



MVOTMA

Ministerio de Vivienda
Ordenamiento Territorial
y Medio Ambiente

Monitoreo de Calidad del Agua Río Tacuarembó

Informe 2017

Noviembre, 2018



DIVISION DE EVALUACIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL

Luis Reolón

DEPARTAMENTO DE SEGUIMIENTO DE COMPONENTES DEL AMBIENTE

Magdalena Hill

Responsable del Plan de Monitoreo

Alejandro Cendón

Personal responsable del Análisis de la Información

Alejandro Cendón

Revisado

Magdalena Hill, Natalie Corrales

Muestreo y análisis de campo

Javier Martínez
Alejandro Cendón
Guillermo Cervetto
Mario Acosta
Jorge Rodríguez

Laboratorio central

Natalia Barboza
Patricia Simone
Alejandro Mangarelli
Vivian Muñoz
Roxana Gálvez
Gabriela Pistone
Carolina Grau

Elaboración de Mapas

Pablo Pereyra

Índice

1.	INTRODUCCIÓN	14
1.1	Objetivos del plan	14
1.2	Objetivos específicos	14
1.3	Caracterización de la cuenca del río Tacuarembó	14
1.3.1	Fisiografía	17
1.3.2	Geología de la cuenca del río Tacuarembó	18
2	ASPECTOS METODOLÓGICOS: EL PLAN DE MONITOREO	19
2.1	Diseño del plan de monitoreo	24
2.2	Frecuencia de muestreo	24
2.3	Estaciones seleccionadas para cada sustrato	24
2.4	Aseguramiento de la calidad analítica	24
3	RESULTADOS	25
3.1	Cuenca del río Tacuarembó Grande	25
3.1.1	Parámetros de medición in situ	25
3.1.1.1	Temperatura	25
3.1.1.2	Conductividad	26
3.1.1.3	pH	26
3.1.1.4	Oxígeno disuelto	27
3.1.2	Resultados analíticos	27
3.1.2.1	Coliformes termotolerantes	27
3.1.2.2	Calcio	28
3.1.2.3	Magnesio	28
3.1.2.4	Sodio	29
3.1.2.5	Potasio	29
3.1.2.6	Alcalinidad	30
3.1.2.7	Sólidos totales	30
3.1.2.8	Sólidos totales fijos	31
3.1.2.9	Sólidos totales volátiles	31
3.1.2.10	Sólidos suspendidos totales	32
3.1.2.11	Demanda biológica de oxígeno (DBO5)	32
3.1.2.12	Demanda química de oxígeno (DQO)	33
3.1.2.13	Fósforo total	33
3.1.2.14	Fósforo reactivo soluble	33
3.1.2.15	Nitrógeno total	34
3.1.2.16	Nitrógeno amoniacal	34
3.1.2.17	Nitrito	35
3.1.2.18	Nitrato	35
3.1.2.19	Clorofila a	35
3.1.2.20	Feofitina	36
3.1.2.21	Sustancias Fenólicas	36
3.2	Cuenca del río Tacuarembó Chico	37
3.2.1	Parámetros de medición in situ	37
3.2.1.1	Temperatura	37
3.2.1.2	Conductividad	37
3.2.1.3	pH	38
3.2.1.4	Oxígeno disuelto	38
3.2.2	Resultados analíticos	39
3.2.2.1	Coliformes termotolerantes	39
3.2.2.2	Calcio	39
3.2.2.3	Magnesio	40
3.2.2.4	Sodio	40
3.2.2.5	Potasio	41
3.2.2.6	Alcalinidad	41
3.2.2.7	Sólidos totales	42
3.2.2.8	Sólidos totales fijos	42
3.2.2.9	Sólidos totales volátiles	43
3.2.2.10	Sólidos suspendidos totales	43

3.2.2.11	Demanda biológica de oxígeno (DBO5)	44
3.2.2.12	Demanda química de oxígeno (DQO)	44
3.2.2.13	Fósforo total	45
3.2.2.14	Fósforo reactivo soluble	45
3.2.2.15	Nitrógeno amoniacal	46
3.2.2.16	Nitrato	46
3.2.2.17	Nitrógeno Total	46
3.2.2.18	Clorofila a	47
3.2.2.19	Feofitina	47
3.2.2.20	Sustancias fenólicas	47
3.3	Cuenca del arroyo Cuñapirú	48
3.3.1	Parámetros de medición in situ	48
3.3.1.1	Temperatura	48
3.3.1.2	Conductividad	48
3.3.1.3	pH	49
3.3.1.4	Oxígeno disuelto	49
3.3.2	Resultados analíticos	50
3.3.2.1	Coliformes termotolerantes	50
3.3.2.2	Calcio	50
3.3.2.3	Magnesio	51
3.3.2.4	Sodio	51
3.3.2.5	Potasio	52
3.3.2.6	Alcalinidad	52
3.3.2.7	Sólidos totales	53
3.3.2.8	Sólidos totales fijos	53
3.3.2.9	Sólidos totales volátiles	54
3.3.2.10	Sólidos suspendidos totales	54
3.3.2.11	Demanda biológica de oxígeno (DBO5)	54
3.3.2.12	Fósforo total	55
3.3.2.13	Fósforo reactivo soluble	55
3.3.2.14	Nitrógeno total	56
3.3.2.15	Nitrógeno amoniacal	56
3.3.2.16	Nitrito	57
3.3.2.17	Nitrato	57
3.3.2.18	Clorofila a	57
3.3.2.19	Feofitina	58
3.3.2.20	Sustancias fenólicas	58
3.4	Arroyos Caraguatá y Yaguarí	59
3.4.1	Parámetros de medición in situ	60
3.4.1.1	Temperatura	60
3.4.1.2	Conductividad	60
3.4.1.3	pH	60
3.4.1.4	Oxígeno disuelto	61
3.4.2	Resultados analíticos	61
3.4.2.1	Coliformes termotolerantes	61
3.4.2.2	Calcio	62
3.4.2.3	Magnesio	62
3.4.2.4	Sodio	62
3.4.2.5	Potasio	63
3.4.2.6	Alcalinidad	63
3.4.2.7	Sólidos totales	63
3.4.2.8	Sólidos totales fijos	64
3.4.2.9	Sólidos totales volátiles	64
3.4.2.10	Sólidos suspendidos totales	65
3.4.2.11	Fósforo total	65
3.4.2.12	Fósforo reactivo soluble	65
3.4.2.13	Nitrógeno total	66
3.4.2.14	Nitrógeno amoniacal	66
3.4.2.15	Nitrato	66

3.4.2.16	Clorofila a	67
3.4.2.17	Feofitina	67
3.4.2.18	Sustancias fenólicas	68
4	CONCLUSIONES DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO TACUAREMBÓ Y FUTURAS ACCIONES.	68
5	ANEXOS	69
5.1	LISTA DE ACRÓNIMOS	69
5.2	UNIDADES DE PESO Y MEDIDAS	70
6	BIBLIOGRAFÍA	71

Índice de figuras

Figura 1. Cuenca del río Tacuarembó. Ubicación del acuífero Guaraní y de la cuenca hidrográfica del río Tacuarembó. Fuente DINAMA 2018.	16
Figura 2. Cuenca del río Tacuarembó. Mapa con zona de afloramiento del SAG. Fuente DINAMA 2018.	17
Figura 3. Cuenca del río Tacuarembó. Usos del suelo en la cuenca hidrográfica del río Tacuarembó. Fuente DINAMA 2018.	17
Figura 4. Cuenca del río Tacuarembó. Ubicación de las estaciones de medición de caudal, Fuente DINAMA - DINAGUA.	18
Figura 5. Detalle del mapa de terrenos geológicos del Uruguay (DIA-DINAMA-MVOTMA).	19
Figura 6. Cuenca del río Tacuarembó. Ubicación de las estaciones de monitoreo evaluadas para el año 2017. Fuente DINAMA 2018.	20
Figura 7. Izquierda: variación de la temperatura del agua en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	26
Figura 8. Izquierda: variación de la conductividad en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	27
Figura 9. Izquierda: variación del pH en cada estación de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. Las líneas rojas muestran los límites dentro de los que los valores de pH son considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	27
Figura 10. Izquierda: variación de la concentración de oxígeno disuelto en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea roja muestra el límite por sobre el cual deben encontrarse los valores de oxígeno disuelto para ser considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	28
Figura 11. Izquierda: variación de los coliformes termotolerantes en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	28
Figura 12. Izquierda: variación de la concentración de calcio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	29
Figura 13. Izquierda: variación de la concentración de magnesio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	29
Figura 14. Izquierda: variación de la concentración de sodio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	30
Figura 15. Izquierda: variación de la concentración de potasio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	30
Figura 16. Izquierda: variación de la alcalinidad en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	31
Figura 17. Izquierda: variación de la concentración de sólidos totales en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	31
Figura 18. Izquierda: variación de la concentración de sólidos totales fijos en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	32
Figura 19. Izquierda: variación de la concentración de sólidos totales volátiles en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	32
Figura 20. Izquierda: variación de la concentración de sólidos suspendidos totales en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha:	33

datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	
Figura 21. Registro de la demanda biológica de oxígeno para la estación TG3 a lo largo del año 2017.	33
Figura 22. Izquierda: variación de la concentración de fósforo total en los sitios de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea roja muestra el límite permitido para la clase 3 por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	34
Figura 23. Izquierda: variación de la concentración de fósforo reactivo soluble en los sitios de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	34
Figura 24. Izquierda: variación de la concentración de nitrógeno total en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	35
Figura 25. Izquierda: variación de la concentración de nitrógeno amoniacal en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	35
Figura 26. Izquierda: variación de la concentración de nitrato en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	36
Figura 27. Izquierda: variación de la concentración de clorofila a en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	36
Figura 28. Izquierda: variación de la concentración de feofitina en sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	37
Figura 29. Izquierda: variación de la temperatura en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	38
Figura 30. Izquierda: variación de la conductividad en los sitios monitoreados. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	38
Figura 31. Izquierda: variación del pH en los sitios monitoreados. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. Las líneas rojas muestran los límites dentro de los que los valores de pH son considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	39
Figura 32. Izquierda: variación de la concentración de oxígeno disuelto en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea roja muestra el límite por sobre el cual deben encontrarse los valores de oxígeno disuelto para ser considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	39
Figura 33. Variación de los coliformes termotolerantes en la estación TCH1 a lo largo del año 2017 . En negro el promedio anual y rojo el máximo y el mínimo.	40
Figura 34. Izquierda: variación de la concentración de calcio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	40
Figura 35. Izquierda: variación de la concentración de magnesio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	41
Figura 36. Izquierda: variación de la concentración de sodio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	41
Figura 37. Izquierda: variación de la concentración de potasio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	42
Figura 38. Valor promedio, máximo y mínimo de la alcalinidad en la estación TCH1 del río Tacuarembó chico. En negro el promedio anual y en rojo el máximo y el mínimo.	42

Figura 39. Izquierda: variación de la concentración de sólidos totales en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	43
Figura 40. Izquierda: variación de la concentración de sólidos totales fijos en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	43
Figura 41. Izquierda: variación de la concentración de sólidos totales volátiles en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	44
Figura 42. Izquierda: variación de la concentración de sólidos suspendidos totales en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	44
Figura 43. Izquierda: Distribución espacial de la DBO5 en el área de estudio. En negro el promedio anual para la estación y en rojo el máximo y el mínimo. Derecha: los resultados obtenidos por campaña para la estación de monitoreo TCH1 del río Tacuarembó Chico.	45
Figura 44. Izquierda: promedio, máximo y mínimo en la estación TCH 1 del río Tacuarembó Chico. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación.	45
Figura 45. Izquierda: distribución espacial del fósforo total en el área de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea roja muestra el límite permitido para la clase 3 por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	46
Figura 46. Izquierda: distribución espacial del fósforo reactivo soluble en el área de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	46
Figura 47. Izquierda: distribución espacial de nitrógeno amoniacal en el área de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	47
Figura 48. Izquierda: distribución espacial de nitrato en el área de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	47
Figura 49. Izquierda: variación de la concentración de nitrógeno total en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	48
Figura 50. Izquierda: distribución espacial de sustancias fenólicas en el área de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	48
Figura 51. Izquierda: Variación de la temperatura del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	49
Figura 52. Izquierda: variación de la conductividad del agua en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	49
Figura 53. Izquierda: variación del pH del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. Las líneas rojas muestran los límites dentro de los que los valores de pH son considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	50
Figura 54. Izquierda: variación del oxígeno disuelto en el agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea roja muestra el límite por sobre el cual deben encontrarse los valores de oxígeno disuelto para ser considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	50
Figura 55. Izquierda: variación de los coliformes termotolerantes en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	51

Figura 56. Izquierda: variación del Calcio del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	51
Figura 57. Izquierda: variación del magnesio del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	52
Figura 58. Izquierda: variación del magnesio del agua para la estación CU3. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	52
Figura 59. Izquierda: variación del magnesio del agua para la estación CU3. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	53
Figura 60. Izquierda: variación de la alcalinidad total del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	53
Figura 61. Izquierda: variación de los sólidos totales del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	54
Figura 62. Izquierda: variación de los sólidos totales fijos del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	54
Figura 63. Izquierda: variación de los sólidos totales volátiles del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	55
Figura 64. Izquierda: variación de la DBO5 del agua para la estación de monitoreo CU1. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación.	55
Figura 65. Izquierda: variación del fósforo total del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea roja muestra el límite permitido para la clase 3 por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	56
Figura 66. Izquierda: variación del fósforo reactivo del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	56
Figura 67. Izquierda: variación del nitrógeno total del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	57
Figura 68. Izquierda: variación del nitrógeno amoniacal del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	57
Figura 69. Variación del nitrito del agua en la estación de monitoreo CU1. En negro el promedio anual por estación y en rojo el máximo y el mínimo por estación.	58
Figura 70. Izquierda: variación del nitrato del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	58
Figura 71. Izquierda: variación de la clorofila a del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	59
Figura 72. Izquierda: variación de la feofitina del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	59
Figura 73. Izquierda: variación de las sustancias fenólicas del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.	60
Figura 74. Variación de la temperatura en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	61
Figura 75. Variación de la conductividad en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	61
Figura 76. Variación del pH en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año. Las líneas rojas muestran	62

los límites dentro de los que los valores de pH son considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos.	
Figura 77. Variación del oxígeno disuelto en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año. La línea roja muestra el límite por sobre el cual deben encontrarse los valores de oxígeno disuelto para ser considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos.	62
Figura 78. Variación de los coliformes termotolerantes en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	63
Figura 79. Variación de la concentración de calcio en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	63
Figura 80. Variación de la concentración de magnesio en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	63
Figura 81. Variación del sodio en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	64
Figura 82. Variación del potasio en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	64
Figura 83. Variación de la alcalinidad total en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	64
Figura 84. Variación de los sólidos totales total en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	65
Figura 85. Variación de los sólidos totales fijos en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	65
Figura 86. Variación de los sólidos totales volátiles en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	65
Figura 87. Variación de los sólidos suspendidos totales en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	66
Figura 88. Variación del fósforo total en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año. La línea roja muestra el límite permitido para la clase 3 por el decreto 253/79 y modificativos.	66
Figura 89. Variación del fósforo reactivo soluble en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	67
Figura 90. Variación del nitrógeno total en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	67
Figura 91. Variación del nitrógeno amoniacal en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	67
Figura 92. Variación del nitrato en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	68
Figura 93. Variación de la clorofila a en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	68
Figura 94. Variación de la feofitina en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	68
Figura 95. Variación de la concentración de las sustancias fenólicas en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.	69

Índice de tablas

Tabla I. Tabla de usos del suelo en la cuenca del río Tacuarembó.	18
Tabla II. Estaciones de monitoreo de la cuenca del río Tacuarembó.	20
Tabla III. Lista de las variables monitoreadas en el río Tacuarembó.	21
Tabla IV. Estándares de calidad de agua definidos para la clase 3 del decreto 253/79 y modificativos.	21
Tabla V. Estándares de calidad de agua definidos para objetivos de calidad de agua de la versión Gesta Agua de diciembre 2014.	22
Tabla VI. Lista de sustancias orgánicas tóxicas prioritarias para el ecosistema acuático, que integrarán el objetivo de calidad con los valores que allí se establece para cada sustancia.	23

Agradecimientos

Al personal administrativo de DINAMA por el apoyo que brindan permanentemente, y que hacen posible que los cuerpos técnicos puedan realizar su trabajo eficientemente.

RESUMEN EJECUTIVO

En este informe se caracteriza a la cuenca del río Tacuarembó a partir de relevamiento bibliográfico y se recopilan las características físico-químicas registradas en los sistemas acuáticos de la cuenca a partir del monitoreo de calidad de agua llevado a cabo por la Dirección Nacional de Medio Ambiente, entre enero de 2017 y diciembre de 2017. Las campañas de monitoreo de la cuenca del río Tacuarembó se realizan cada tres meses, por lo que se cuenta con cuatro tomas de muestras a lo largo del año. La ejecución del monitoreo implica recorrer alrededor de 1700 Km en una semana, donde el 33% se realiza por caminería rural en mal estado. Existen 3 estaciones de monitoreo que no son accesibles cuando llueve en exceso, las restantes 5 estaciones se encuentran sobre puentes carreteros y fueron elegidas con el espíritu de evaluar la cuenca en todas las condiciones climáticas posibles.

