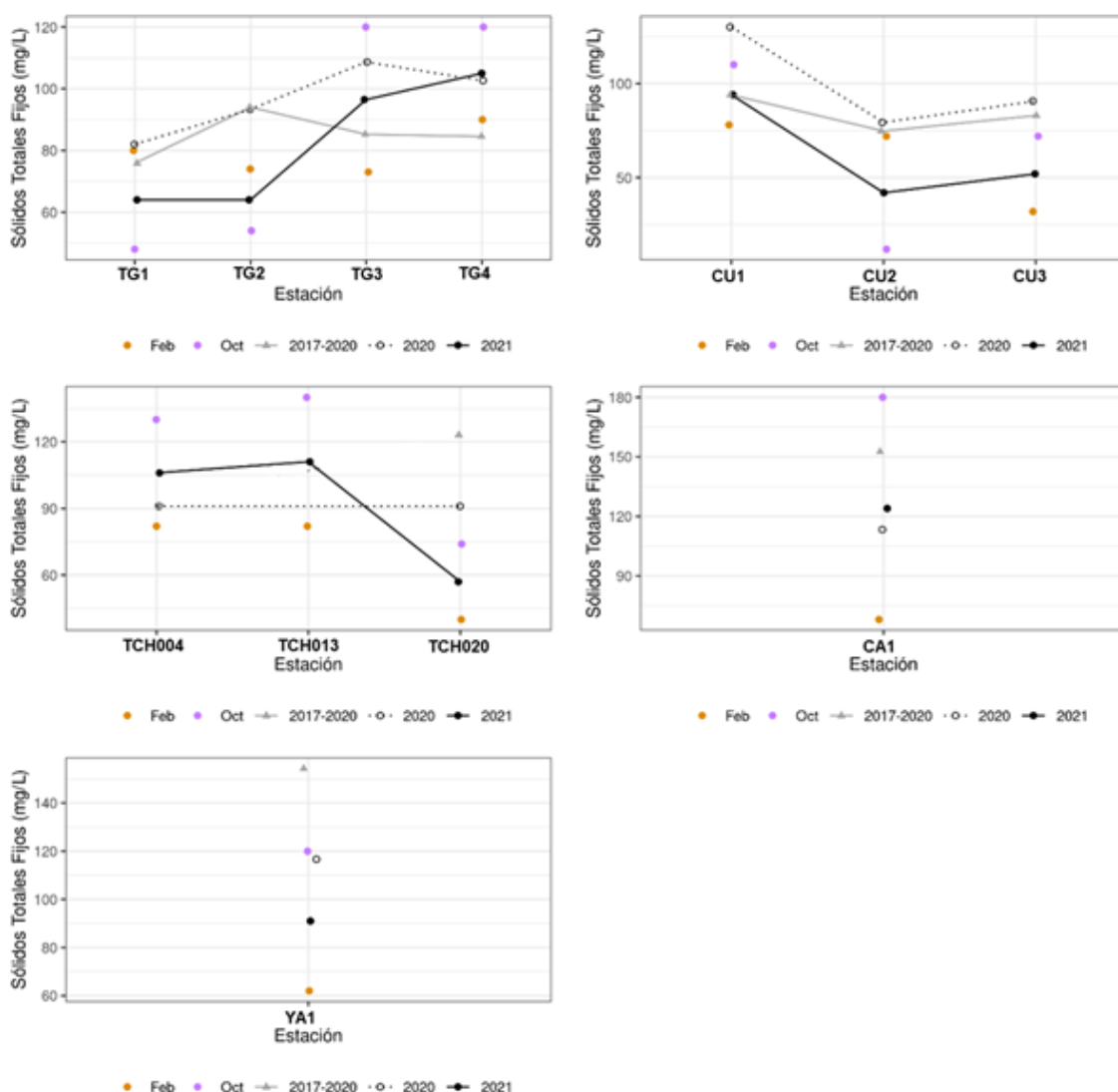


Figura 10. Variación espacial y temporal de Sólidos totales fijos en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos totales fijos para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 14. Estadísticas básicas de Sólidos totales fijos. 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 y modificativos, 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	5	6	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	48	32	40	68	62
MAX	120	110	140	180	120
PROM	82	73	91	124	91
MEDIANA	77	72	82	124	91
MIN > Estación - Mes	TG3 - 10	CU1 - 10	TCH004 - 2	CA1 - 10	YA1 - 10
MAX > Estación - Mes	TG2 - 10	CU2 - 10	TCH020 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
STD					
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)					

3.1.3.3. Sólidos suspendidos totales (SST)

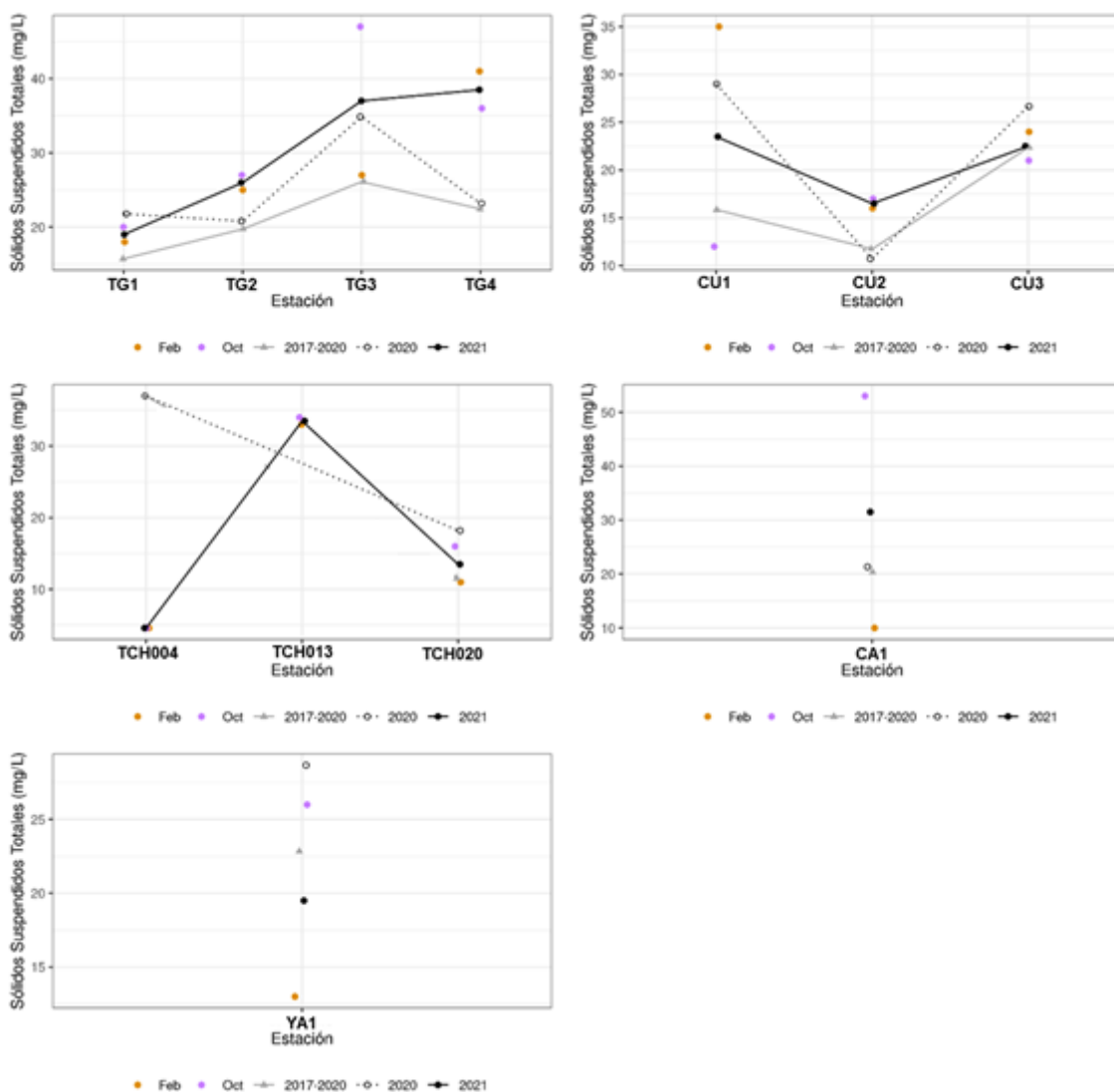


Figura 11. Variación espacial y temporal de Sólidos suspendidos totales en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos suspendidos totales para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 15. Estadísticas básicas de Sólidos suspendidos totales. 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 y modificativos, 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	4	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	18	12	11	10	13
MAX	47	35	34	53	26
PROM	30	21	24	32	20
MEDIANA	27	19	25	32	20
MIN > Estación - Mes	TG1 - 2	CU1 - 10	TCH020 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG3 - 10	CU1 - 2	TCH013 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
STD					
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)					