De los resultados obtenidos se desprende que la calidad del agua en la cuenca del río Tacuarembó es buena salvo para la variable de fósforo total cuyos valores superan el límite establecido como aceptable en la reglamentación (i.e. decreto 253/79 y documento Gesta Agua de Diciembre 2014). Asimismo dos estaciones de monitoreo de impacto ubicadas cerca de las ciudades de Rivera (CU1 en el arroyo Cuñapirú) y Tacuarembó (TCH1 en el río Tacuarembó Chico) no cumplen con los límites establecidos por la reglamentación en términos de sus valores de coliformes termotolerantes.

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 ambiente. En el escenario mundial, la inminente escasez de los recursos hídricos y la creciente presión antrópica sobre los sistemas acuáticos, hace imprescindible una gestión integrada de este recurso con el fin de aspirar a un desarrollo económico equilibrado y en consonancia con la preservación del ambiente.

La aplicación de los principios orientadores de gestión de agua deberá ordenar sus múltiples usos y regular su preservación para generaciones futuras, minimizando e incluso evitando problemas vinculados a la escasez y a la contaminación, que en última instancia afectan y comprometen sus diversos usos.

La Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) es el organismo responsable a nivel nacional de la formulación, ejecución, supervisión y evaluación de los *Planes Nacionales de Protección del Ambiente* y de proponer e instrumentar la política nacional en la materia, generando pautas que garanticen un desarrollo sostenible.

El Departamento de 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. Asimismo, según la resolución de la Dirección Nacional de Agua del MVOTMA con fecha 17 de octubre de 2013, se conformó la comisión de cuenca del río Tacuarembó, integrada por 16 miembros (cinco representantes del gobierno, cinco representantes de la sociedad civil y seis usuarios). Dada la necesidad de realizar una evaluación integral de la cuenca del río Negro y el interés manifestado por los integrantes de la comisión de cuenca del río Tacuarembó, el DSCA procedió a implementar el presente monitoreo que pretende ser una herramienta que permitan conocer, vigilar y gestionar su calidad del agua.

Desarrollar este plan ha implicado un gran esfuerzo. Cada campaña fue un nuevo desafío en el que profesionales, técnicos y colaboradores de diferentes ámbitos debieron trabajar en forma coordinada y bajo protocolos establecidos, para garantizar la calidad del trabajo de campo, el traslado de las muestras, análisis de laboratorio, evaluación de los datos así como la interpretación de los resultados.

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.

1.2 Objetivos específicos

- a) Identificar descargas puntuales o difusas, tanto domésticas como industriales o agropecuarias, que afecten la calidad ambiental.
- b) Evaluar la evolución ambiental en la cuenca del río Tacuarembó.

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.

1.3 Caracterización de la cuenca del río Tacuarembó

Para la elaboración de este capítulo se obtuvo información secundaria a partir de la compilación de información publicada y de informes técnicos de la DINAMA.

La cuenca del río Tacuarembó integra la región hidrográfica del río Uruguay y la cuenca alta del río Negro. Tiene una superficie de 16273 Km² y la integran los departamentos de Rivera y Tacuarembó. Recoge aportes de los siguientes arroyos principales: Cuñapirú, Zapucay, Lunarejo, las Cañas, Tres Cruces, Tranqueras, Batoví, del Sauce, Caraguatá y Yaguarí, así como los aportes del río Tacuarembó Chico. Asimismo, en esta cuenca se encuentra una de las principales zonas de recarga del acuífero Guaraní. El uso principal de suelo de la cuenca es herbáceo natural lo que la define como una cuenca mayoritariamente ganadera, seguido de plantaciones forestales en el noroeste y cultivos de secano e inundables en el sur y sur este.

La población de la cuenca del río Tacuarembó, según el censo del Instituto Nacional de estadística (INE, 2011), cuenta con una población total en el departamento de Rivera de 103493 habitantes (50397 hombres y 53096 mujeres; una población urbana de 95891 habitantes y rural de 7602), mientras que en el departamento de Tacuarembó la población total es levemente menor con 90053 habitantes (44169 hombres y 45884 mujeres; una población urbana de 80393 habitantes y rural de 9660).

En el área aflorante, las ciudades de Rivera y Artigas principalmente y en menor medida Tacuarembó utilizan las aguas del Sistema Acuífero Guaraní (SAG) para el abastecimiento público. También otros poblados menores se abastecen exclusivamente de aguas subterráneas del SAG por lo que se puede decir que este es el principal uso del en esta zona, existiendo también perforaciones en predios privados para uso industrial, consumo humano y riego. (CeReGAS N° 1, 2016)(Figuras 1 y 2).

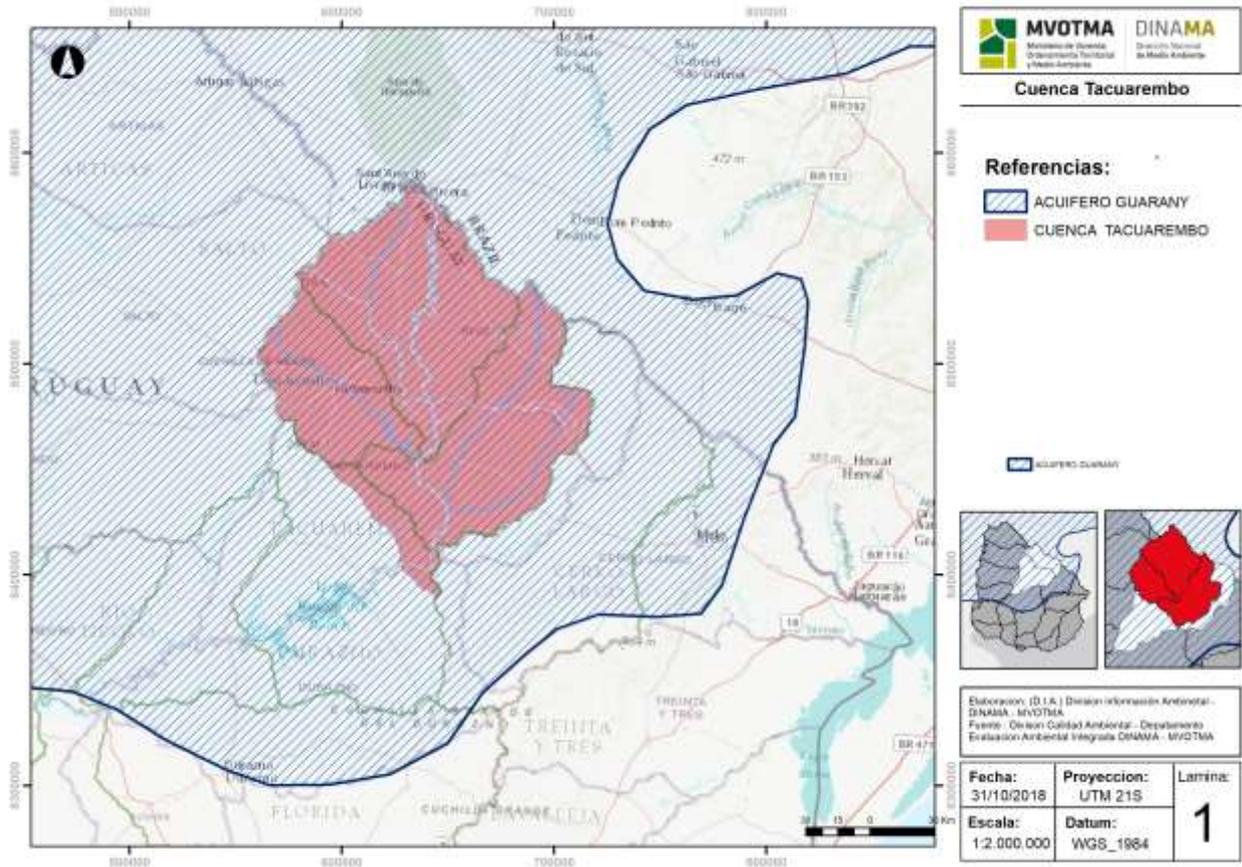


Figura 1. Cuenca del río Tacuarembó. Ubicación del acuífero Guaraní y de la cuenca hidrográfica del río Tacuarembó. Fuente DINAMA 2018.

El mapa de usos del suelo describe 16 categorías de usos en la cuenca del río Tacuarembó (Figura 3; Tabla I).

Tabla I. Tabla de usos del suelo en la cuenca del río Tacuarembó.

Categorías	Área en Ha
Herbáceo natural	4.164.708,9
Cultivos de secano > 4-5 Has	1.082.367,9
Plantación forestal	666.782,5
Monte nativo	298.698,3
Áreas naturales inundadas	213.458,4
Aguas artificiales	148.738,3
Cultivos regados > 4-5 Has	103.703
Arbustos	50.954,1
Aguas naturales	26.584
Áreas desnudas	18.661,6
Cultivos regados y de secano < 4-5 Has	16.475,5
Área urbana	9.766,6
Áreas urbanas dispersas	7.736
Canteras, areneras, minas a cielo abierto	2.150,6
Equipamiento urbano	1.616,8
Frutales	1.197,4

1.3.1 Fisiografía

Sus nacientes se encuentran en el extremo norte del departamento de Rivera entre la cuchilla de Cuñapirú y la cuchilla Negra, recorre el departamento de norte a sur e ingresa en el departamento de Tacuarembó hasta desembocar en el río Negro. Los principales afluentes en orden de norte a sur son los arroyos Cuñapirú, río Tacuarembó Chico, arroyo Yaguarí y arroyo Caraguatá.

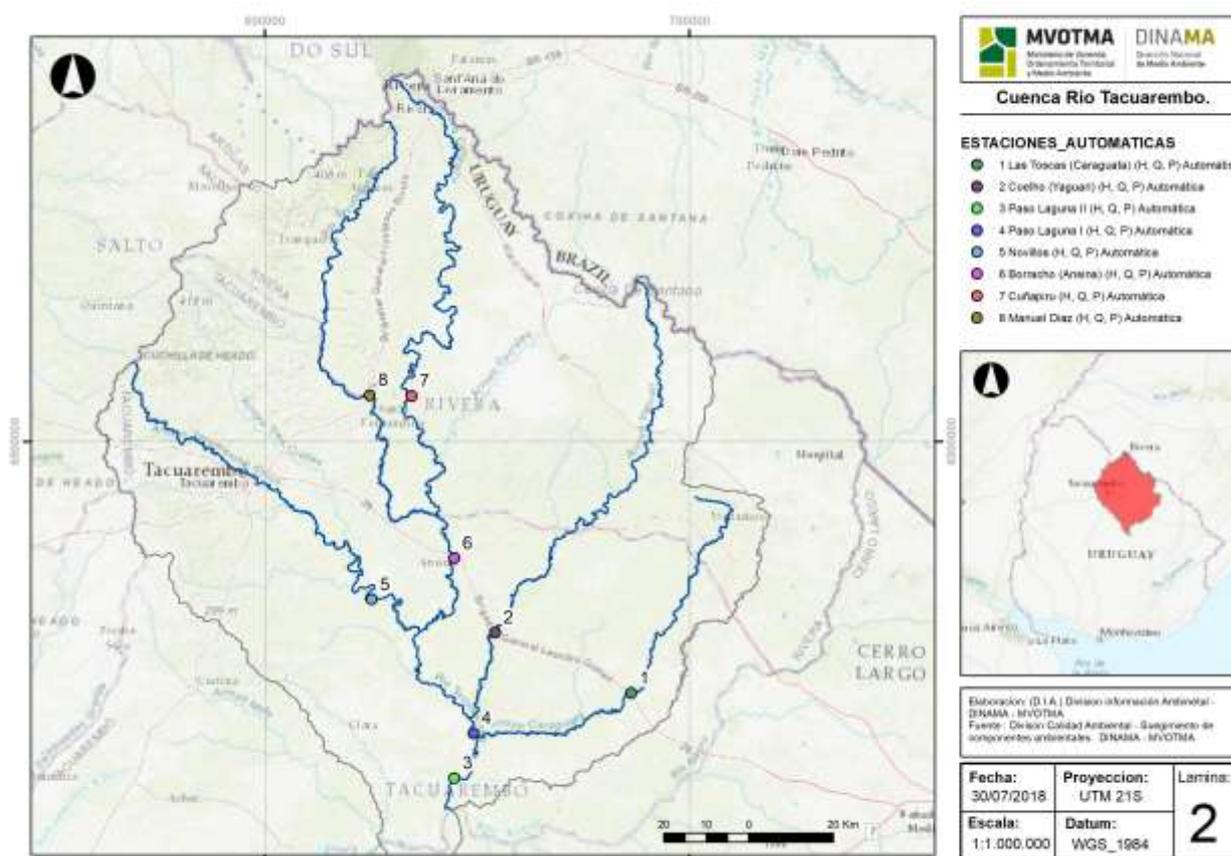


Figura 4. Cuenca del río Tacuarembó. Ubicación de las estaciones de medición de caudal, Fuente DINAMA - DINAGUA.

1.3.2 Geología de la cuenca del río Tacuarembó

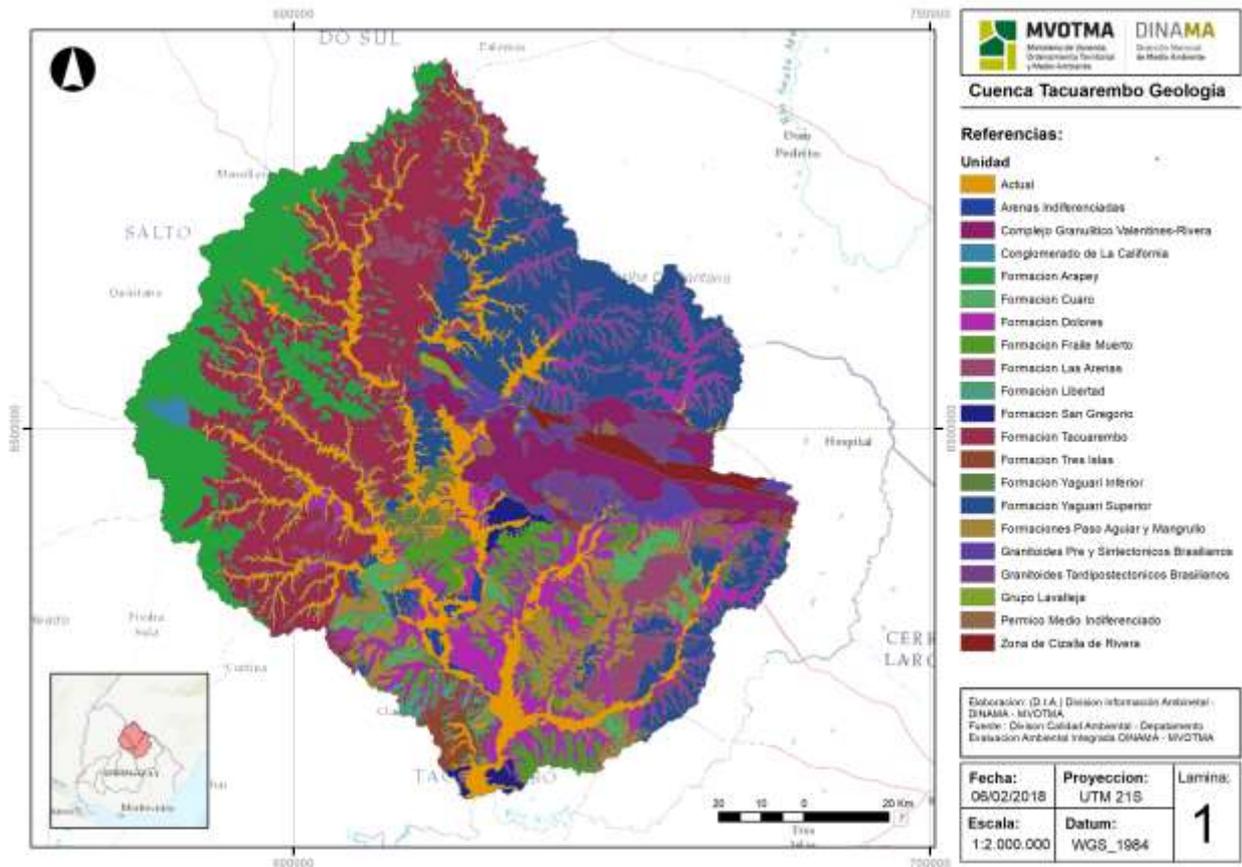


Figura 5. Detalle del mapa de terrenos geológicos del Uruguay (DIA-DINAMA-MVOTMA).

2 ASPECTOS METODOLÓGICOS: EL PLAN DE MONITOREO

En este capítulo se presentará el plan de monitoreo de la cuenca del río Tacuarembó, este surge ante la necesidad de conocer y describir el estado de la calidad del agua de este recurso (Tabla II y III; Figura 6).

Tabla II. Estaciones de monitoreo de la cuenca del río Tacuarembó.

Nombre	Sitio	Lat.	Long.
CU 1	A° Cuñapirú "Rivera"	30°55'46.12"S	55°31'13.49"O
CU 3	A° Cuñapirú "Pso° Cunha"	31°44'14.37"S	55°32'37.49"O
TG 3	Tacuarembó "Ansina"	31°52'46.13"S	55°28'20.80"O
TCH 1	Tacuarembó "Ciudad"	31°43'22.13"S	55°56'33.53"O
TCH 2	Tacuarembó Chico "los novillos"	31°57'56.33"S	55°40'32.26"O
TG 4	Tacuarembó "Frig. Modelo"	32°19'18.85"S	55°24'59.14"O
YA 1	Arroyo Yaguarí "Ruta 26"	32° 2'0.61" S	55°22'0.59"O
CA 1	Arroyo Caraguatá "Ruta 26"	32° 9'29.09"S	55° 1'26.17"O

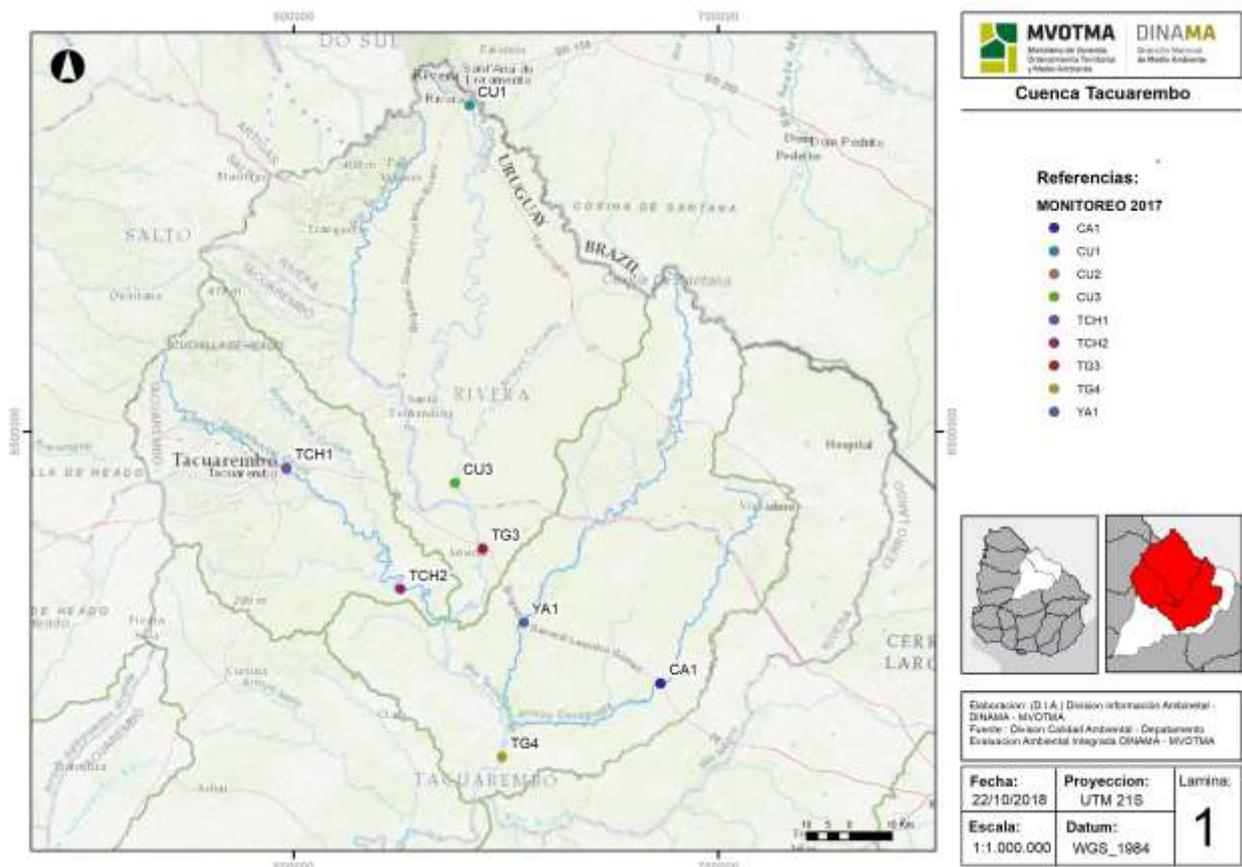


Figura 6. Cuenca del río Tacuarembó. Ubicación de las estaciones de monitoreo evaluadas para el año 2017. Fuente DINAMA 2018.

Tabla III. Lista de las variables monitoreadas en el río Tacuarembó.

N°	Variable	N°	Variable
1	Conduc.	19	NH ₄ ⁺
2	Temp.	20	N Tot.
3	OD mg/L)	21	PO ₄
4	% OD	22	P Tot
5	pH	23	RAS
6	Secchi	24	SDT
7	Turb.	25	SDF
8	Colif. Termo.	26	SDV
9	Colif Tot	27	Clorofila A
10	DBO ₅	28	Feofitina A
11	DQO	29	Fenol Tot
12	Alcalinidad	30	Cn Tot
13	Ca	31	Hg
14	Magnesio	32	AOX
15	Na	33	Glifosato
16	K	34	AMPA
17	NO ₃	35	Cianobact.
18	NO ₂	36	Algas Tot.

Aquellas variables monitoreadas en este plan que no se encuentran reguladas por el decreto 253/79 se comparan con los valores propuestos como objetivos de calidad de agua de la versión Gesta Agua de Diciembre 2014 (Tablas IV, V y VI). En esta línea, para el caso de los Haluros Orgánicos Absorbibles (AOX) se opta por considerar el valor estándar sugerido en el Gesta Agua de Diciembre 2014 (i.e. <60 µg/l).

En el caso particular de los coliformes termotolerantes, el muestreo trimestral no permite realizar el promedio de 5 muestras anuales como figura en el decreto 253/79. Aun así se verifica que los valores únicos cumplan con la reglamentación y no sobrepasen el límite establecido de 2000 CF /100ml.

También es de destacar que, en caso de corresponder, para el manejo de los datos se han utilizado los siguientes cálculos matemáticos:

Valor informado por el laboratorio	Valor a considerar en los cálculos
<LC	LC/2
<LD	LD
LD<N°<LC	(LD+LC)/2

Tabla IV. Estándares de calidad de agua definidos para la clase 3 del decreto 253/79 y modificativos.

Parámetro	Estándar
OLOR	No perceptible
MATERIALES FLOTANTES Y ESPUMAS No NATURALES	Ausentes
COLOR No NATURAL	Ausente
TURBIEDAD Máx.	50 UNT
pH	Entre 6,5 y 8,5
OD	Mín. 5 mg/L
DBO ₅	Máx. 10 mg/L
ACEITES Y GRASAS	Virtualmente Ausentes
DETERGENTES	Máx. 1 mg/L en LAS
SUSTANCIAS FENOLICAS	Máx. 0,2 mg/L en C6H5OH
AMONIACO LIBRE	Máx. 0,02 mg/L
NITRATOS	Máx. 10 mg/L en N
FÓSFORO TOTAL	Máx. 0,025 mg/L en P
COLIFORMES FECALES	No se deberá exceder el límite de 2000 CF/100 mL en

ninguna

CIANURO	Máx. 0,005 mg/L
ARSENICO	Máx. 0,005 mg/L
CADMIO	Máx. 0,001 mg/L
COBRE	Máx. 0,2 mg/L
CROMO TOTAL	Máx. 0,05 mg/L
MERCURIO	Máx. 0,0002 mg/L
NIQUEL	Máx. 0,02 mg/L
PLOMO	Máx. 0,03 mg/L
ZINC	Máx. 0,03 mg/L

Tabla V. Estándares de calidad de agua definidos para objetivos de calidad de agua de la versión Gesta Agua de diciembre 2014.

Parámetro	Objetivo de calidad
Olor	No perceptible
Material flotante y espumas no naturales	Ausentes
Color	Colorantes no naturales ausentes Color verdadero: no significativamente diferente al natural del cuerpo para la estación considerada
Turbiedad	Incremento de valores históricos en un 10% valor natural o en su defecto 50 UNT
PH	6,5-8,5
OD	Mín. 5 mg/L
DBO₅	5 mg/L
Aceites y grasas	Ausentes
Sustancias fenólicas	5 µg/L
Nitrógeno amoniacal total	0,5 mg/L en nitrógeno
Nitritos	0,1 mg/L como nitrógeno
Nitratos	5 mg/l como nitrógeno
Fósforo total	Lénticos y Lóticos que sean tributarios directos de ambiente lénticos 25 µg/L como fósforo. Lóticos 70 µg/L como fósforo que no sean tributarios directos de ambientes lénticos.
Coliformes termotolerantes	1000 ufc/100 ml, valor de media geométrica móvil de 5 muestras consecutivas.
Cianuro total	20 µg/L
Cianuros libre	5 µg/L
Arsénico	5 µg/L
Cadmio	0,1 µg/L
Cobre	10 µg/L
Cromo total	10 µg/L
Cromo hexavalente	1 µg/L
Mercurio	0,1 µg/L
Níquel	20 µg/L
Plomo	3 µg/L
Cinc	30 µg/L
Aluminio	50 µg/L
Selenio	1 µg/L
Plata	0.1 µg/L
Nonilfenol y nonilfenoletoxilados	1 µg/l TEQ

Tabla VI. Lista de sustancias orgánicas tóxicas prioritarias para el ecosistema acuático, que integrarán el objetivo de calidad con los valores que allí se establece para cada sustancia.

Parámetro	Agua (µg/L)	Sedimento (µg/kg)
<i>Bencenos Clorados</i>		
Monoclorobenceno	1,3	
1,2-Diclorobenceno	0,7	
1,3-Diclorobenceno	150	
1,4-Diclorobenceno	26	
1,2,3-Triclorobenceno	8	
1,2,4-Triclorobenceno	24	
1,2,3,4-Tetraclorobenceno	1,8	
Pentaclorobenceno	6,0	
<i>Etanos Clorados</i>		
1,2-Dicloroetano	30	
<i>Etenos Clorados</i>		
Monocloroetano (Cloruro de Vinilo)	5	
1,1-Dicloroetano	30	
1,1,2-Tricloroetano (Tricloroetileno TCE)	70	
1,1,2,2-Tetracloroetano (Tetracloroetileno PCE)	40	
1,3-Dicloropropeno	20	
<i>Metanos Halogenados</i>		
Diclorometano	20	
Triclorometano/Cloroformo	1,8	
Tetraclorometano	5	
<i>Fenoles clorados</i>		
Monoclorofenoles	1	
Diclorofenoles	0,2	
Triclorofenoles	1	
Tetraclorofenoles	1	
Pentaclorofenol (PCP)	0,5	
<i>Otros</i>		
Acrilamida	0,5	
Benceno	10	
Etilbenceno	90	
PCBs	No Detectable	34,1
2,3,7,8-TCDD	No Detectable	0,00085
Epiclorhidrina	0,4	
Estireno	20	
MTBE	10000	
Tolueno	2	
Xilenos	300	
<i>PAHs</i>		
Acenafteno	5,8	6,71
Acenaphthylene		5,87
Acridina	4,4	
Antraceno	0,012	46,9
Benzo(a)antraceno	0,018	31,7
Benzo(a)pireno	0,015	31,9
Criseno		57,1
Dibenz(a,h)anthraceno		6,22
Fluoranteno	0,04	111
Fluoreno	3	21,2
2-Metilnaftaleno		20,2
Naftaleno	1,1	34,6
Fenantreno	0,4	41,9
Pyreno	0,025	53

Quinolina	3,4	
<i>Plaguicidas</i>		
Alaclor	0,7	
Aldrin y Dieldrin	No Detectable	
Atrazina	1,8	
Dieldrin		2,85
Deltametrina	0,0004	
Clordano (isomeros totales)	No Detectable	4.5
Clorpirifos	0,035	
2,4-D	4	
2,4,5-T	10	
2,4,5-TP	2	
DDD		3,54
DDE		1,42
DDT	No Detectable	1,19
Endrin	No Detectable	2,67
Endosulfan	0.003	
Glifosato	65	
Heptacloro y Heptacloroepoxido	No Detectable	0.60
Hexaclorobenceno	No Detectable	
Lindano	0,01	0,94
Metoxiclor	0.03	
Mirex	No Detectable	
Molinate	6	
Paratión	0,04	
Permetrina	0,004	
Propanil	20	
Simazina	10	
Toxafeno	No Detectable	0,1

Los procedimientos estandarizados de operaciones del laboratorio, son los que se incluyen en el Manual de Procedimientos Analíticos para Muestras Ambientales (DINAMA – Laboratorio Ambiental, 2009), y que se basan en el Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water; 21st edition.

2.1 Diseño del plan 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.).

2.2 Frecuencia de muestreo

Este plan de monitoreo prevé la realización de campañas trimestrales, a los efectos de cumplir con los objetivos previstos, en función de las capacidades nacionales y teniendo en cuenta que la variación en la calidad del agua puede ser cíclica o aleatoria, especialmente en los ríos.

2.3 Estaciones seleccionadas para cada sustrato

El monitoreo de la cuenca del río Tacuarembó se realiza desde la costa dado que las condiciones de la ribera del río (monte de galería) y las características de curso de agua (poca profundidad y excesiva corriente) no permiten la utilización de embarcación. También se muestrea desde puentes carreteros obteniendo las muestras del eje del curso de agua a una profundidad aproximada de 50 cm.

2.4 Aseguramiento de la calidad analítica

Se efectúan controles de calidad para las diferentes determinaciones analíticas. El laboratorio ambiental trabaja bajo las condiciones establecidas en sus programas de control de calidad analítico, y participa en ejercicios de interoperación con otros laboratorios, tanto nacionales como internacionales.

1 RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en 4 campañas (de 4 planificadas), que se realizaron entre enero y noviembre de 2017. Cada variable es presentada por subcuenca, se muestran los promedios por puntos de monitoreo (sin discriminar entre campañas) y con sus correspondientes máximos y mínimos.

Los datos obtenidos, verificados y validados se comparan con los estándares de calidad de agua. Esto se realiza con el fin de verificar la calidad del agua y cuantificar cualquier cambio espacial o temporal que pudiese haber tenido lugar.

Existen parámetros que por sus condiciones de inestabilidad, se recomienda medir *in situ*. Entre ellos están la temperatura del agua, la conductividad eléctrica, el pH y el oxígeno disuelto (i.e. concentración en mg/l y % de saturación) y desde febrero de 2017 se mide la turbidez.

1.1 Cuenca del río Tacuarembó Grande

1.1.1 Parámetros de medición *in situ*

1.1.1.1 Temperatura

La temperatura presenta una distribución relativamente homogénea entre las estaciones. Teniendo en cuenta las dos las estaciones de monitoreo de la cuenca, el rango de variación de la temperatura va desde 26,1 °C de máxima a 14,4 °C de mínima, con un promedio total de 19,6 °C (Figura 7).

Los valores de esta variable no presentaron apartamientos notorios de los factores climáticos.

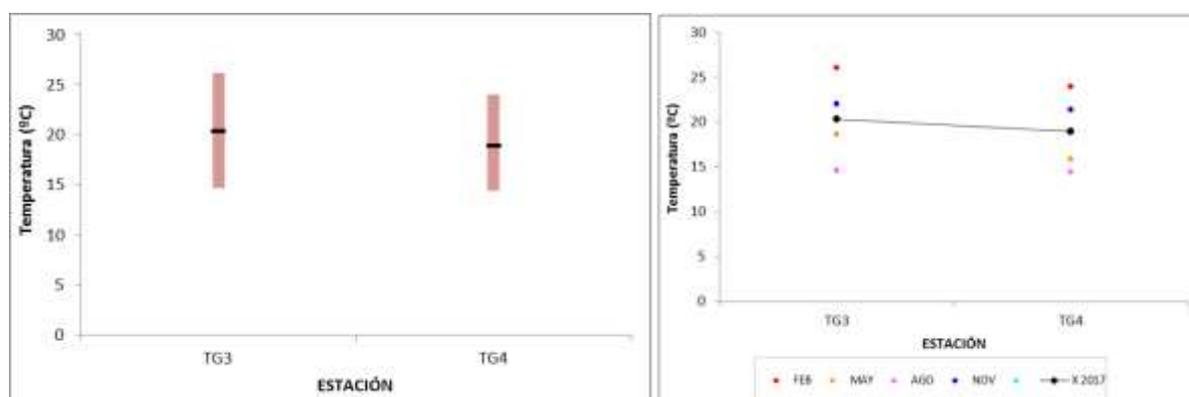


Figura 1. Izquierda: variación de la temperatura del agua en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.1.2 Conductividad

En el área de estudio se registran valores medios de conductividad de 66,95 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con máximos y mínimos de 95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 31,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente.