3.1.3.4. Sólidos Totales (ST)

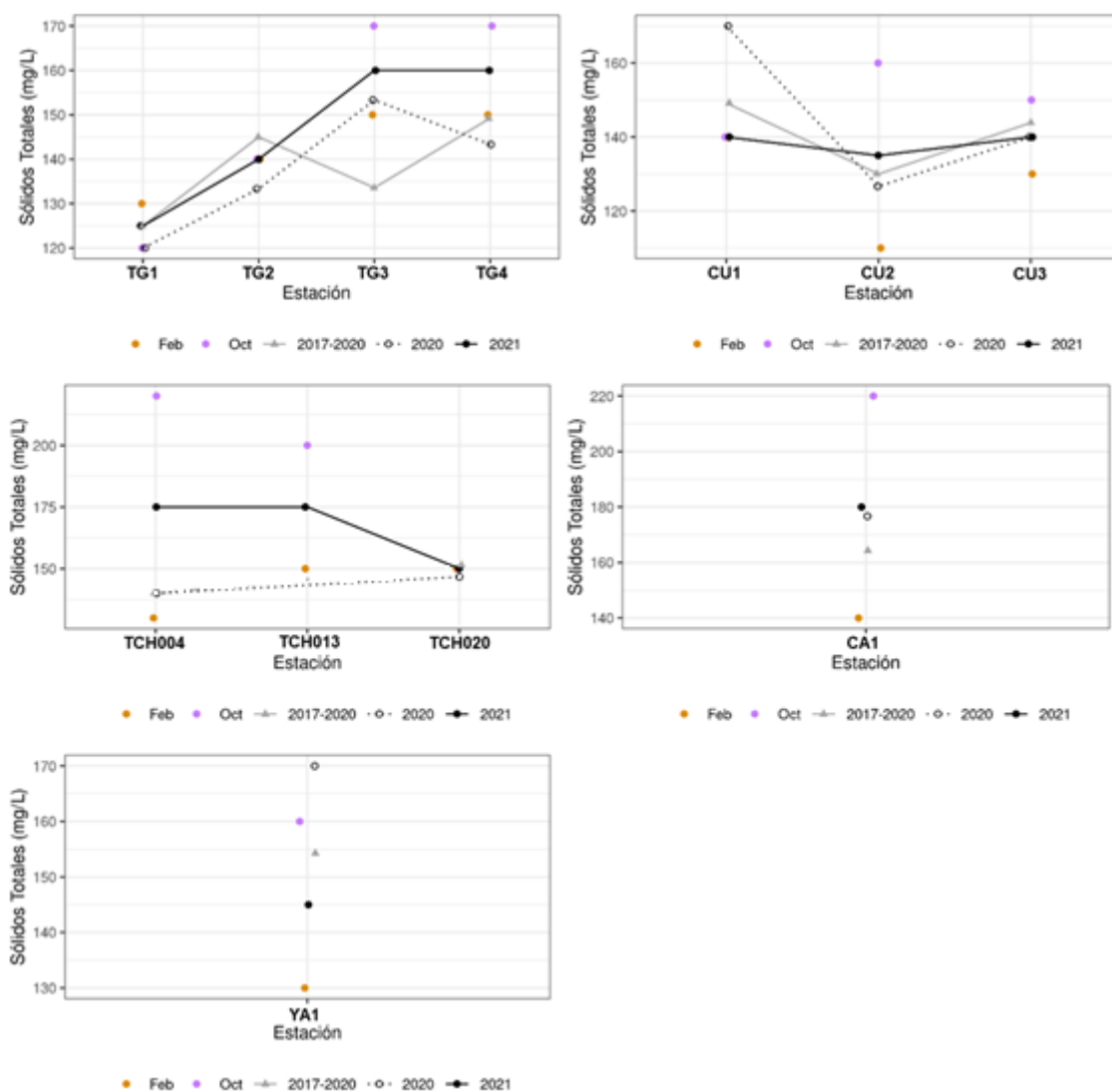


Figura 12. Variación espacial y temporal de Sólidos totales en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sólidos totales para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 16. Estadísticas básicas de Sólidos totales. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguari
n	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	120	110	130	140	130
MAX	170	160	220	220	160
PROM	146	138	167	180	145
MEDIANA	145	140	150	180	145
MIN > Estación - Mes	TG1 - 10	CU2 - 2	TCH004 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG3, TG4 - 10	CU2 - 10	TCH004 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
STD					
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)					

3.1.4 Metales

3.1.4.1 Iones mayoritarios

3.1.4.1.1. Calcio (Ca)

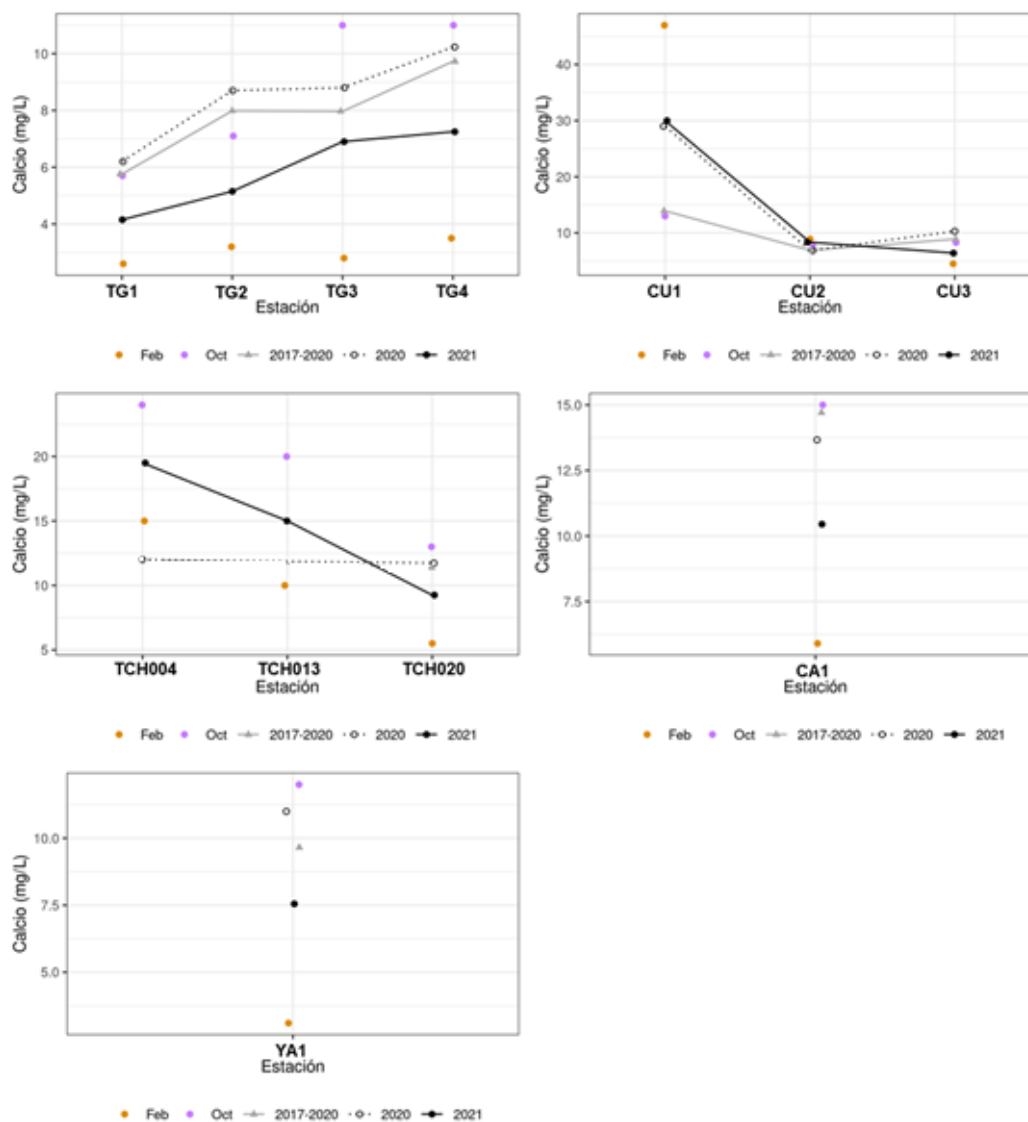


Figura 13. Variación espacial y temporal de Calcio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Calcio para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 17. Estadísticas básicas de Calcio. 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 y modificativos, cantidad de valores que no cumplen, % de incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguari
n	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	2,6	4,5	5,5	5,9	3,1
MAX	11,0	47,0	24,0	15,0	12,0
PROM	5,8	14,9	14,5	10,5	7,6
MEDIANA	4,6	8,6	14,0	10,5	7,6
MIN > Estación - Mes	TG1 - 2	CU3 - 2	TCH020 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG3, TG4 - 10	CU1 - 2	TCH004 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
STD					
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)					