Se aprecia un aumento en el valor de la conductividad en la estación de monitoreo más cercana a la desembocadura con el río Negro; comparando las dos estaciones los mínimos, máximos y promedios (Figura 8).

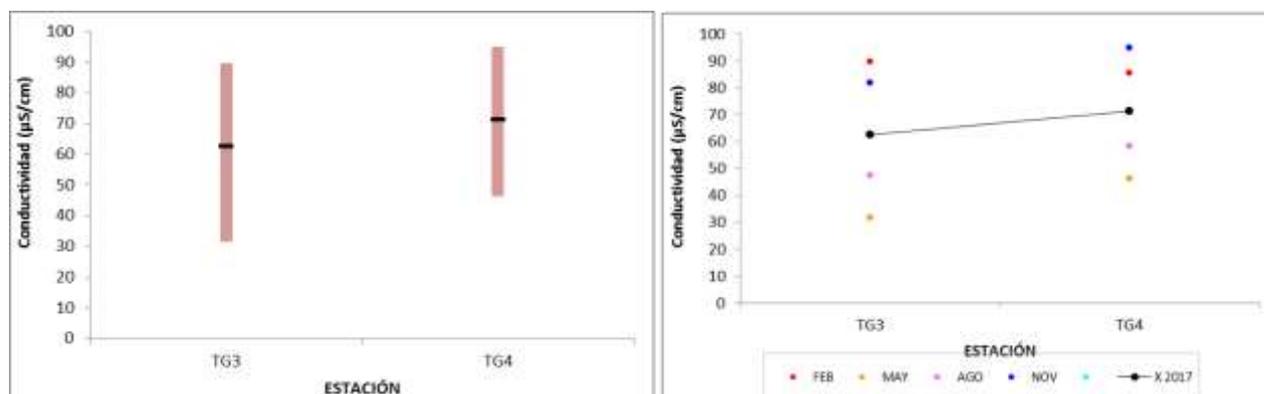


Figura 2. Izquierda: variación de la conductividad en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.1.3 pH

Los valores de pH cumplen totalmente con el estándar establecido en el decreto 253/79 (límite inferior 6,5 y límite superior 8,5). El promedio registrado entre las estaciones es zona es de 7,2 con un máximo de 7,5 y un mínimo de 7,1 (Figura 9).

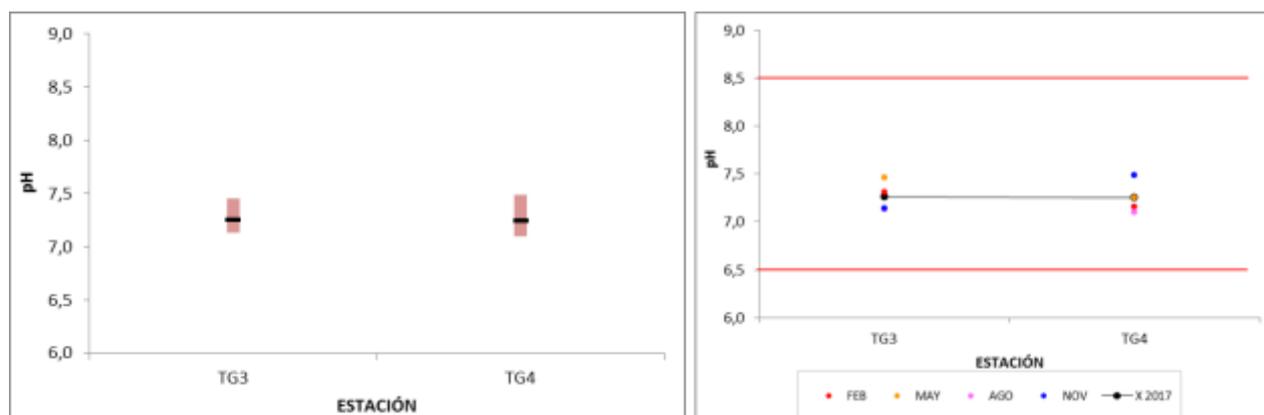


Figura 3. Izquierda: variación del pH en cada estación de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. Las líneas rojas muestran los límites dentro de los que los valores de pH son considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.1.4 Oxígeno disuelto

Las estaciones de monitoreo presentan un valor promedio de 8,2 mg/l entre las dos estaciones, con un máximo de 9,9 mg/l, un mínimo de 7,18 mg/l (Figura 10). En cuanto al grado de cumplimiento del estándar establecido en el decreto 253/79 y modificativos, para clase 3, que establece un valor mínimo de 5,0 mg/l, puede afirmarse que todos los valores registrados cumplen.

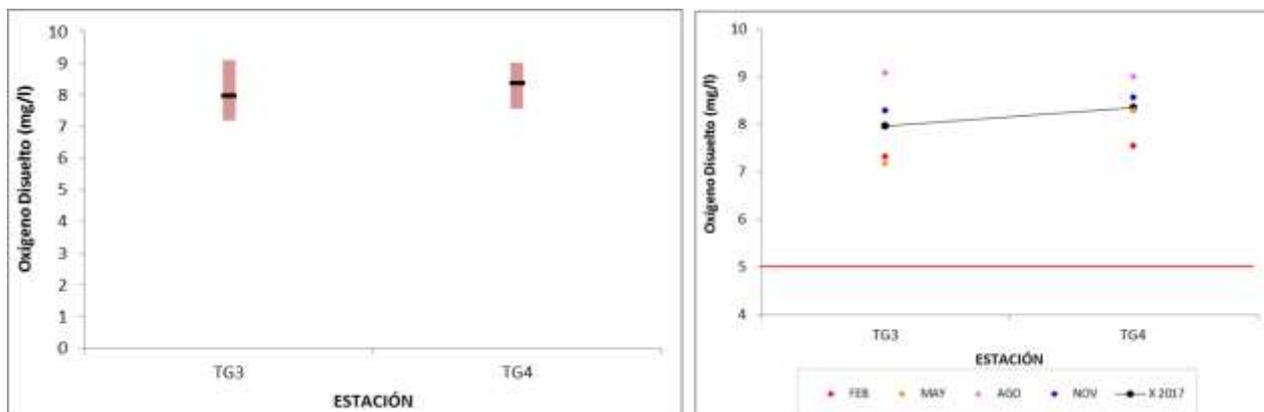


Figura 4. Izquierda: variación de la concentración de oxígeno disuelto en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea roja muestra el límite por sobre el cual deben encontrarse los valores de oxígeno disuelto para ser considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos. La

1.1.2 Resultados analíticos

1.1.2.1 Coliformes termotolerantes

El valor promedio para los coliformes termotolerantes fue de 190 UFC/ 100 ml entre las dos estaciones, con un máximo de 520 UFC/ 100 ml y un mínimo de 10 UFC/ 100 ml. Los datos arrojados de los análisis cumplen en su totalidad para con el decreto 253/79 y modificativos, cuyo valor estándar es de 2000 UFC/ 100 ml. (Figura 11).

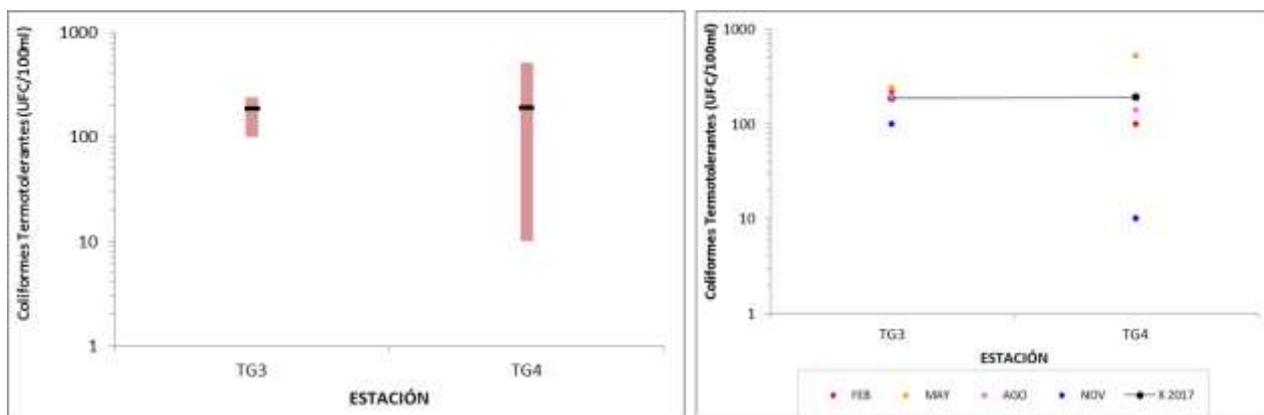


Figura 5. Izquierda: variación de los coliformes termotolerantes en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.2 Calcio

La concentración de calcio presentó un promedio de 5,4 mg/l entre las dos estaciones, un valor máximo de 9,7 mg/l y un mínimo de 3,6 mg/l. Los valores más altos para este ion se registraron en la época de verano (febrero) y los más bajos en otoño (mayo) (Figura 12). Para la campaña de noviembre no se pudo obtener el dato de este ion debido a que el laboratorio se encontraba validando la técnica Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS).

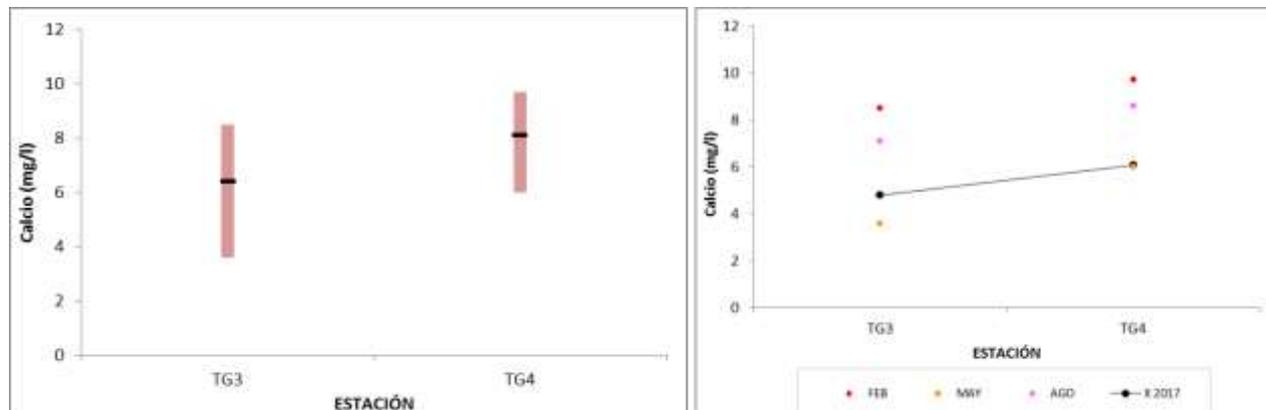


Figura 6. Izquierda: variación de la concentración de calcio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.3 Magnesio

La concentración de magnesio presentó un máximo de 3,2 mg/l y un mínimo de 1 mg/l, resultando el promedio en 1,4 mg/l, entre las dos estaciones. Los valores más altos para este ion se registraron en la época de verano (febrero) y los más bajos en Invierno (agosto) (Figura 13). Para la campaña de noviembre no se pudo obtener el dato de este ion debido a que el laboratorio se encontraba validando la técnica Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS).

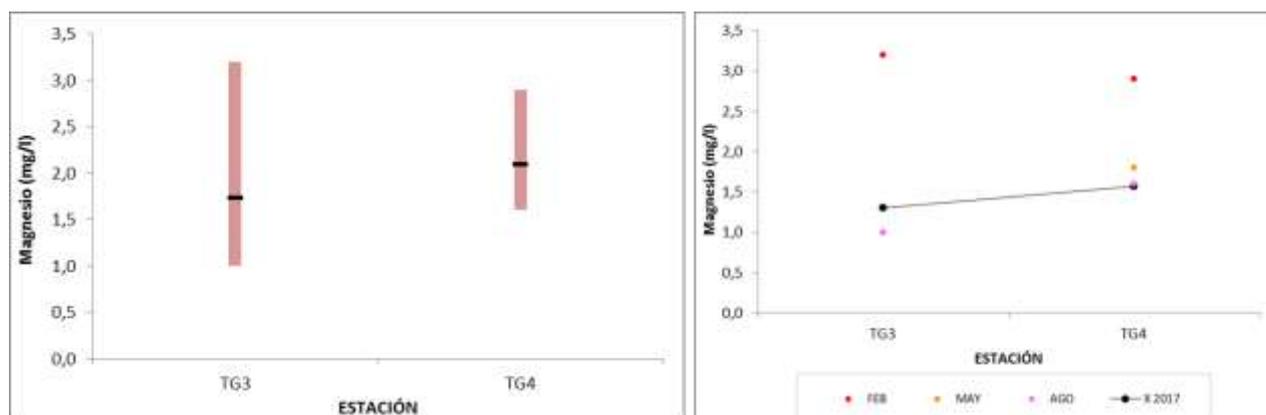


Figura 7. Izquierda: variación de la concentración de magnesio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.4 Sodio

Este ion presentó un valor máximo de 6,2 mg/l entre las dos estaciones, un mínimo de 2 mg/l y un promedio de 3 mg/l. Obteniendo los valores más altos en la época de invierno (agosto) y los más bajos en el periodo de otoño (mayo) (Figura 14). Para la campaña de noviembre no se pudo obtener el dato de este ion debido a que el laboratorio se encontraba validando la técnica Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS).

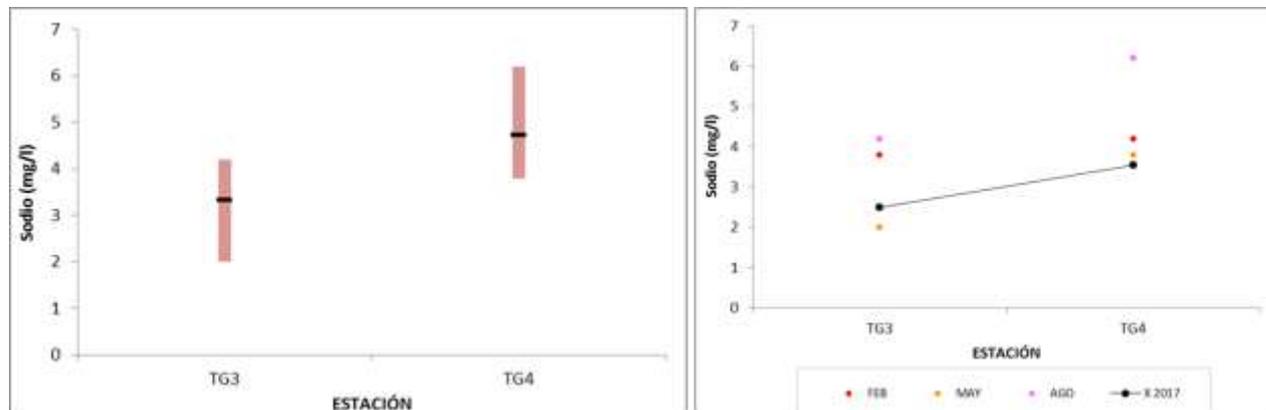


Figura 8. Izquierda: variación de la concentración de sodio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.5 Potasio

La concentración de potasio presentó un promedio de 1,7 mg/l entre las dos estaciones, con un máximo de 3,5 mg/l y un mínimo de 1,2 mg/l. Los valores más altos de esta variable se registraron en el periodo de invierno (agosto) y los más bajos en el periodo de verano (febrero) (Figura 15). Para la campaña de noviembre no se pudo obtener el dato de este ion debido a que el laboratorio se encontraba validando la técnica Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS).

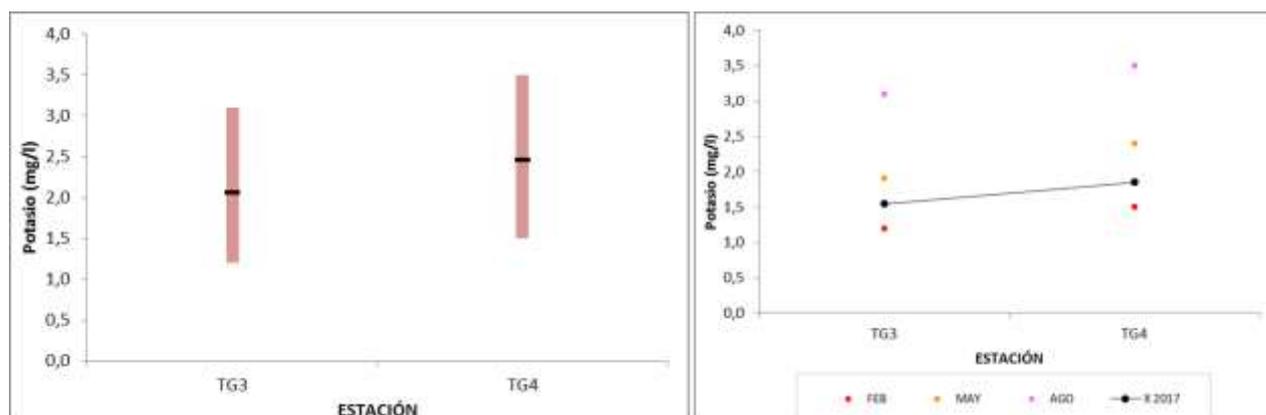


Figura 9. Izquierda: variación de la concentración de potasio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.6 Alcalinidad

Los valores de alcalinidad presentaron un promedio de 31 mg CaCO₃/l entre las dos estaciones, con un máximo de 43 mg CaCO₃/l y un mínimo de 13 mg CaCO₃/l. Se puede inferir que el agua en estas dos estaciones es levemente dura (Figura 16).

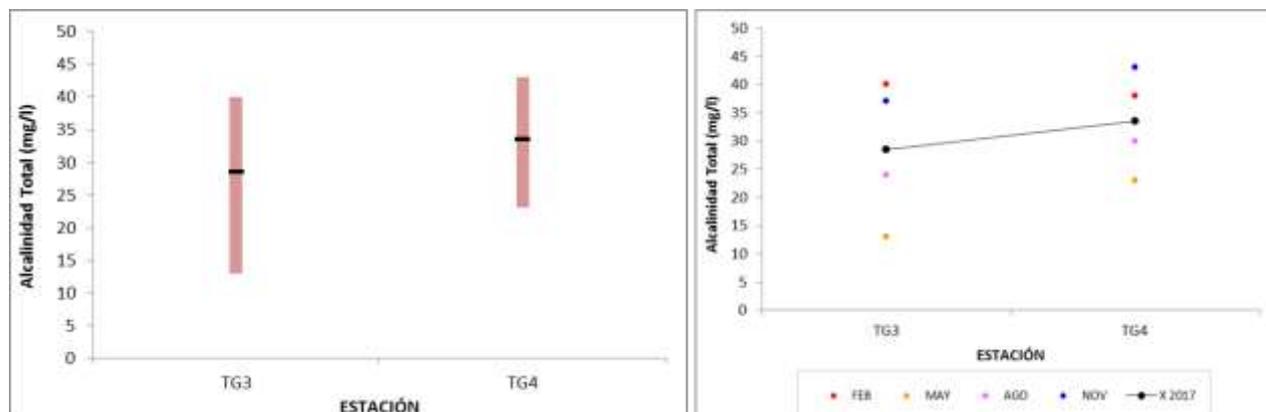


Figura 10. Izquierda: variación de la alcalinidad en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.7 Sólidos totales

El valor promedio fue 125 mg/l entre las dos estaciones, el valor máximo 220 mg/l y el mínimo 50 mg/l. El valor máximo registrado fue para la época de verano en la estación de monitoreo más cercana a la desembocadura del río Negro (i.e. estación TG4), cabe destacar que las estaciones de monitoreo son bien diferentes en cuanto al registro de esta variable, siendo la TG4 en la se registran los valores más altos (Figura 17).

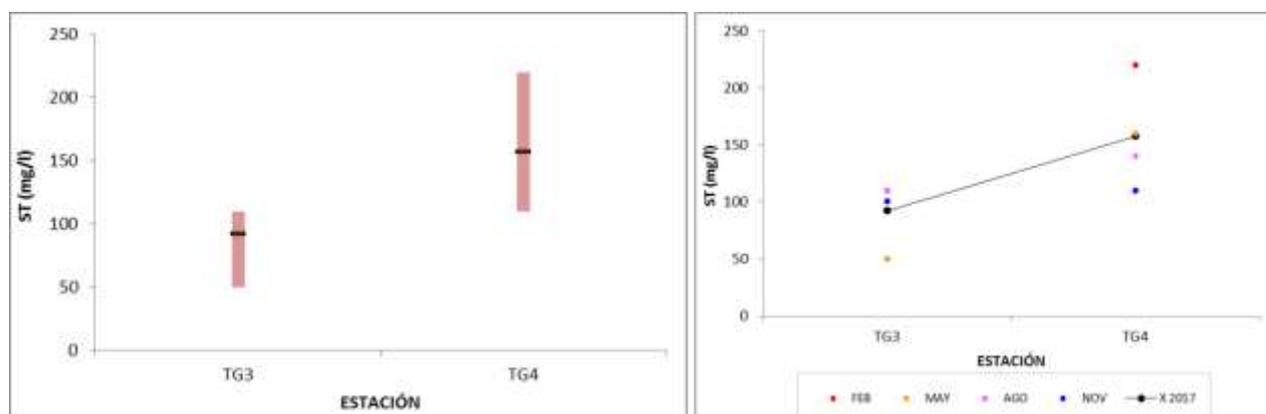


Figura 11. Izquierda: variación de la concentración de sólidos totales en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.8 Sólidos totales fijos

El valor promedio fue 63 mg/l entre las dos estaciones, el valor máximo 90 mg/l y el mínimo 40 mg/l (Figura 18).

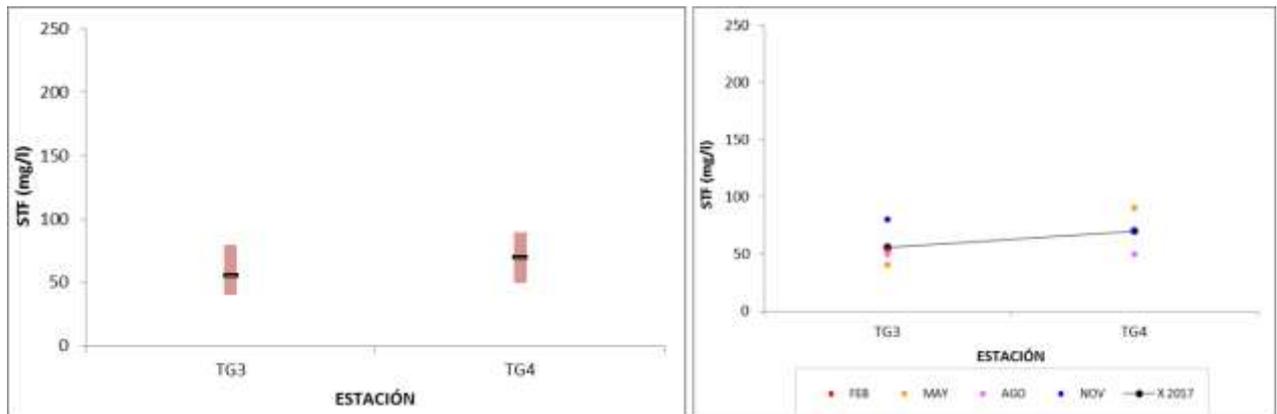


Figura 12. Izquierda: variación de la concentración de sólidos totales fijos en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.9 Sólidos totales volátiles

El valor promedio fue 62,1 mg/l entre las dos estaciones, el valor máximo 150 mg/l y el mínimo 10 mg/l. Para esta variable se han registrado valores más altos en la estación TG4 (Figura 19).

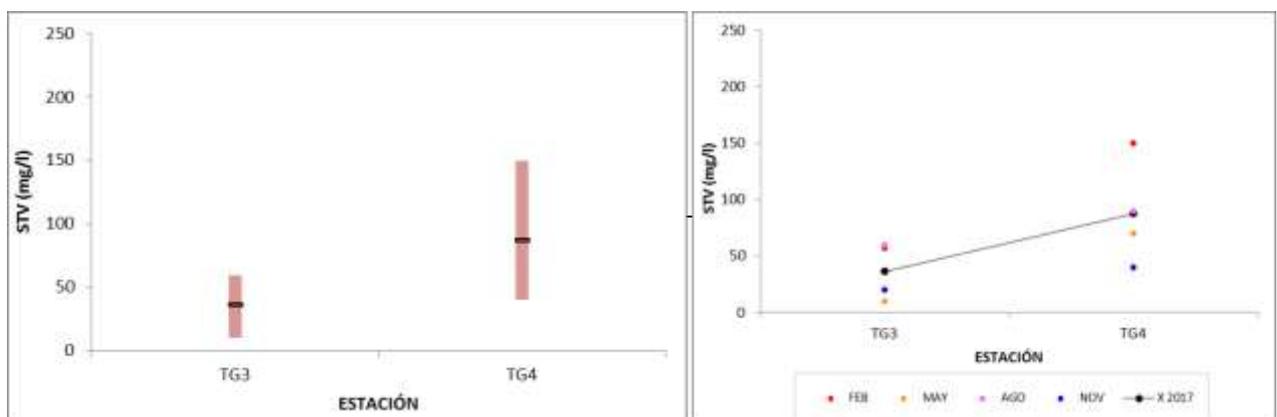


Figura 13. Izquierda: variación de la concentración de sólidos totales volátiles en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.10 Sólidos suspendidos totales

El valor promedio fue 22 mg/l entre las dos estaciones, con un máximo de 29 mg/l y un mínimo de 10 mg/l. Para esta variable se ha registrado valores más altos en la estación TG4 (Figura 20).

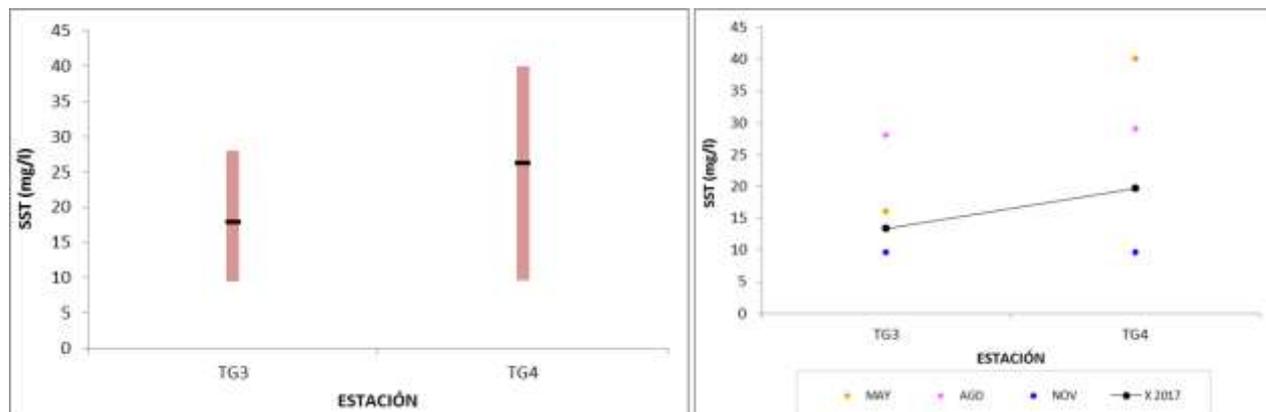


Figura 14. Izquierda: variación de la concentración de sólidos suspendidos totales en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.11 Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

El valor promedio fue 2,3 mg/l, el valor máximo 3,5 mg/l y el mínimo 1,07 mg/l. Se muestran los valores obtenidos crudos en las cuatro campañas de monitoreo (Figura 21). Los resultados se encuentran dentro de lo estipulado por el decreto 253/79 y modificativos.

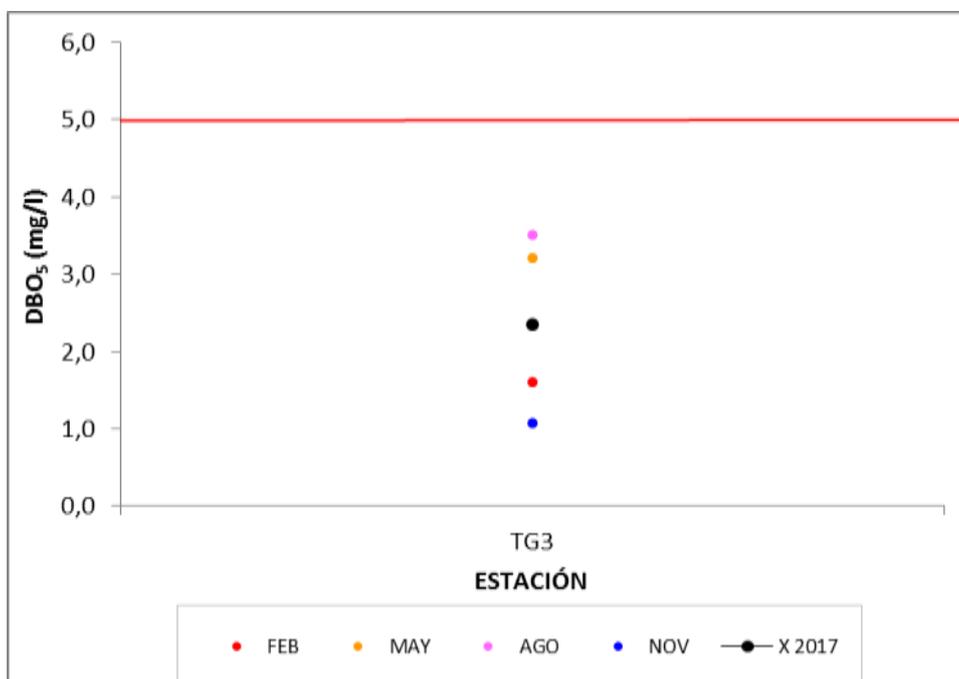


Figura 15. Registro de la demanda biológica de oxígeno para la estación TG3 a lo largo del año 2017.

1.1.2.12 Demanda química de oxígeno (DQO)

El único valor obtenido para esta variable fue 15 mg/l, los otros tres dieron menores que el límite de cuantificación por lo que se les aplicó la fórmula descrita anteriormente (LC/2). No se anexa gráfica ya que se superponen demasiados valores iguales en diferentes épocas de muestreo.

1.1.2.13 Fósforo total

El valor promedio fue 84,8 µg/l entre las dos estaciones, el valor máximo 92 µg/l y el mínimo 79 µg/l. Los valores de fósforo total no cumplen con los límites establecidos por el decreto 253/79 y modificativos (i.e. 25 µg/l). Se aprecia en la gráfica que los rangos donde ha variado menos el fósforo total son los de la estación TG3 (Figura 22).

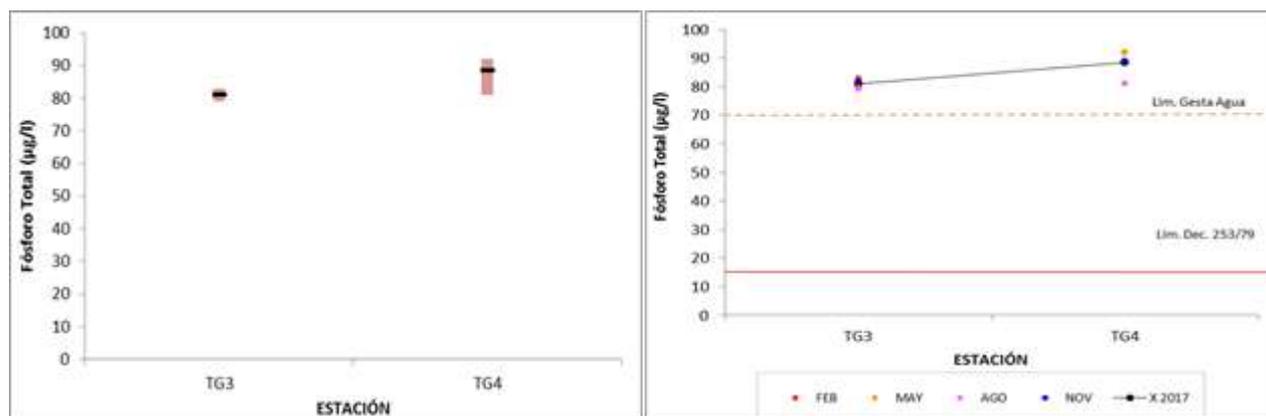


Figura 16. Izquierda: variación de la concentración de fósforo total en los sitios de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea roja muestra el límite permitido para la clase 3 por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.14 Fósforo reactivo soluble

El valor promedio fue 42,4 µg/l entre las dos estaciones, el valor máximo 73 µg/l y el mínimo 25 µg/l. Existe gran disponibilidad de este nutriente en la zona de estudio, pudiendo potencialmente promover el crecimiento de plantas y algas. Asimismo los valores más elevados se dieron en la estación de monitoreo TG4, en época de primavera (Figura 23).