3.1.4.1.2. Magnesio (Mg)

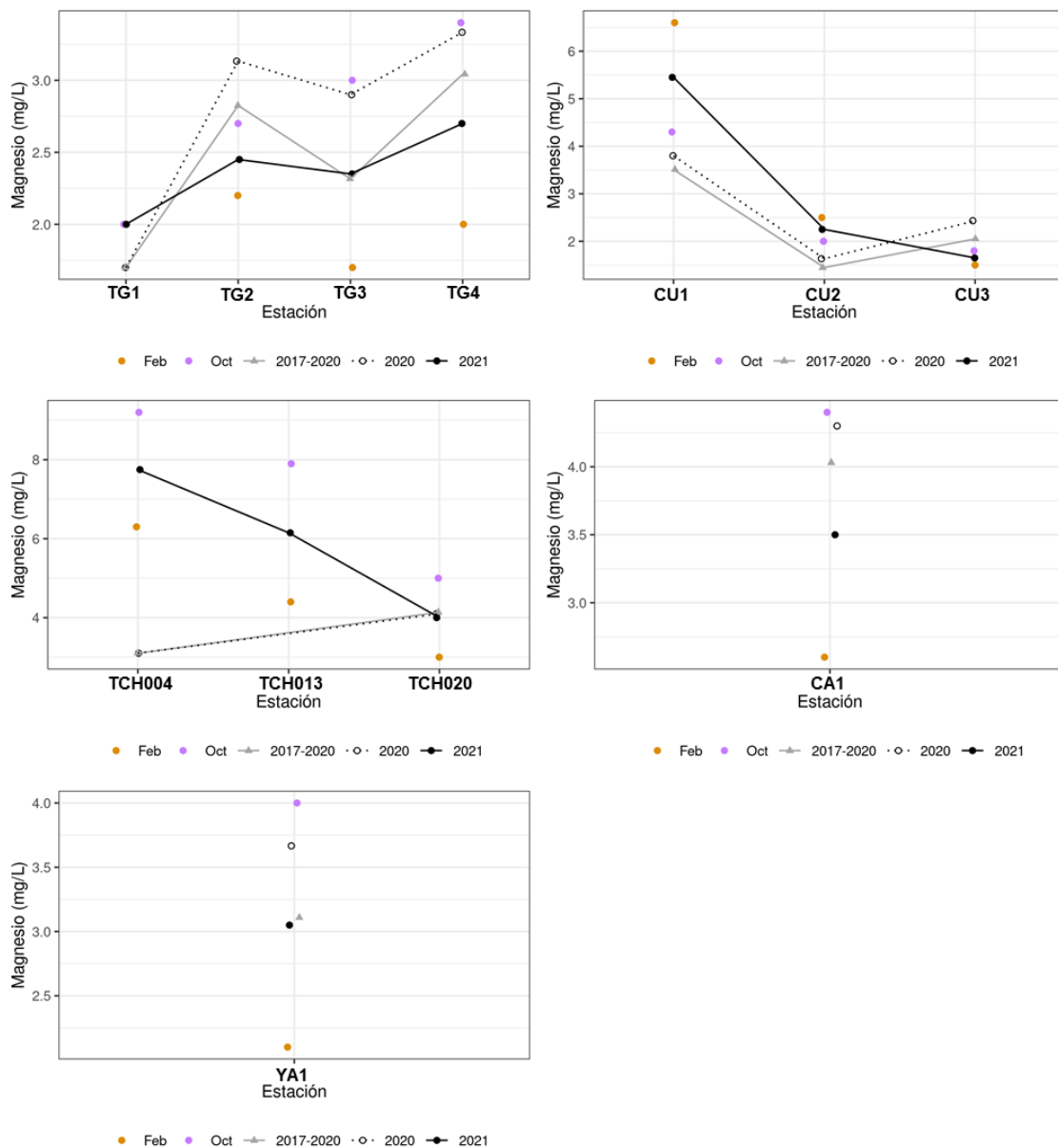


Figura 14. Variación espacial y temporal de Magnesio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Magnesio para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 18. Estadísticas básicas de Magnesio. 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 y modificativos, 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	1,7	1,5	3,0	2,6	2,1
MAX	3,4	6,6	9,2	4,4	4,0
PROM	2,3	3,1	5,9	3,5	3,1
MEDIANA	2,1	2,5	5,6	3,5	3,1
MIN > Estación - Mes	TG3 - 2	CU3 - 2	TCH020 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG3 - 10	CU1 - 2	TCH004 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
STD					
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)					

3.1.4.1.3. Potasio (K)

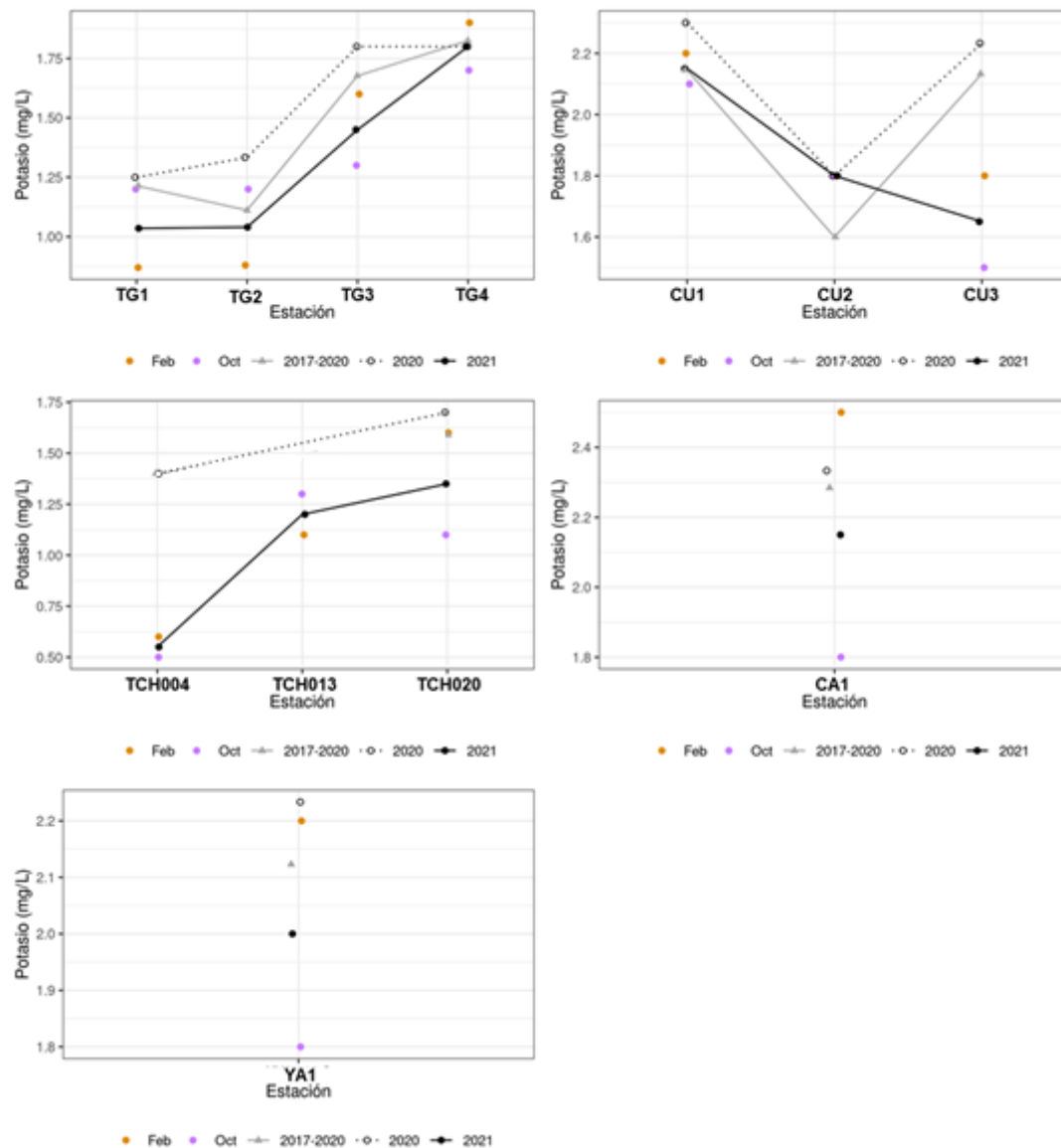


Figura 15. Variación espacial y temporal de Potasio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Potasio para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 19. Estadísticas básicas de Potasio. 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 y modificativos, 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	5	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	0,9	1,5	0,6	1,8	1,8
MAX	1,9	2,2	1,6	2,5	2,2
PROM	1,3	1,9	1,1	2,2	2,0
MEDIANA	1,3	1,8	1,1	2,2	2,0
MIN > Estación - Mes	TG1 - 2	CU3 - 10	TCH004 - 2	CA1 - 10	YA1 - 10
MAX > Estación - Mes	TG4 - 2	CU1 - 2	TCH020 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
STD					
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)					

3.1.4.1.4. Sodio (Na)

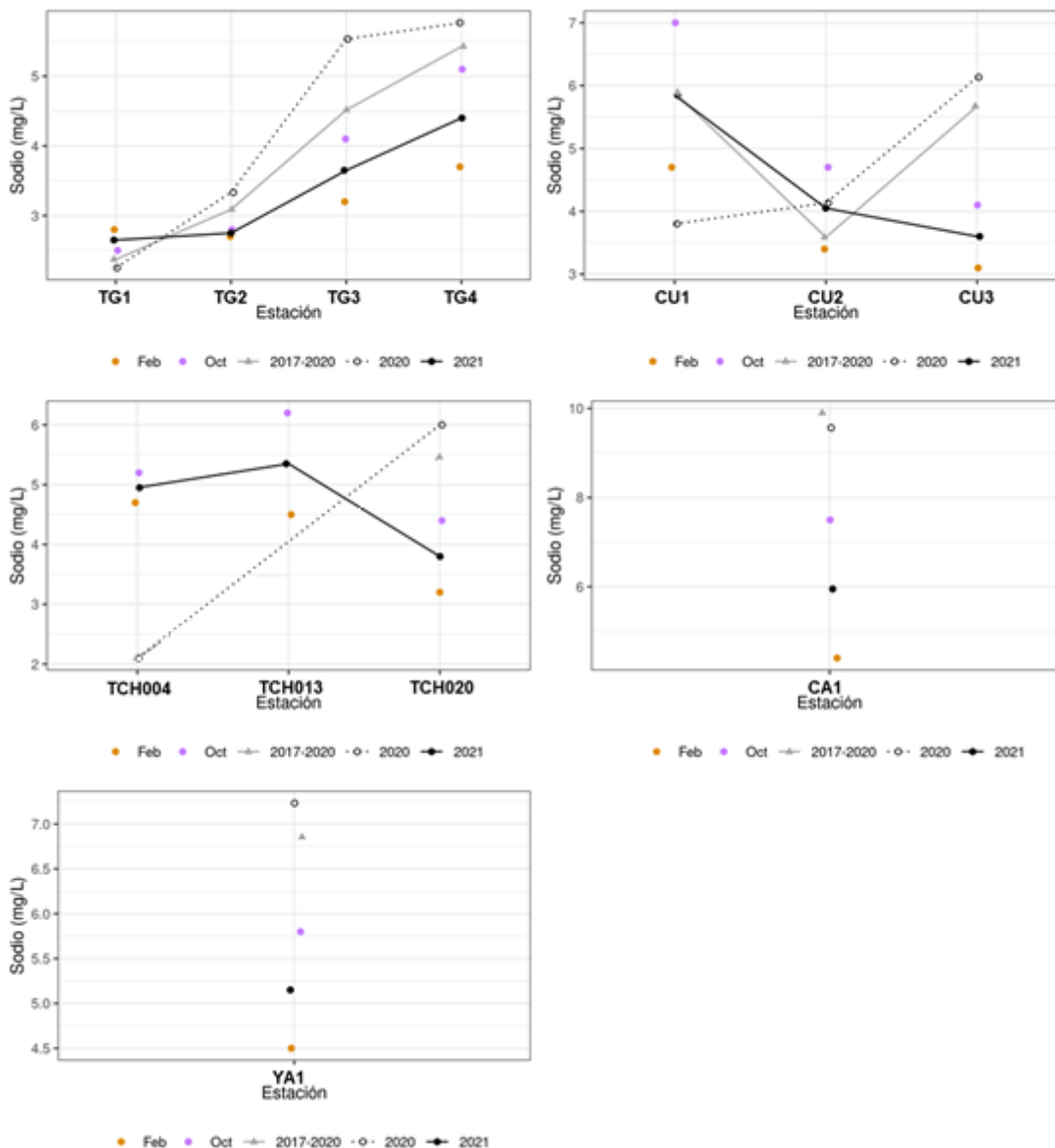


Figura 16. Variación espacial y temporal de Sodio en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Sodio para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 20. Estadísticas básicas de Sodio. 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 y modificativos, 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	5	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	2,5	3,1	3,2	4,4	4,5
MAX	5,1	7,0	6,2	7,5	5,8
PROM	3,4	4,5	4,7	6,0	5,2
MEDIANA	3,0	4,4	4,6	6,0	5,2
MIN > Estación - Mes	TG1 - 10	CU3 - 2	TCH020 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG4 - 10	CU1 - 10	TCH013 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
STD					
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)					

3.1.4.1.5. Relación de absorción de sodio (RAS)

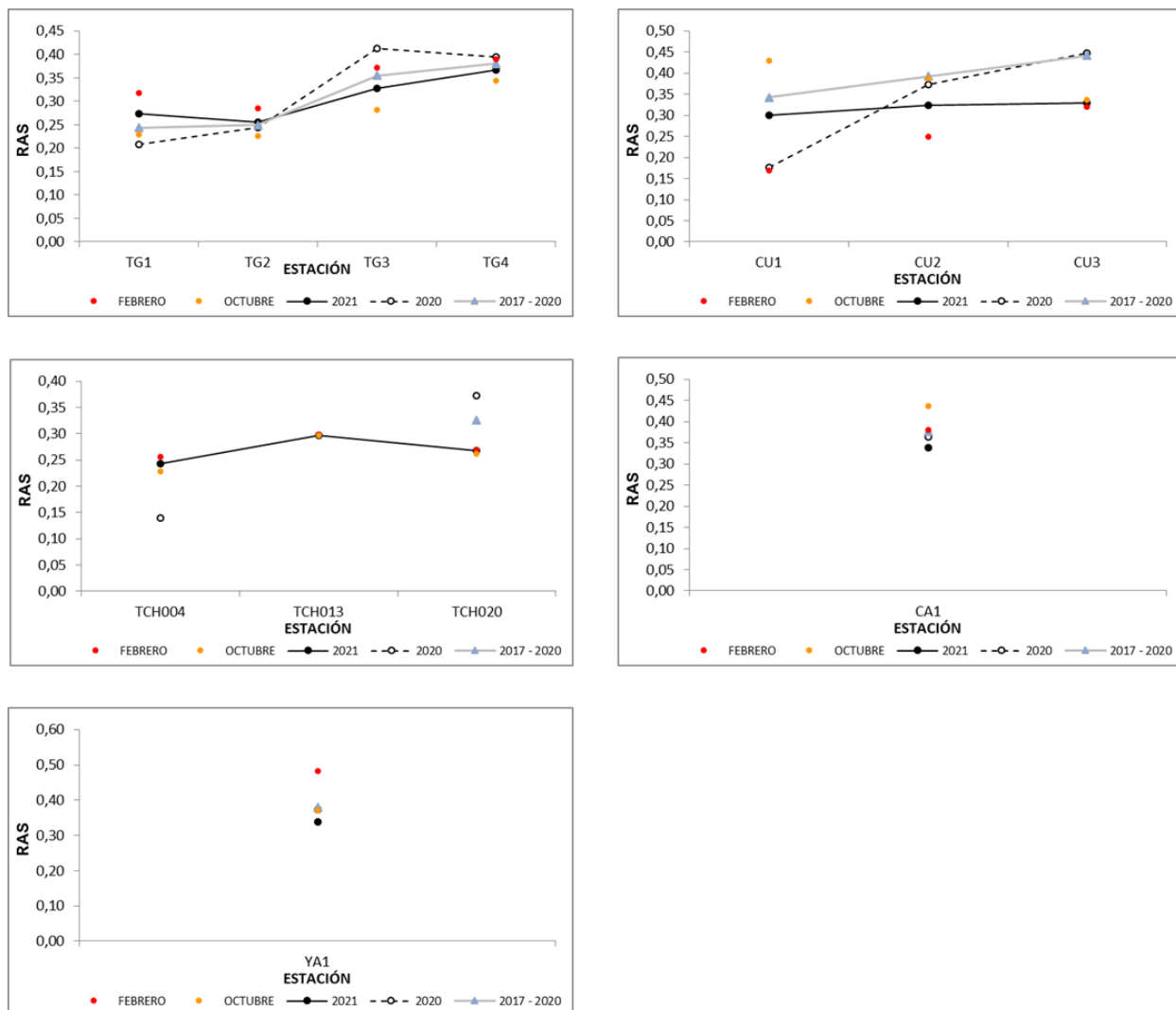


Figura 17. Variación espacial y temporal de RAS en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de RAS para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 21. Estadísticas básicas de RAS. 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 y modificativos, 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	5	2	2
Unidad:					
MIN	0,23	0,17	0,23	0,38	0,37
MAX	0,39	0,42	0,30	0,43	0,48
PROM	0,31	0,32	0,27	0,41	0,43
MEDIANA	0,30	0,32	0,27	0,41	0,43
MIN > Estación - Mes	TG2 - 10	CU1 - 2	TCH004 - 10	CA1 - 2	YA1 - 10
MAX > Estación - Mes	TG4 - 2	CU1 - 10	TCH013 - 2	CA1 - 10	YA1 - 2
STD					
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)					

3.1.4.2. Metales pesados

3.1.4.2.1. Mercurio (Hg)

Casi todos los valores obtenidos de Hg estuvieron por debajo del límite de detección (0,00008 mg/L) y cuantificación (0,00020 mg/L) de la técnica. Únicamente fue detectado en dos oportunidades en el mes de octubre en las estaciones CU2 (0,00025 mg/L) y TG1 (0,0011 mg/L).

La totalidad de las concentraciones se encuentran por debajo del límite estándar fijado en el decreto 253/79 y modificativos (< 0,002 mg/L). Asimismo, todas las concentraciones se encuentran muy por debajo del límite estándar de 0,0001 mg/L sugerido por 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. Por lo cual, todos los valores se encuentran por debajo del estándar mínimo de 0,02 mg/L sugerido por GESTA agua en 2014.

3.1.6. Arsénico (As)

Casi todos los valores obtenidos de As estuvieron por debajo del límite de detección y cuantificación de la técnica. Únicamente fue detectado en dos oportunidades en el mes de febrero en las estaciones CU3 (0,0021 mg/L) y CA1 (0,002 mg/L).

Todas las concentraciones se encuentran por debajo del estándar de 0,005 mg/L establecido por el decreto 253/76 y modificativos.