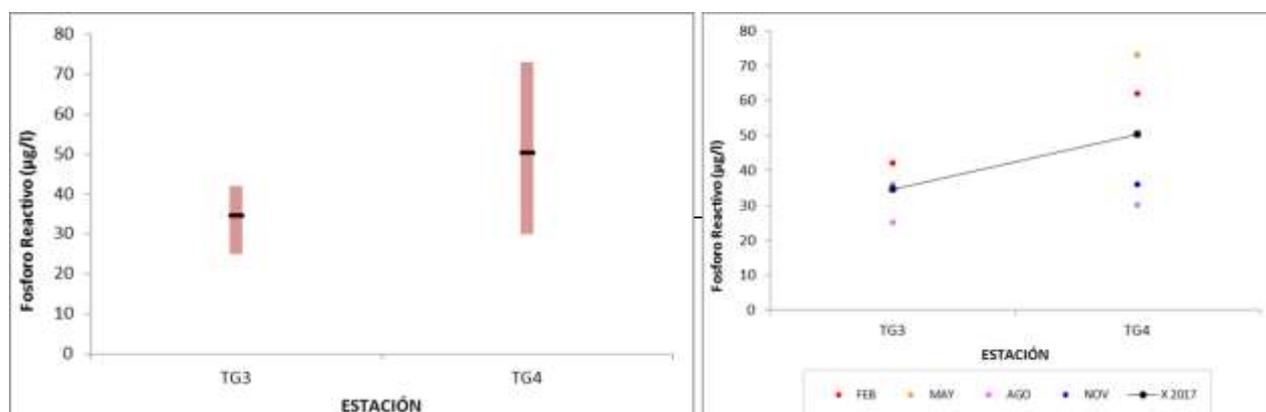


Figura 17. Izquierda: variación de la concentración de fósforo reactivo soluble en los sitios de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.15 Nitrógeno total

El valor promedio fue 0,74 mg/l entre las dos estaciones, el valor máximo 0,93 mg/l y el mínimo 0,58 mg/l para esta variable. Los valores más altos se registraron en la estación TG3 y se obtuvieron en la época de otoño (Figura 24).

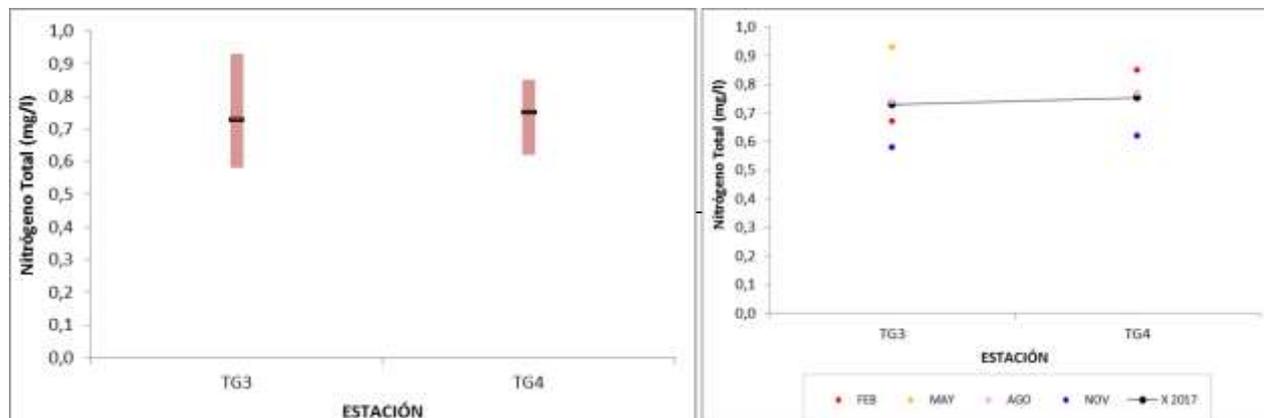


Figura 18. Izquierda: variación de la concentración de nitrógeno total en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.16 Nitrógeno amoniacal

El valor promedio fue 0,099 mg/l entre las dos estaciones, el valor máximo 0,6 mg/l y el mínimo 0,004 mg/l (Figura 25). Si comparamos esta variable con el documento Gesta Agua V 12-2014 sólo existe un valor pasado del límite de 0,5 mg/L, por lo cual cumple en casi la totalidad de los muestreos. El valor fuera del límite del documento fue obtenido en la época de primavera.

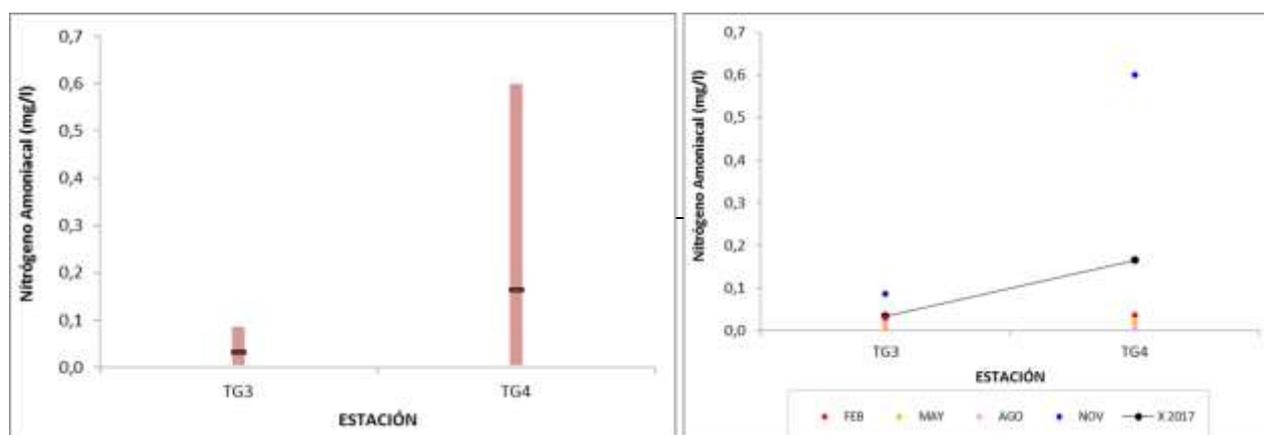


Figura 19. Izquierda: variación de la concentración de nitrógeno amoniacal en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.17 Nitrito

No se anexan gráficas para esta variable ya que sólo se han obtenido dos resultados en el mes de agosto siendo los otros tres resultados menores que el límite de detección, por lo tanto los valores se superponen al graficarlos. Los datos tienen el tratamiento matemático $<LD = LD$. Si comparamos esta variable con el límite del documento Gesta Agua V 12-2014 (i.e. 0,1 mg/l) vemos que existen valores superiores en el mes de agosto para las dos estaciones, siendo además el valor más alto registrado en la estación TG3.

1.1.2.18 Nitrato

El valor promedio para esta variable fue 0,14 mg/l, el valor máximo 0,24 mg/l y el mínimo 0,08 mg/l (Figura 26). Los resultados cumplen con lo estipulado en el decreto 253/79 y modificativos así como con los límites en Gesta Agua V 12-2014.

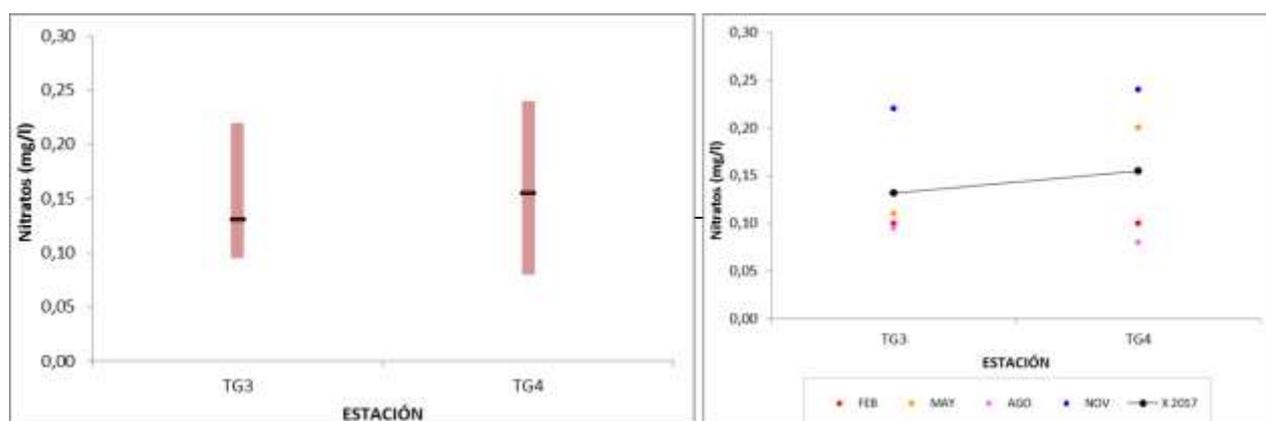


Figura 20. Izquierda: variación de la concentración de nitrato en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.19 Clorofila a

El valor promedio fue 1,8 $\mu\text{g/l}$, el valor máximo 6,8 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 0,1 $\mu\text{g/l}$ (Figura 27). Si bien el valor máximo se obtuvo en la época de primavera en la estación de monitoreo TG4, la estación de monitoreo TG3 también presentó un valor más elevado que el resto para esta época del año. Siendo los valores mínimos obtenidos en la época de invierno.

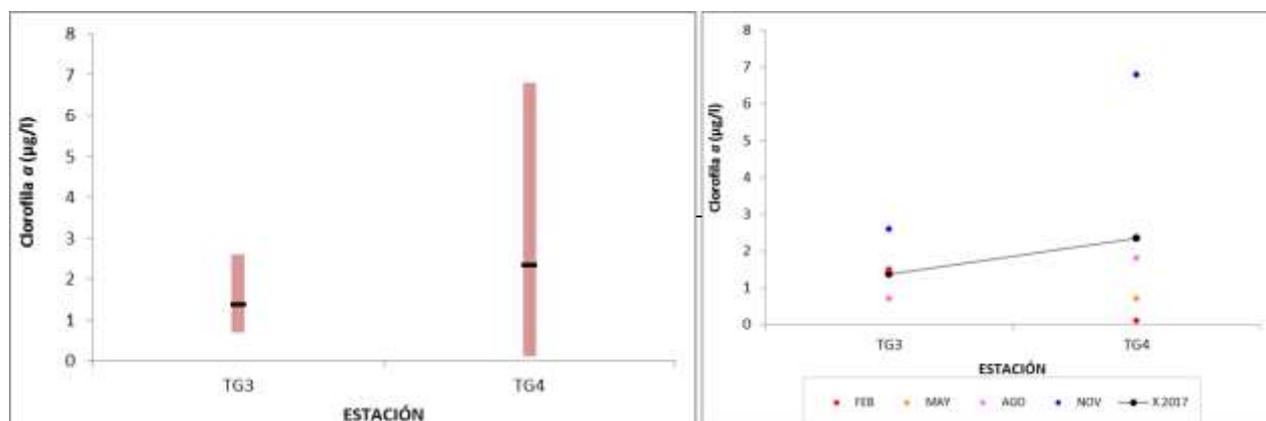


Figura 21. Izquierda: variación de la concentración de clorofila a en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.20 Feofitina

El valor promedio fue 3,4 $\mu\text{g/l}$, el valor máximo 7,2 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 1,9 $\mu\text{g/l}$ (Figura 28). Los valores máximos obtenidos fueron en la época de verano y los mínimos en la época de primavera.

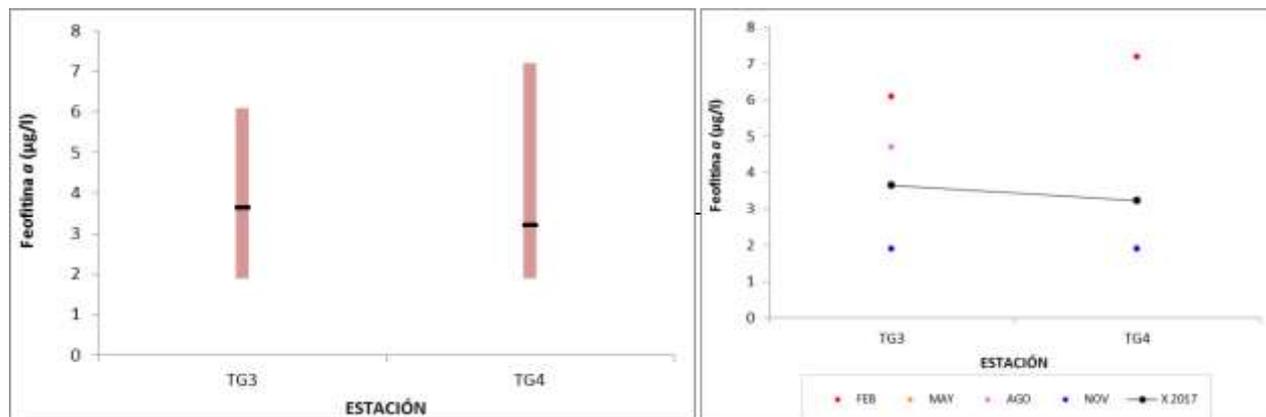


Figura 22. Izquierda: variación de la concentración de feofitina en sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.1.2.21 Sustancias Fenólicas

Todos los valores obtenidos se encuentran por debajo del límite de detección, por debajo del límite de cuantificación o entre ambos límites. Por lo tanto, el río Tacuarembó Grande cumple con los límites estipulados en el decreto 253/79 y modificativos.

OBSERVACIÓN

Para las variables mercurio (Hg), cianuro total (CNT), compuestos orgánicos halogenados (AOX), glifosato y ácido aminometilfosfónico (AMPA) no se anexan gráficas ya que todos los valores analíticos dan por debajo de los límites de detección o por debajo de los límites de cuantificación. La turbidez tampoco fue graficada debido a que sólo se cuenta con 2 datos y ambos cumplen con los valores límites estipulados en la reglamentación. En referencia a estas variables la salud con la que cuenta el río Tacuarembó Grande es buena.

1.2 Cuenca del río Tacuarembó Chico

1.2.1 Parámetros de medición *in situ*

1.2.1.1 Temperatura

Como se aprecia en las gráficas la temperatura presenta una distribución relativamente homogénea entre las estaciones. Teniendo en cuenta las dos las estaciones de monitoreo de la cuenca, el rango de variación de la temperatura va desde 26,2 °C de máxima a 14,1 °C de mínima, con un promedio total de 19,6 °C (Figura 29).

Los valores de esta variable no presentaron apartamientos de los factores climáticos.

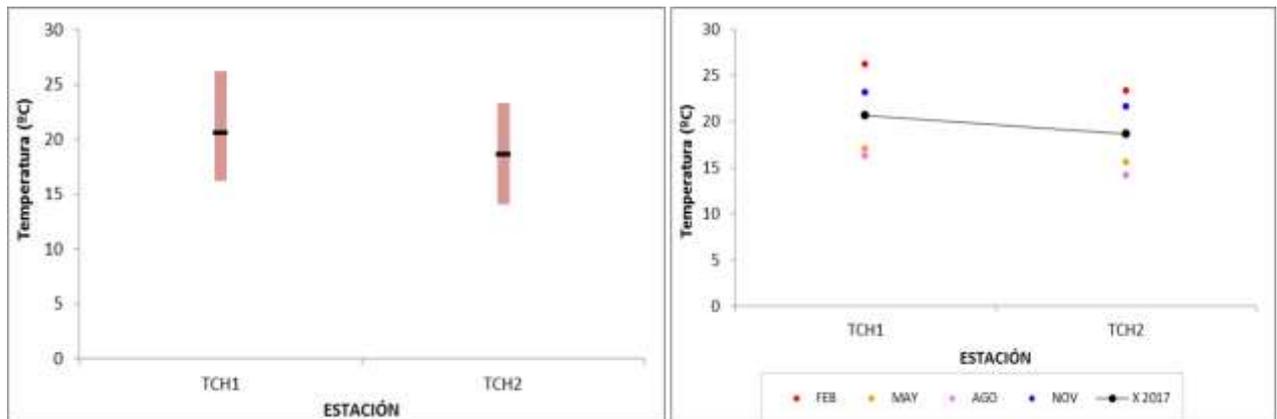


Figura 23. Izquierda: variación de la temperatura en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.1.2 Conductividad

En el área de estudio se registran valores medios de conductividad de 108,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con máximos y mínimos de 238,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 41,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. Se aprecia un aumento en el valor de la conductividad en la estación de monitoreo más cercana a la ciudad de Tacuarembó (Figura 30). Asimismo los valores máximos se dieron en la época de primavera y los mínimos en época de invierno.

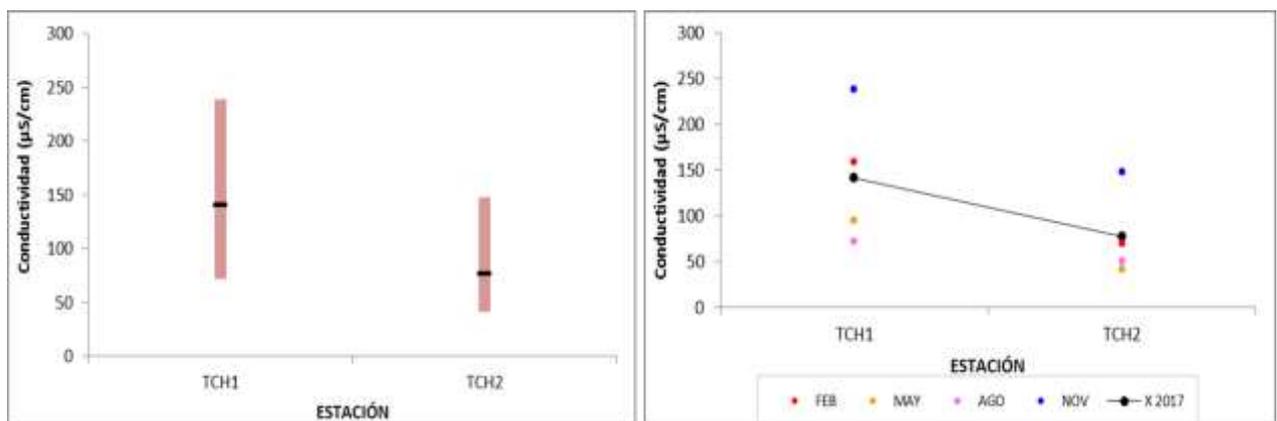


Figura 24. Izquierda: variación de la conductividad en los sitios monitoreados. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.1.3 pH

Los valores de pH cumplen en la mayoría de los casos con el estándar establecido en el decreto 253/79 (límite inferior 6,5 y límite superior 8,5). El promedio registrado en las estaciones de la zona es de 7,43 con un máximo de 7,95 y un mínimo de 6,85 (Figura 31). Siendo el agua levemente más ácida en invierno y levemente más básica en primavera.

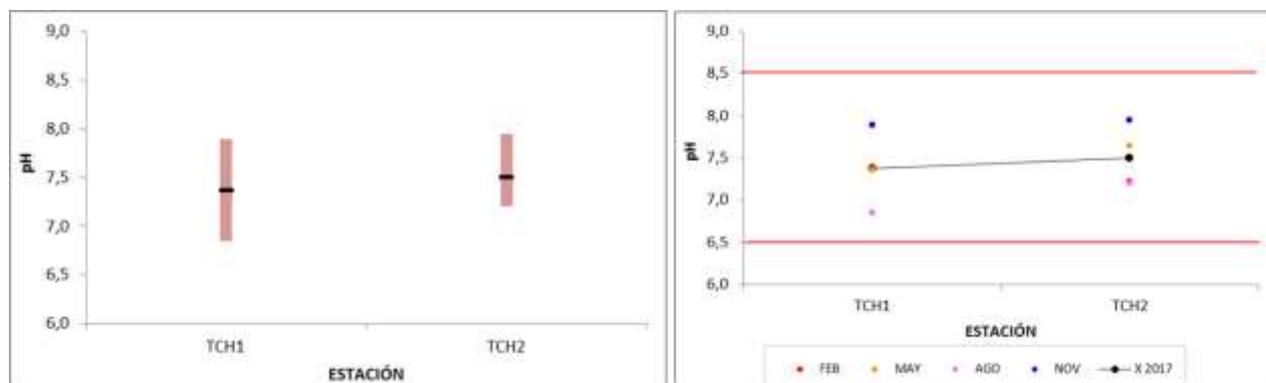


Figura 25. Izquierda: variación del pH en los sitios monitoreados. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. Las líneas rojas muestran los límites dentro de los que los valores de pH son considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.1.4 Oxígeno disuelto

Las estaciones de monitoreo presentan un valor promedio de 8,23 mg/l, con un máximo de 10,52 mg/l y un mínimo de 5,93 mg/l (Figura 32). En cuanto al grado de cumplimiento del estándar establecido en el decreto 253/79 y modificativos, para la Clase 3, que establece un valor mínimo de 5,0 mg/l, puede afirmarse que en el 100% de los casos se cumple con dicho valor (Figura 32). Los valores más bajos de oxígeno disuelto se dan en la estación cercana a la ciudad de Tacuarembó.

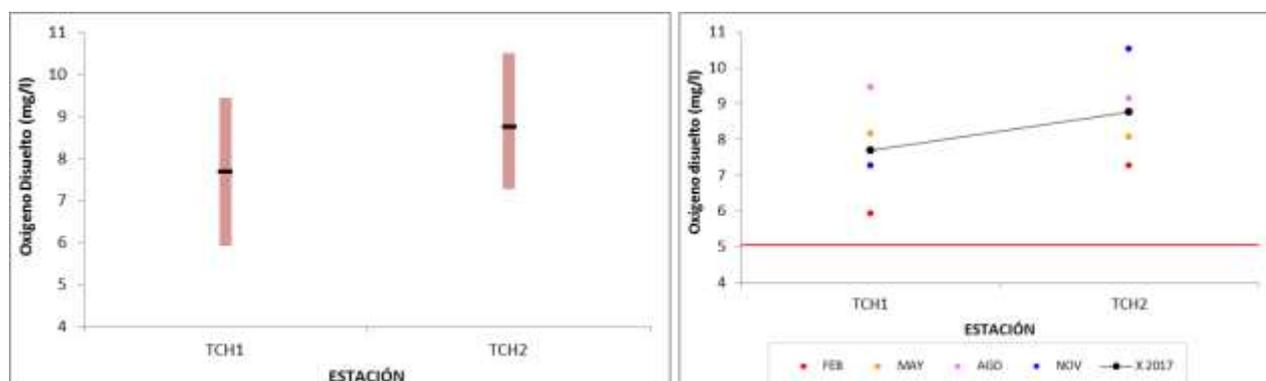


Figura 26. Izquierda: variación de la concentración de oxígeno disuelto en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea roja muestra el límite por sobre el cual deben encontrarse los valores de oxígeno disuelto para ser considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2 Resultados analíticos

1.2.2.1 Coliformes termotolerantes

El promedio de coliformes termotolerantes fue de 4825 UFC/ 100 ml, con un máximo de 8900 UFC/ 100 ml y un mínimo de 3000 UFC/ 100 ml. Los datos arrojados de los análisis no cumplen para lo establecido en el decreto 253/79 y modificativos, cuyo valor estándar es de 2000 UFC/ 100 ml. (Figura 33). Esta estación es altamente impactada por la ciudad de Tacuarembó, en lo referente a esta variable.

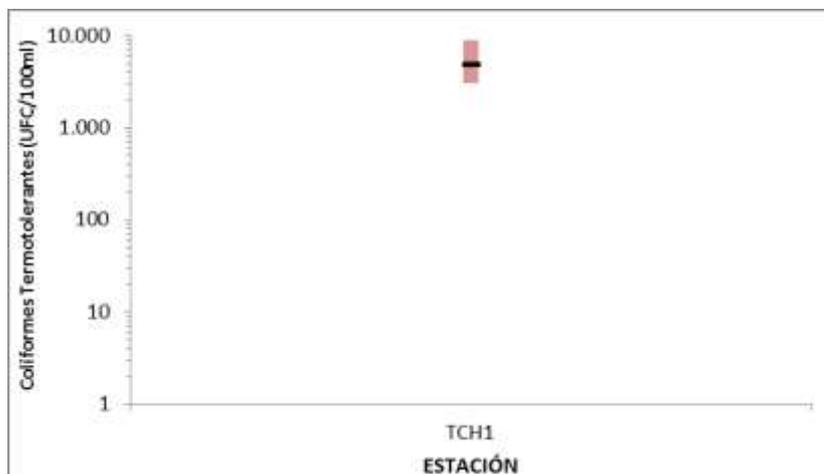


Figura 27. Variación de los coliformes termotolerantes en la estación TCH1 a lo largo del año 2017. En negro el promedio anual y rojo el máximo y el mínimo.

1.2.2.2 Calcio

En cuanto al calcio, este presentó un promedio de 6,5 mg/l, un valor máximo de 16 mg/l y un mínimo de 4,9 mg/l. Los valores más altos se encuentran en la estación cerca de la ciudad de Tacuarembó. Asimismo los valores más altos se registraron en la época verano y los más bajos en otoño (Figura 34). Para la campaña de noviembre no se pudo obtener el dato de este ion debido a que el laboratorio se encontraba validando la técnica Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS).

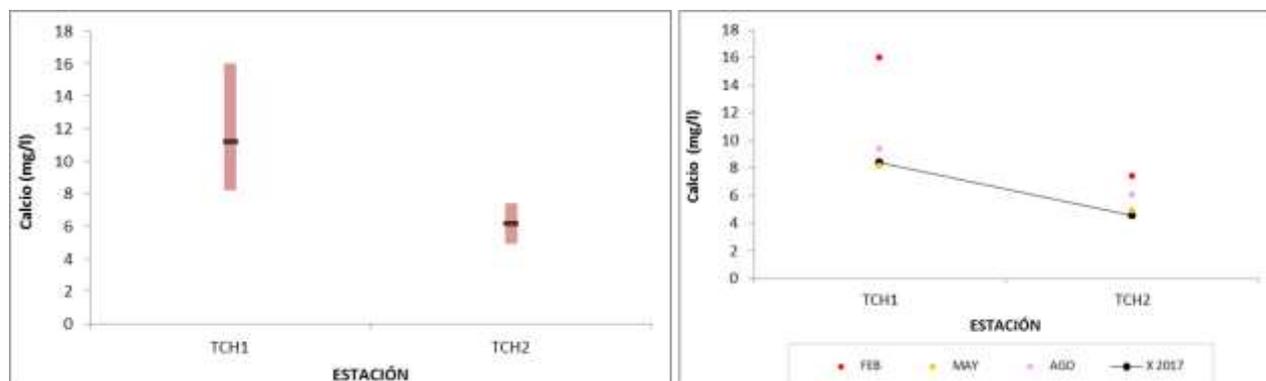


Figura 28. Izquierda: variación de la concentración de calcio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.3 Magnesio

El magnesio presentó un máximo de 5,8 mg/l, un mínimo de 2,6 mg/l y un promedio de 2,1 mg/l. Los valores más altos se encuentran en la estación cerca de la ciudad de Tacuarembó (Figura 35). Para la campaña de noviembre no se pudo obtener el dato de este ion debido a que el laboratorio se encontraba validando la técnica Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS).

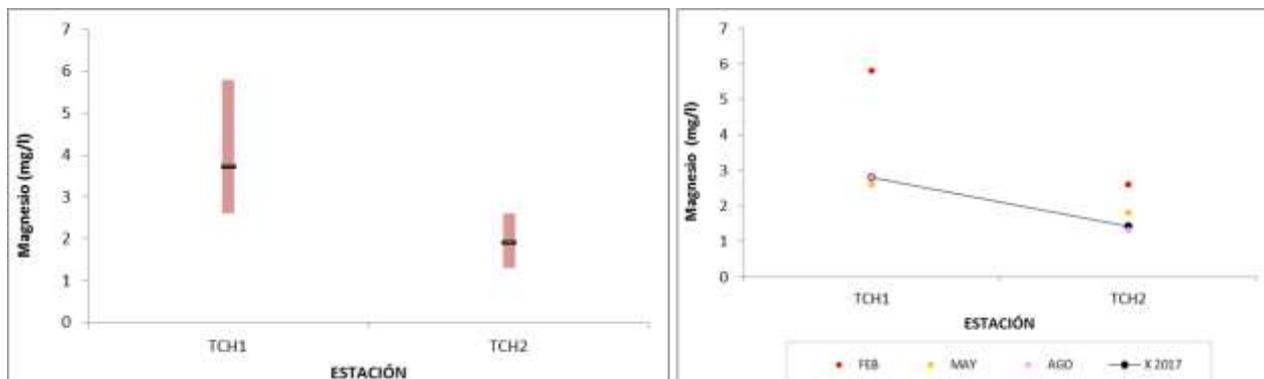


Figura 29. Izquierda: variación de la concentración de magnesio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.4 Sodio

Este ion presentó un valor máximo de 5,1 mg/l, un mínimo de 2 mg/l y un promedio de 3,4 mg/l. Los valores más altos se encuentran en la estación cerca de la ciudad de Tacuarembó (Figura 36). Para la campaña de noviembre no se pudo obtener el dato de este ion debido a que el laboratorio se encontraba validando la técnica Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS).

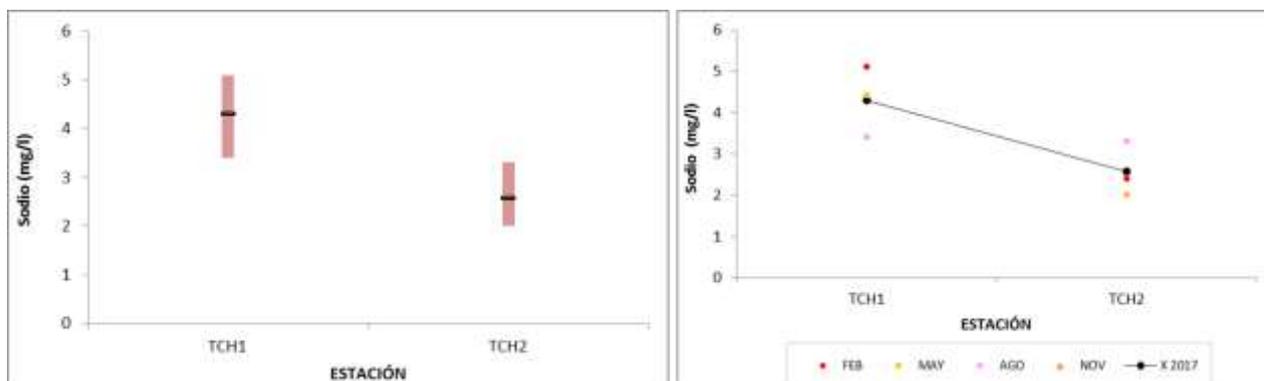


Figura 30. Izquierda: variación de la concentración de sodio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.5 Potasio

Los valores del potasio presentaron un promedio de 1,65 mg/l, con un valor máximo de 2,6 mg/l y un mínimo de 1mg/l (Figura 37). Se obtuvieron los valores más altos en el invierno y los más bajos en el verano. El valor más alto registrado fue el de la estación de monitoreo TCH2.

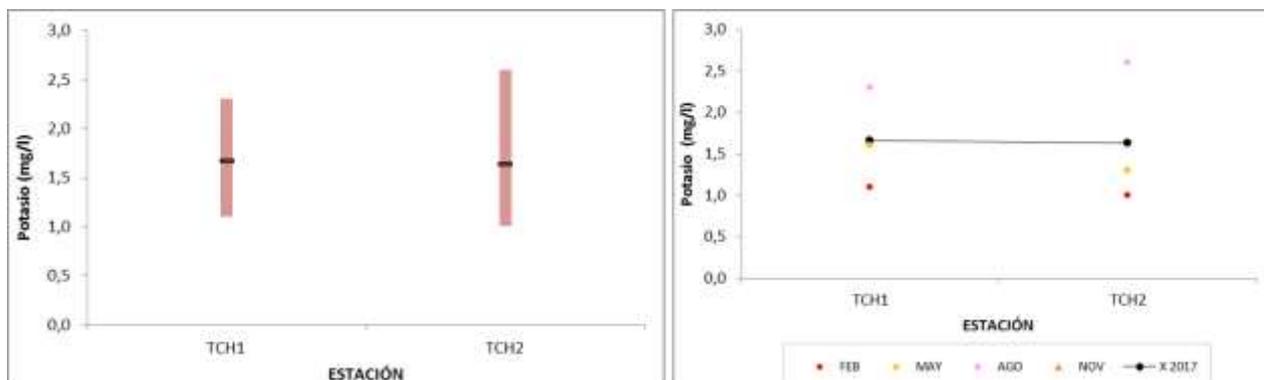


Figura 31. Izquierda: variación de la concentración de potasio en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.6 Alcalinidad

Los valores de alcalinidad presentaron un promedio de 70,25 mg CaCO₃/l, con un valor máximo de 120 mg CaCO₃/l y un mínimo de 38 mg CaCO₃/l (Figura 38).

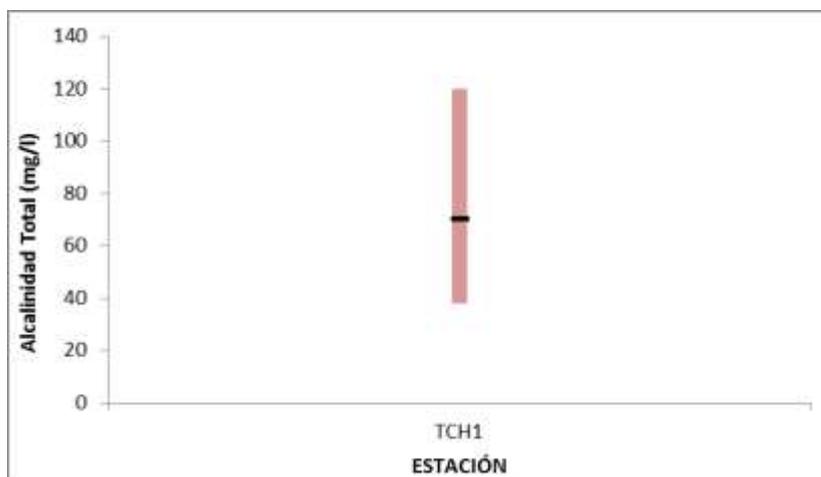


Figura 32. Valor promedio, máximo y mínimo de la alcalinidad en la estación TCH1 del río Tacuarembó chico. En negro el promedio anual y en rojo el máximo y el mínimo.