3.1.7. Nutrientes

3.1.7.1. Nitrito (NO₂)

Para el caso de los Nitritos la mayoría de los valores dieron por debajo del límite de cuantificación y detección de la técnica. Únicamente fueron detectados en la estación CU1 en el mes de octubre (0,042 mg/L), TCH13 en los meses de febrero y octubre (0,01 y 0,014 mg/L, respectivamente) y en la estación TCH2 en el mes de octubre (0,0095 mg/L). Por último, la estación CA1 en el mes de octubre (0,0053 mg/L). Todos los valores observados son inferiores al límite sugerido por GESTA agua 2014 (0,1 mg/L), por lo que el cumplimiento es del 100%.

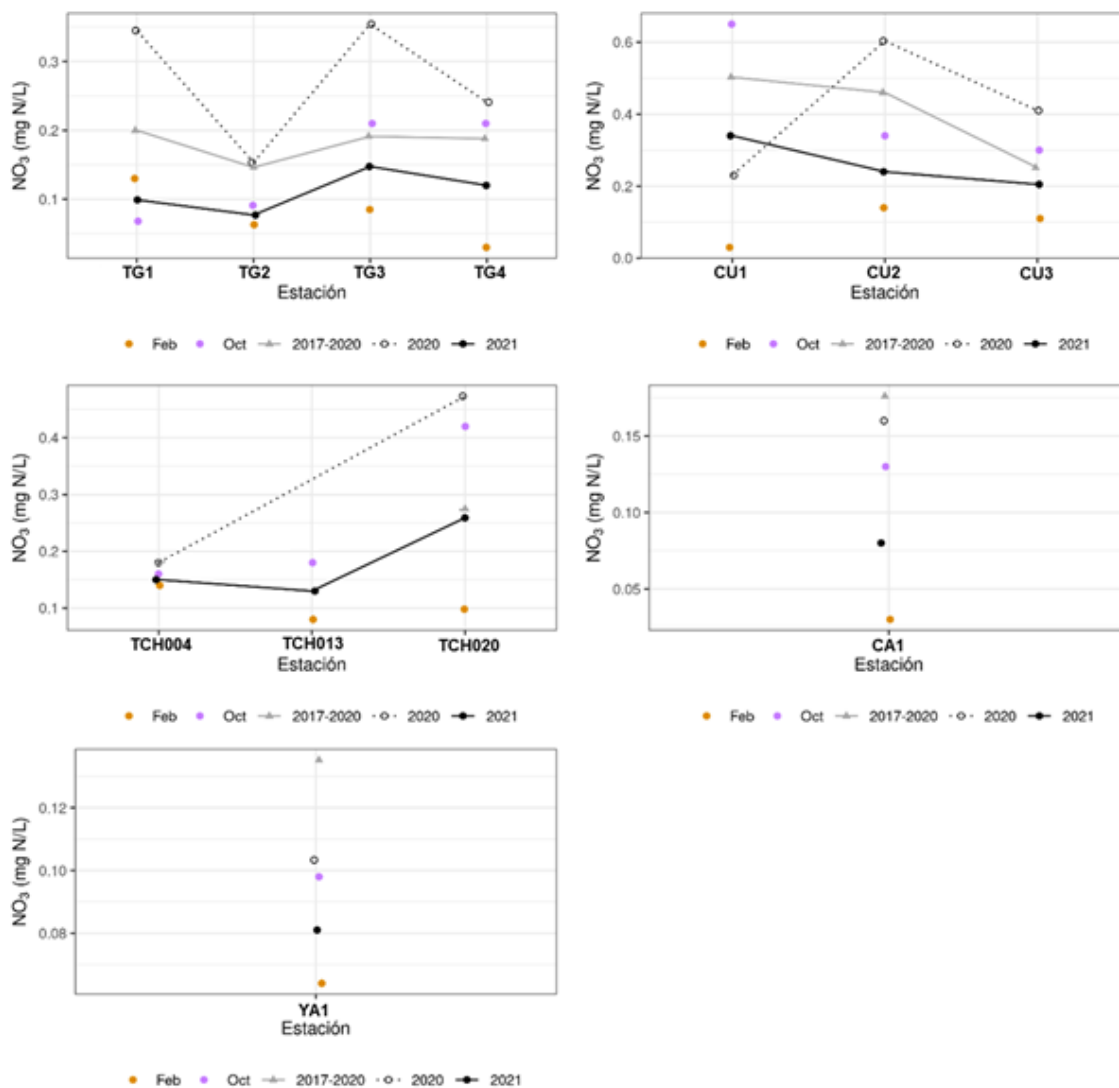
3.1.7.2. Nitrato (NO₃)

Figura 18. Variación espacial y temporal de Nitrato en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Nitrato para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 22. Estadísticas básicas del 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 y modificativos* y valor Gesta 2014**, cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguari
n	8	6	6	2	2
Cuantificados	7	5	6	1	2
Unidad: mg/L					
MIN	0,063	0,110	0,080	-	0,064
MAX	0,210	0,650	0,420	0,13	0,098
PROM	0,122	0,308	0,180	-	0,081
MEDIANA	0,091	0,300	0,150	-	0,081
MIN > Estación - Mes	TG2 - 2	CU3 - 2	TCH13 - 2	-	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG3 - 10	CU1 - 10	TCH2 - 10	CA1	YA1 - 10
STD	10*	10*	10*	10*	10*
	5**	5**	5**	5**	5**
No cumplen STD (n)	0	0	0	0	0
No Cumple (%)	0	0	0	0	0

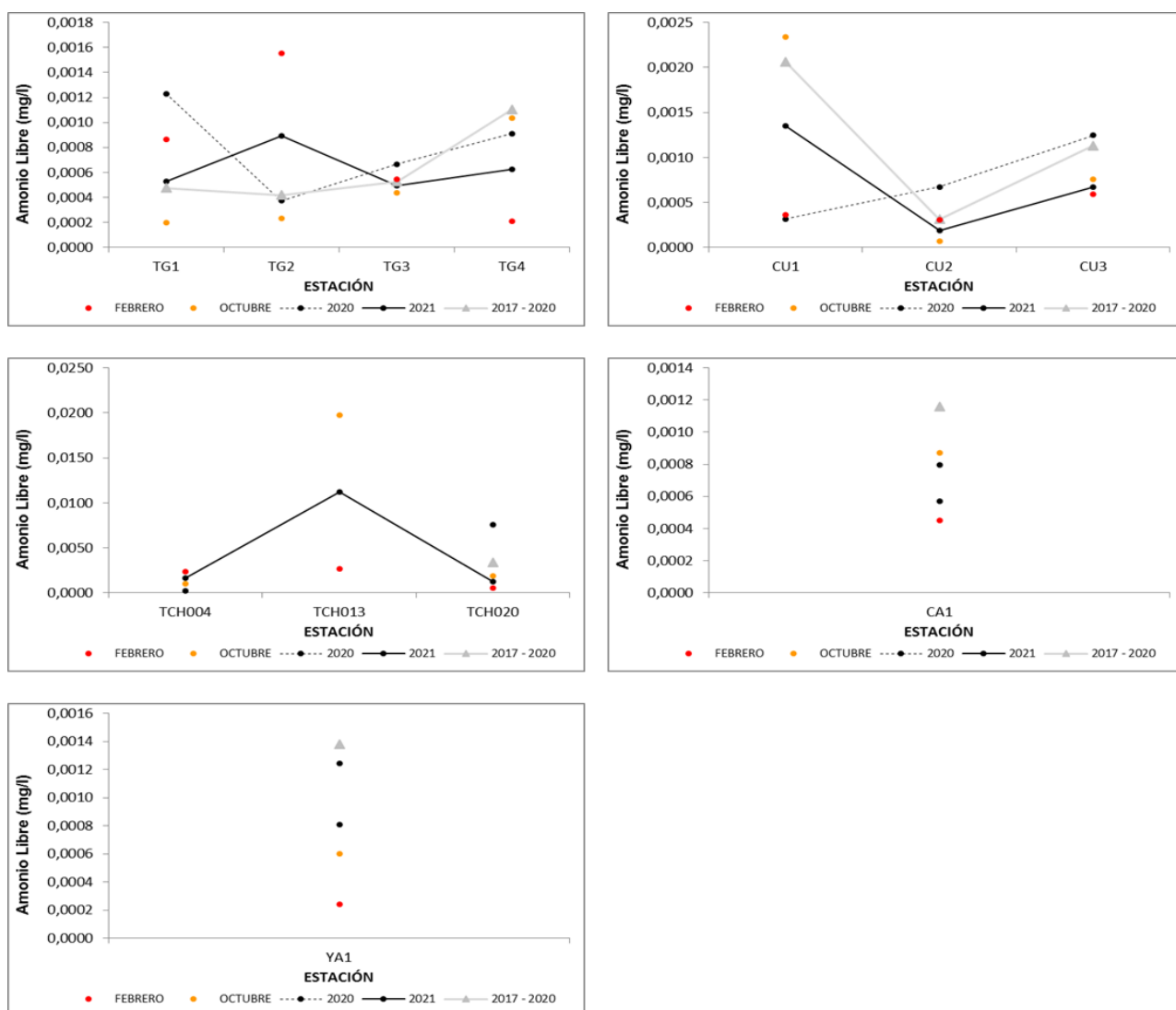
3.1.7.3. Amonio libre (NH₃)

Figura 19. Variación espacial y temporal de Amonio libre en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Amonio libre para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 23. 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 y modificativos* y valor Gesta 2014**, cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor.

	Río Tacuarembó Grande	Arroyo Cuñapirú	Arroyo Tacuarembó Chico	Arroyo Caraguatá	Arroyo Yaguarí
n	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	0,00019	0,00006	0,00054	0,00040	0,00023
MAX	0,00145	0,00230	0,01906	0,00080	0,00058
PROM	0,00060	0,00071	0,00453	0,00063	0,00041
MEDIANA	0,00046	0,00045	0,00202	0,00063	0,00041
MIN > Estación - Mes	TG1 - 10	CU2 - 10	TCH020 - 2	CA1 - 2	YA1 - 10
MAX > Estación - Mes	TG2 - 2	CU1 - 10	TCH013 - 10	CA1 - 10	YA1 - 2
STD	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
No cumplen STD (n)					
No Cumple (%)	0	0	0	0	0

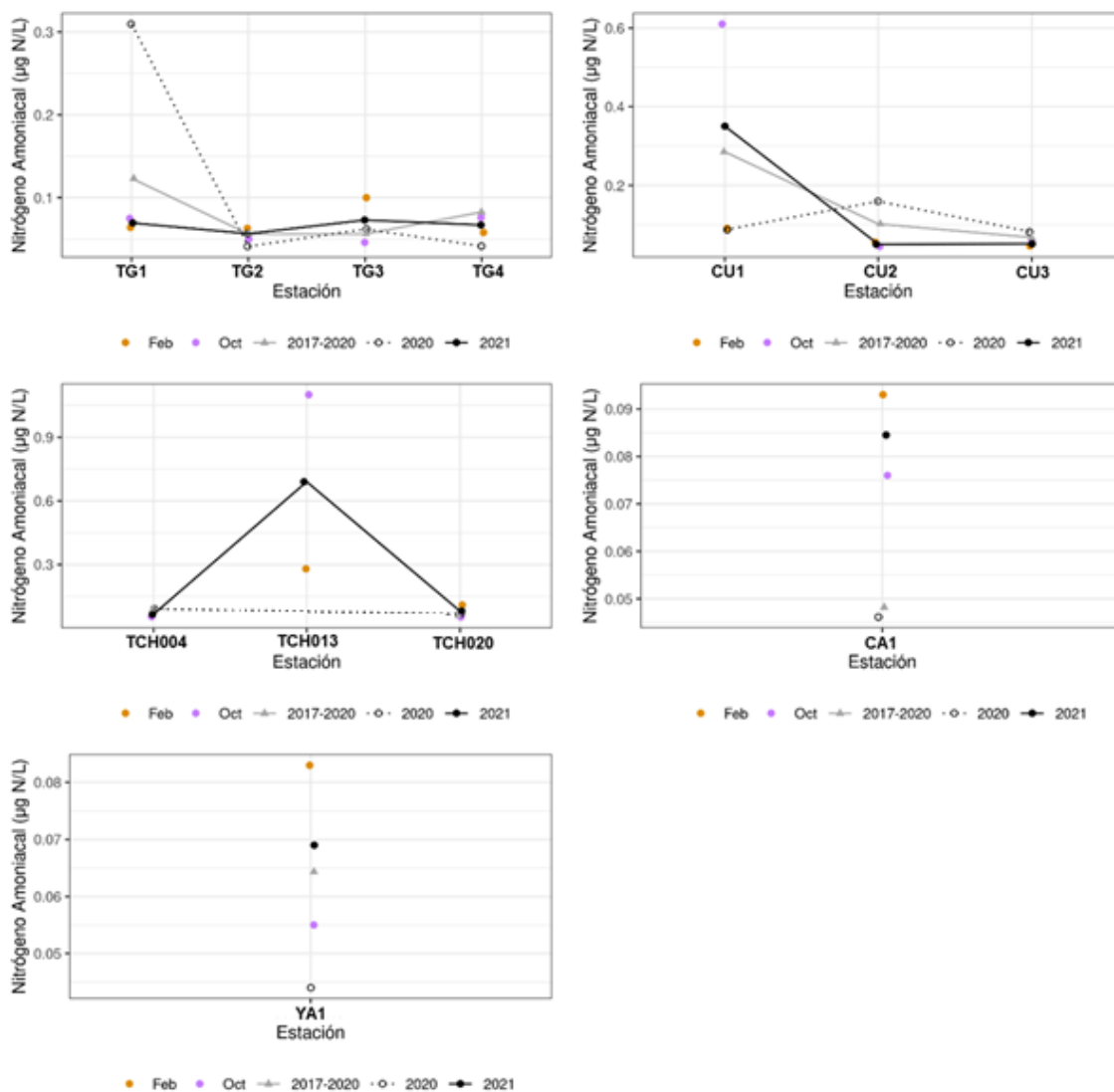
3.1.7.4. Nitrógeno amoniacal (NH_4)

Figura 20. Variación espacial y temporal de Nitrógeno amoniacal en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Nitrógeno amoniacal para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 24. Estadísticas básicas del Nitrógeno amoniacal. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar Gesta 2014 o valor guía (STD), 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	0,046	0,045	0,053	0,076	0,055
MAX	0,100	0,610	1,100	0,093	0,083
PROM	0,067	0,150	0,279	0,084	0,069
MEDIANA	0,064	0,050	0,090	0,084	0,069
MIN > Estación - Mes	TG3 - 10	CU2 - 10	TCH13 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
MAX > Estación - Mes	TG3 - 2	CU1 - 10	TCH2 - 10	CA1 - 2	YA1 - 2
STD	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
No cumplen STD (n)	1	0	1	0	0
No Cumple (%)	12,5	0	16,7	0	0

3.1.7.5. Nitrógeno Total (NT)

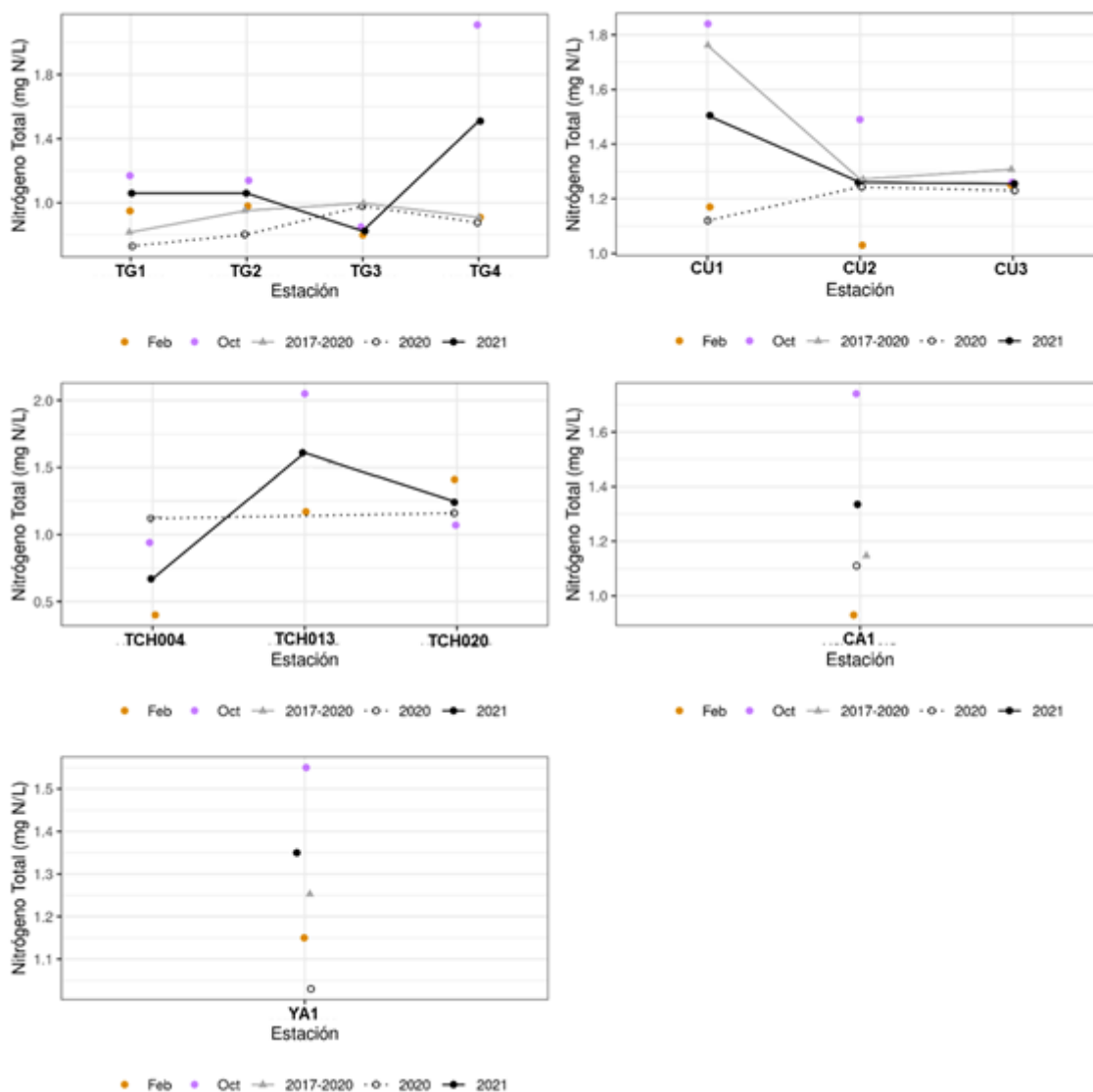


Figura 21. Variación espacial y temporal de Nitrógeno total en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Nitrógeno total para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 25. Estadísticas básicas del Nitrógeno total. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) de la 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: mg/L					
MIN	0,800	1,030	0,400	0,930	1,150
MAX	2,110	1,840	2,050	1,740	1,550
PROM	1,114	1,340	1,173	1,335	1,350
MEDIANA	0,965	1,255	1,120	1,335	1,350
MIN > Estación - Mes	TG3 - 2	CU2 - 2	TCH004 - 2	CA1 - 2	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG4 - 10	CU1 - 10	TCH13 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
STD	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
No cumplen STD (n)	3	6	4	1	2
No Cumple (%)	37,5	100	66,7	50	100

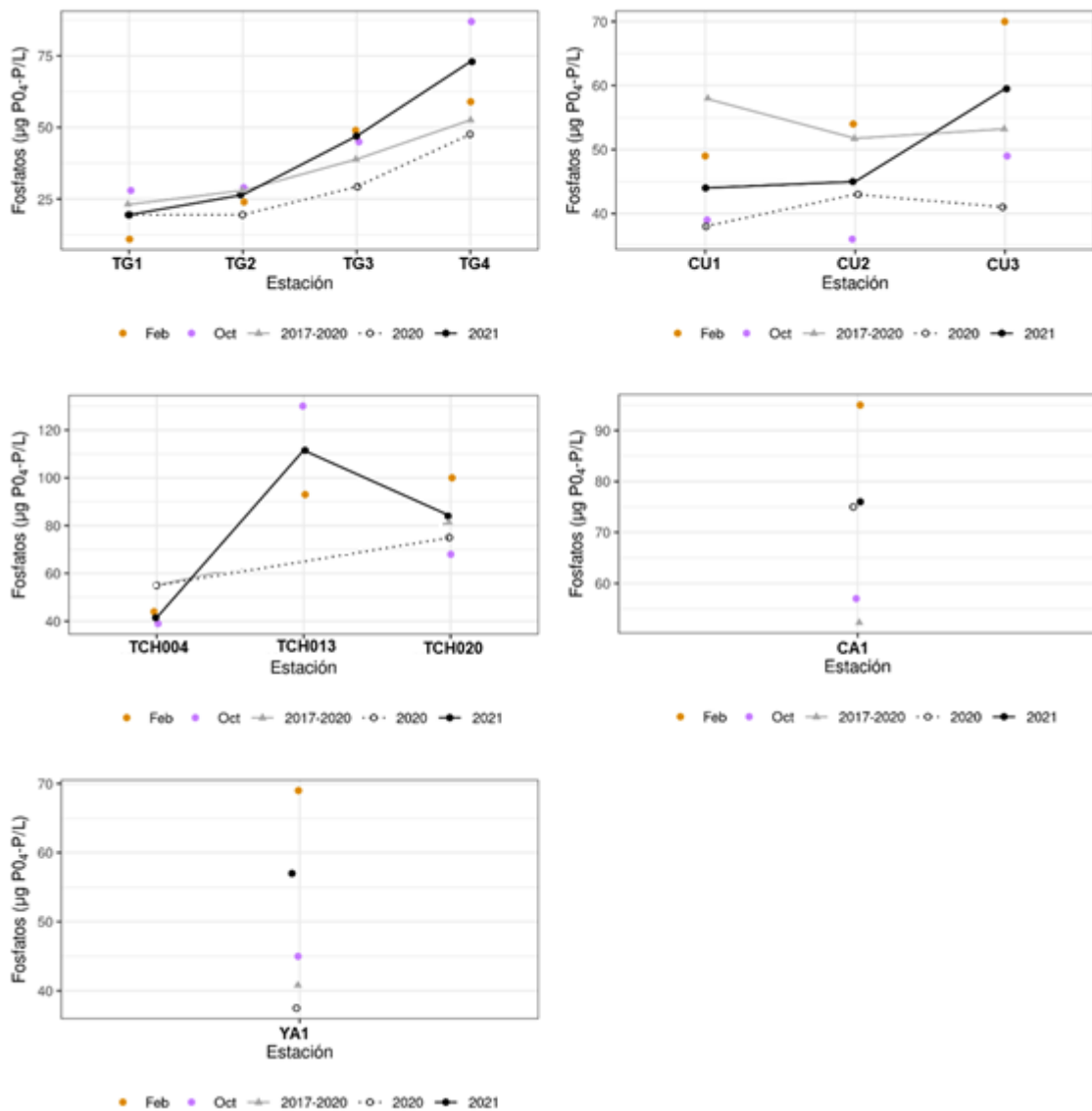
3.1.7.6. Fosfatos (PO₄)

Figura 22. Variación espacial y temporal de Fosfatos en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Fosfatos para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 26. Estadísticas básicas del Fosfato. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD) de la 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 Yaguari
n	8	6	6	2	2
Cuantificados	7	6	6	2	2
Unidad: µg/L					
MIN	24	36	39	57	45
MAX	87	70	130	95	69
PROM	46	50	79	76	57
MEDIANA	45	49	81	76	57
MIN > Estación - Mes	TG2 - 2	CU2 - 10	TCH004 - 10	CA1 - 10	YA1 - 10
MAX > Estación - Mes	TG4 - 10	CU3 - 2	TCH13 - 10	CA1 - 2	YA1 - 2
STD	<35	<35	<35	<35	<35
No cumplen STD (n)	4	6	6	2	2
No Cumple (%)	57,1	100	100	100	100

3.1.7.7. Fósforo total (PT)

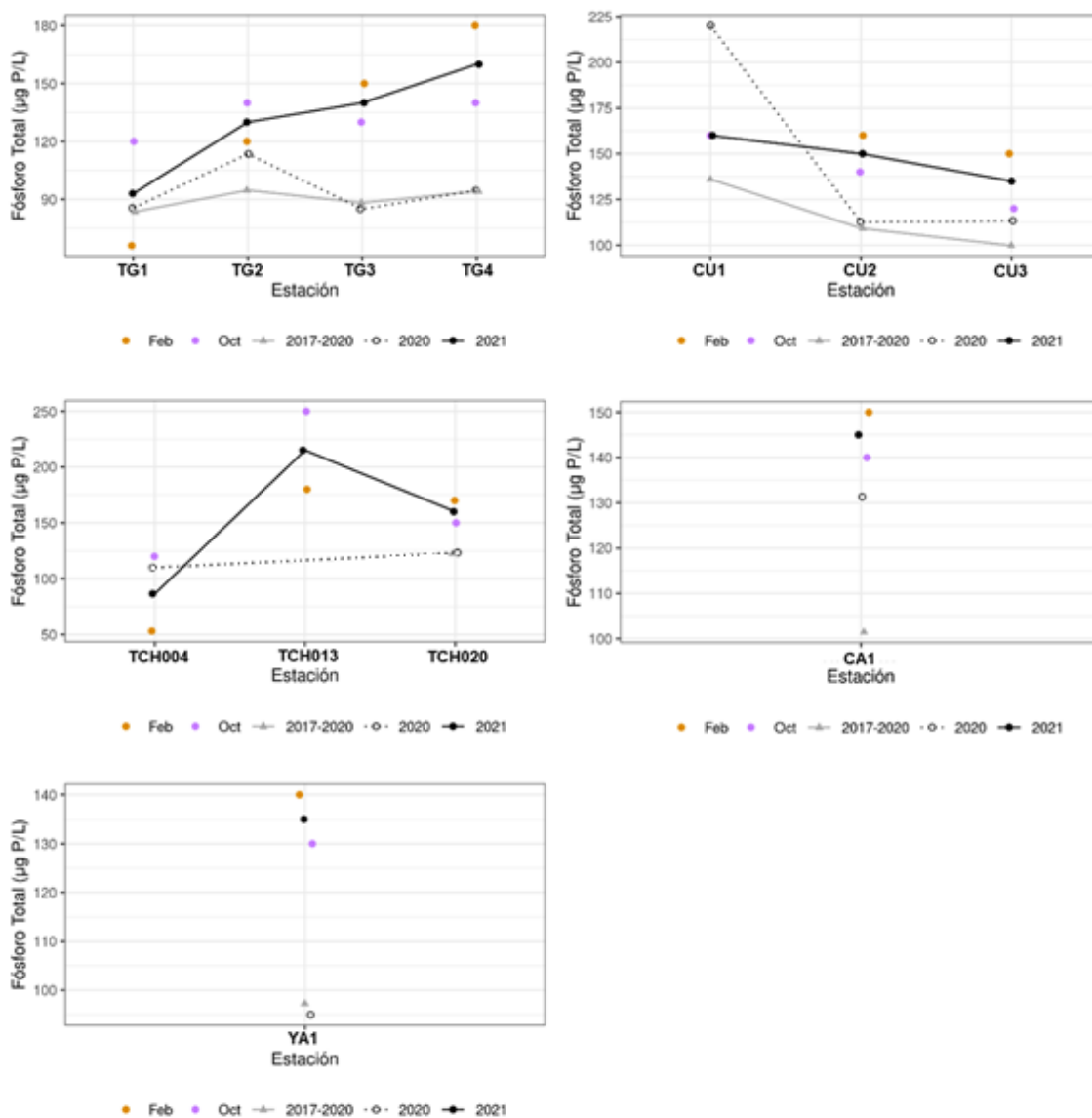


Figura 23. Variación espacial y temporal de Fósforo total en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Fósforo total para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 27. Estadísticas básicas del 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 y modificativos* y valor Gesta 2014**, 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	8	6	6	2	2
Cuantificados	8	6	6	2	2
Unidad: µg/L					
MIN	66	120	53	140	130
MAX	180	160	250	150	140
PROM	131	148	154	145	135
MEDIANA	135	155	160	145	135
MIN > Estación - Mes	TG1 - 2	CU3 - 10	TCH004 - 2	CA1 - 10	YA1 - 10
MAX > Estación - Mes	TG4 - 2	CU1, CU2 - 2; CU1 - 10	TCH13 - 10	CA1 - 2	YA1 - 2
STD	≤ 25*	≤ 25*	≤ 25*	≤ 25*	≤ 25*
	≤ 70**	≤ 70**	≤ 70**	≤ 70**	≤ 70**
No cumplen STD (n)	8*	6*	6*	2*	2*
	7**	6**	5**	2**	2**
No Cumple (%)	100*	100*	100*	100*	100*
	87,5**	100**	83,3**	100**	100**

3.1.8. Variables Biológicas

3.1.8.1. Coliformes Termotolerantes (CT)

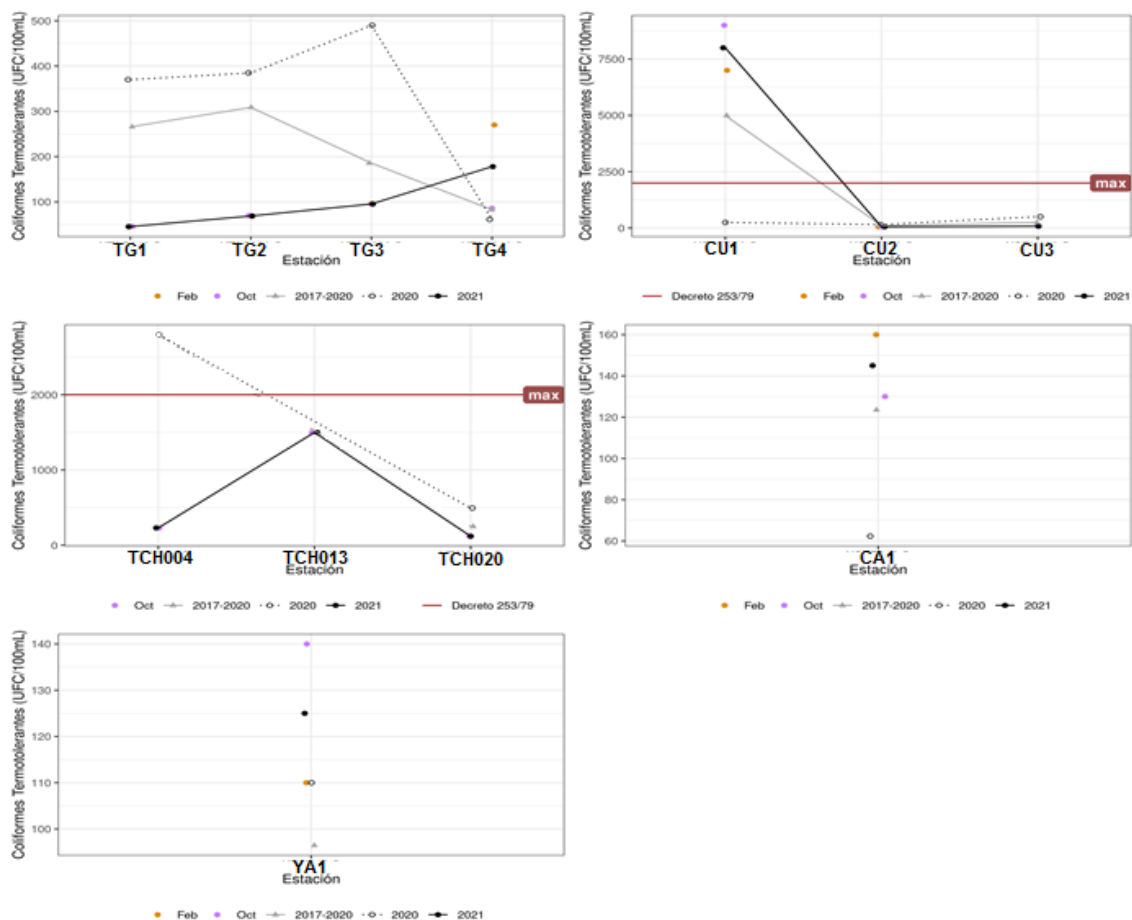


Figura 24. Variación espacial y temporal de Coliformes termotolerantes en la cuenca del río Tacuarembó. Promedio de Coliformes termotolerantes para el año 2021, promedio para el año 2020 y promedio para los 4 años precedentes 2017-2020.

Tabla 28. Estadísticas básicas del 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 y modificativos* y valor Gesta 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	8	6	3	2	2
Cuantificados	8	6	3	2	2
Unidad: ufc/100mL					
MIN	45	53	120	130	110
MAX	270	9000	1500	160	140
PROM	78	2734	617	145	125
MEDIANA	78	145	230	145	125
MIN > Estación - Mes	TG1 - 2	CU2 - 2	TCH020 - 10	CA1 - 10	YA1 - 2
MAX > Estación - Mes	TG4 - 2	CU1 - 10	TCH004 - 10	CA1 - 2	YA1 - 10
STD	2000	2000	2000	2000	2000
No cumplen STD (n)	0	1	0	0	0
No Cumple (%)	0	17	0	0	0

*Para el caso de las estaciones del arroyo Tacuarembó chico únicamente se cuenta con los datos del mes de octubre.

3.1.8.2. Clorofila-*a*

Durante las campañas realizadas en el año 2021, la mayoría de los valores registrados de Clorofila-*a* se encontraron entre el límite de detección y cuantificación. Obteniendo registros para esta variables en 4 ocasiones diferentes en 3 estaciones de monitoreo. En la estación TCH013 en el mes de febrero y octubre (4.4 y 4.1 $\mu\text{g/L}$, respectivamente). Por otro lado, se registró también en las estaciones CA1 (3.2 $\mu\text{g/L}$) y TG2 (4.3 $\mu\text{g/L}$) en los meses de octubre.

Ningún valor registrado supero el valor estándar de 30 $\mu\text{g/L}$ establecido por la Mesa Técnica del Agua en 2017.

3.1.8.3. Feofitina-*a*

Todos los valores registrados de feofitina-*a* se encuentran por debajo del límite de detección y cuantificación.

3.1.9. AOX

Para el caso de los AOX, únicamente se registraron valores cuantificables en el mes de febrero en las siguientes estaciones: CU3 (56 $\mu\text{g/L}$), TG4 (26 $\mu\text{g/L}$), CA1 (20 $\mu\text{g/L}$), YA1 (24 $\mu\text{g/L}$).

De acuerdo con estos resultados, únicamente en la estación CU3 en el mes de febrero no cumplió con el límite de 25 $\mu\text{g/L}$ establecido por la República Federal Alemana.

3.1.10. Fitosanitarios

3.1.10.1. Glifosato

Este compuesto en todas las subcuencas del río Tacuarembó estuvo por debajo del límite de detección y cuantificación de la técnica.

En ningún caso se supera la concentración estándar máxima de 65 $\mu\text{g/l}$ sugerido por GESTA agua en 2014.

3.1.10.2. AMPA

Este compuesto en todas las subcuencas del río Tacuarembó estuvo por debajo del límite de detección y cuantificación de la técnica.

3.1.11. Índices de calidad

Debido a que durante el periodo 2021 únicamente se realizaron 2 monitoreos no fue posible realizar los cálculos de estado trófico (IET) y calidad de agua (IQA) ("Protocolo de cálculo de los índices de calidad de agua (IQA) y estado trófico (IET) en ríos y embalses", Ministerio de Ambiente).

4. SÍNTESIS

De los resultados más relevantes del programa de monitoreo de calidad de agua de la cuenca del río Tacuarembó obtenidos durante el año 2021, se registró un cumplimiento del grupo de estándares de calidad de agua con un 86,0% para la cuenca del arroyo Yaguarí, un 88,9% para la cuenca del río Tacuarembó grande, un 81,5% arroyo Caraguatá, un 81,9% para la cuenca del arroyo Tacuarembó chico y un 83,0% para la cuenca del arroyo Cuñapirú.

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 92% e incumplió con el valor estándar establecido en el decreto 253/79 y modificativos (25 µg/L) en un 100% de las muestras analizadas.

Los fitosanitarios, en ningún caso registraron concentraciones que superaran los límites de la técnica analítica. Esto hace suponer que en caso de existencia de estos fitosanitarios en los diferentes cuerpos de agua, estos estarían en concentraciones muy bajas, no presentando un peligro para el estado ambiental de la cuenca.

5. Bibliografía

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

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

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

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.

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

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.

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