1.2.2.7 Sólidos totales

El valor promedio fue 165 mg/l, el máximo 270 mg/l y el mínimo 100 mg/l. Los valores más altos se produjeron en la estación de monitoreo cerca de la ciudad de Tacuarembó, disminuyendo en la estación más alejada (Figura 39).

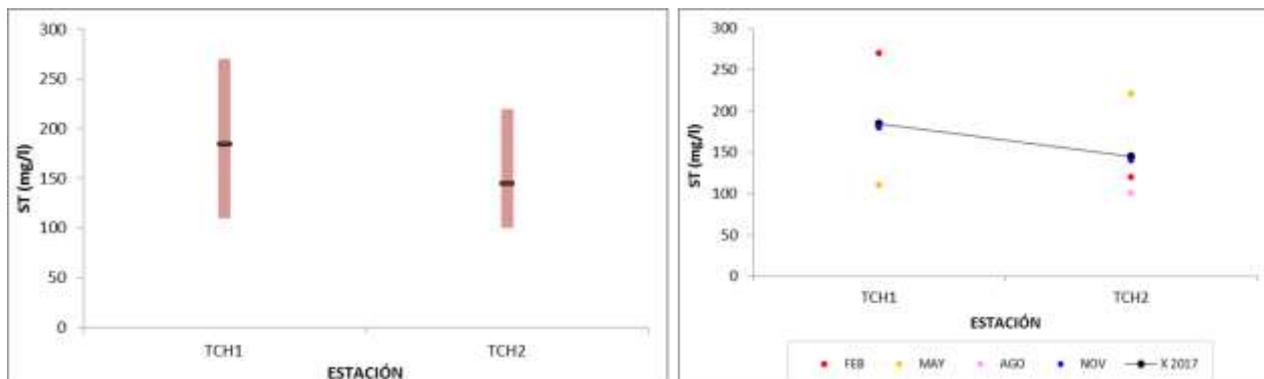


Figura 33. Izquierda: variación de la concentración de sólidos totales en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.8 Sólidos totales fijos

El valor promedio fue 80 mg/l, el valor máximo 140 mg/l y el mínimo 40 mg/l (Figura 40). Los valores más altos se dieron en la estación de monitoreo cercana a la ciudad de Tacuarembó en la época de primavera y los más bajos en época de invierno, decreciendo su valor en dirección a su desembocadura en el río Tacuarembó Grande.

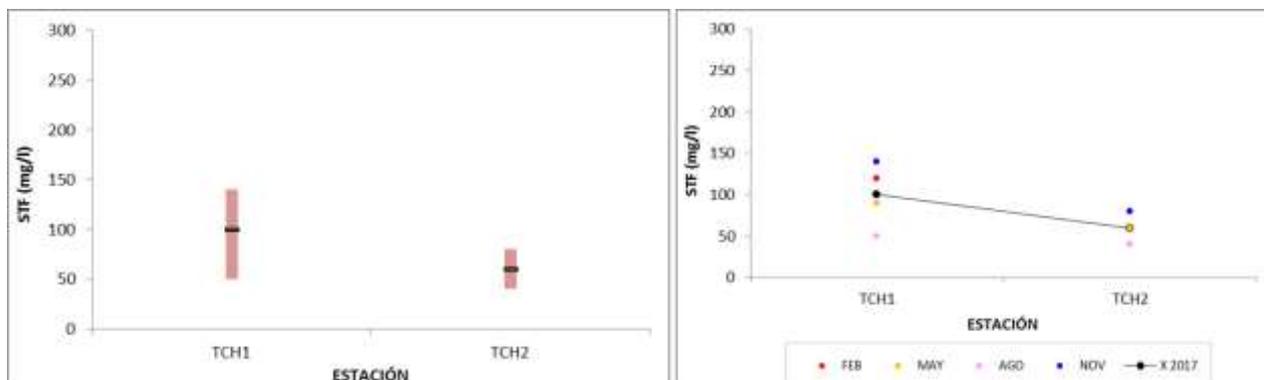


Figura 34. Izquierda: variación de la concentración de sólidos totales fijos en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.9 Sólidos totales volátiles

El valor promedio fue 85 mg/l, el máximo 160 mg/l y el mínimo 20 mg/l. Los valores más bajos se dieron en la estación de monitoreo cercana a la ciudad de Tacuarembó (Figura 41). Asimismo se han obtenido valores de 60 mg/l en tres de los muestreos realizados en el año para la estación TCH2.

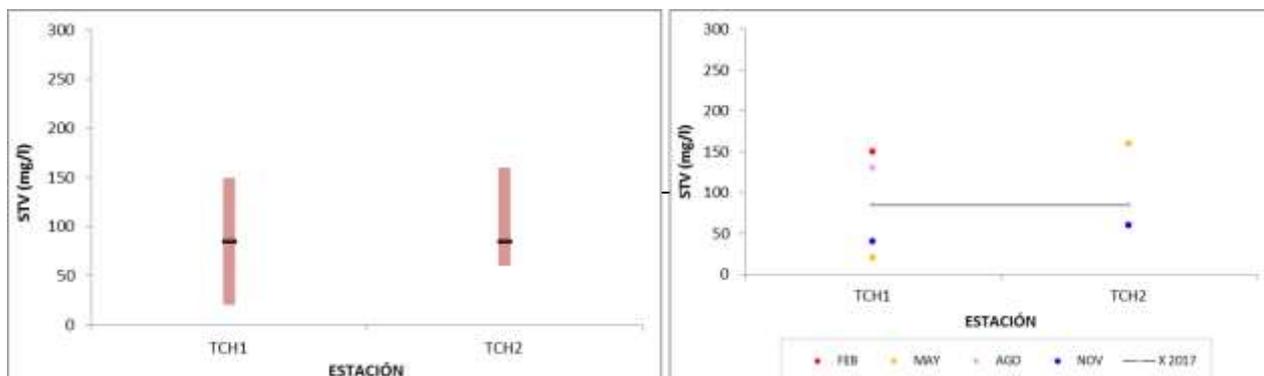


Figura 35. Izquierda: variación de la concentración de sólidos totales volátiles en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.10 Sólidos suspendidos totales

Para esta variable el promedio fue 14,76 mg/l, el máximo 37 mg/l y el mínimo 3,1 mg/l siendo los valores máximos obtenidos en la estación de monitoreo cercana a la ciudad de Tacuarembó TCH1 (Figura 42).

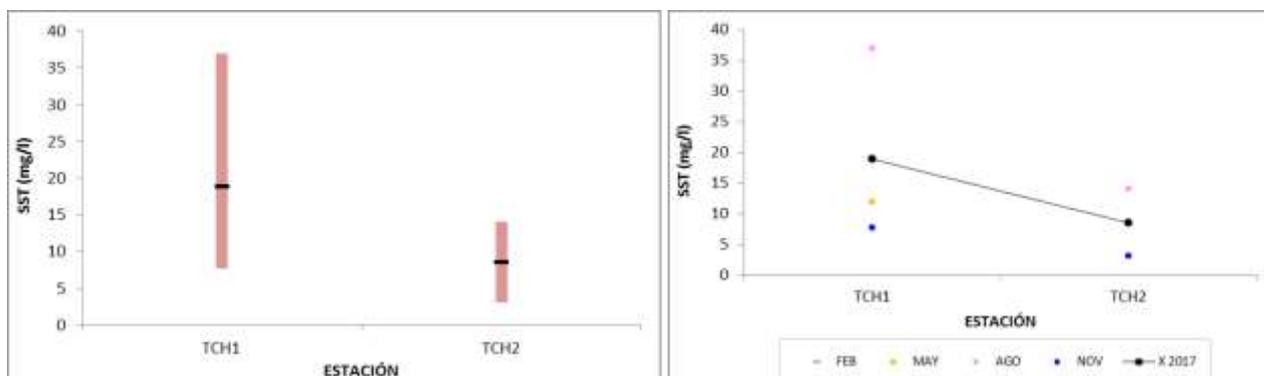


Figura 36. Izquierda: variación de la concentración de sólidos suspendidos totales en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.11 Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

El valor promedio fue 3,75 mg/l, el máximo 4,6 mg/l y el mínimo 2,8 mg/l (Figura 43). Se muestran los valores obtenidos crudos en las cuatro campañas de monitoreo. Los resultados se encuentran dentro de lo estipulado por del decreto 253/79 y modificativos.

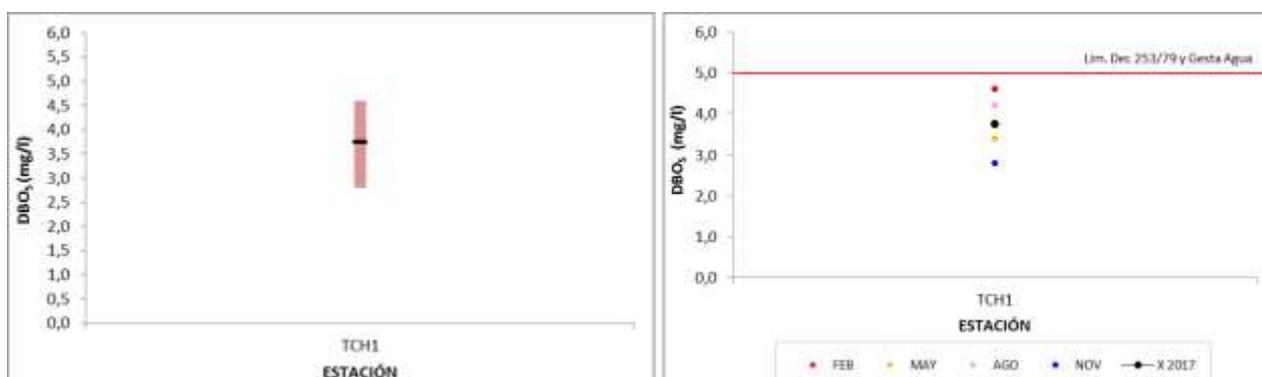


Figura 37. Izquierda: Distribución espacial de la DBO₅ en el área de estudio. En negro el promedio anual para la estación y en rojo el máximo y el mínimo. Derecha: los resultados obtenidos por campaña para la estación de monitoreo TCH1 del río Tacuarembó Chico.

1.2.2.12 Demanda química de oxígeno (DQO)

El valor promedio fue 18,25 mg/l, el máximo 27 mg/l y el mínimo 7 mg/l (Figura 44). Se muestran los valores obtenidos crudos en las cuatro campañas de monitoreo.

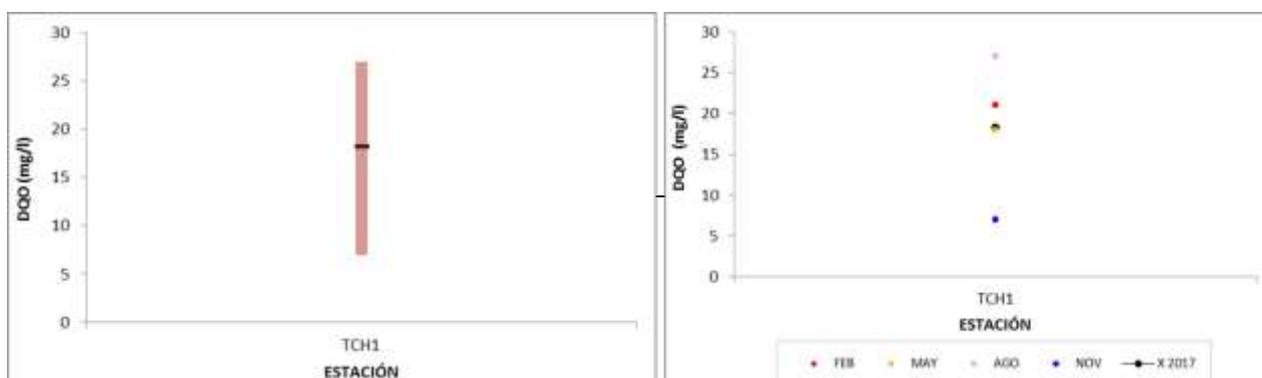


Figura 38. Izquierda: promedio, máximo y mínimo en la estación TCH 1 del río Tacuarembó Chico. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación.

1.2.2.13 Fósforo total

El valor promedio fue 96,5 $\mu\text{g/l}$, el máximo 120 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 80 $\mu\text{g/l}$ (Figura 45). Los valores de fósforo total no cumplen con los límites establecidos por el decreto 253/79 y modificativos (i.e. 25 $\mu\text{g/l}$). El valor más alto para esta variable se obtuvo en la estación de monitoreo TCH2.

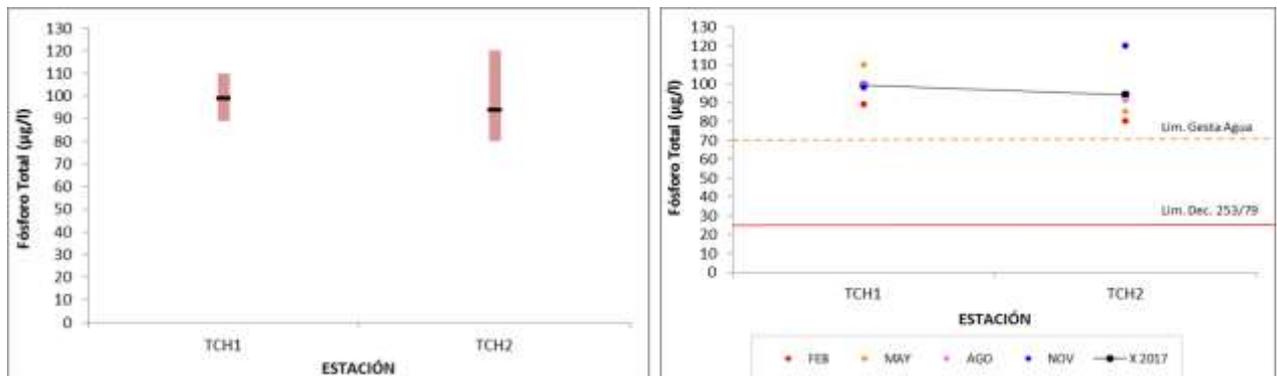


Figura 39. Izquierda: distribución espacial del fósforo total en el área de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea roja muestra el límite permitido para la clase 3 por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.14 Fósforo reactivo soluble

El valor promedio fue 38,9 $\mu\text{g/l}$, el máximo 66 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 25 $\mu\text{g/l}$ (Figura 46). Se observa gran disponibilidad de este nutriente en la zona de estudio, pudiendo potencialmente promover el crecimiento de plantas y algas. Asimismo el valor más elevado se observó en la estación de monitoreo TCH2 en primavera.

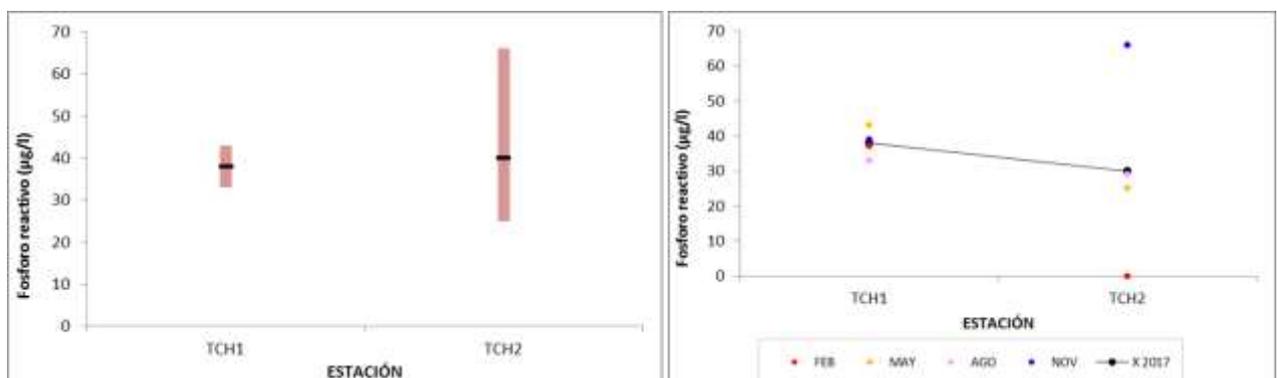


Figura 40. Izquierda: distribución espacial del fósforo reactivo soluble en el área de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.15 Nitrógeno amoniacal

El valor promedio fue 0,12 mg/l, el máximo 0,51 mg/l y el mínimo 0,07 mg/l (Figura 47). Si comparamos esta variable con los límites estipulados en el documento Gesta Agua V 12-2014, los valores obtenidos cumplen, exceptuando un valor.

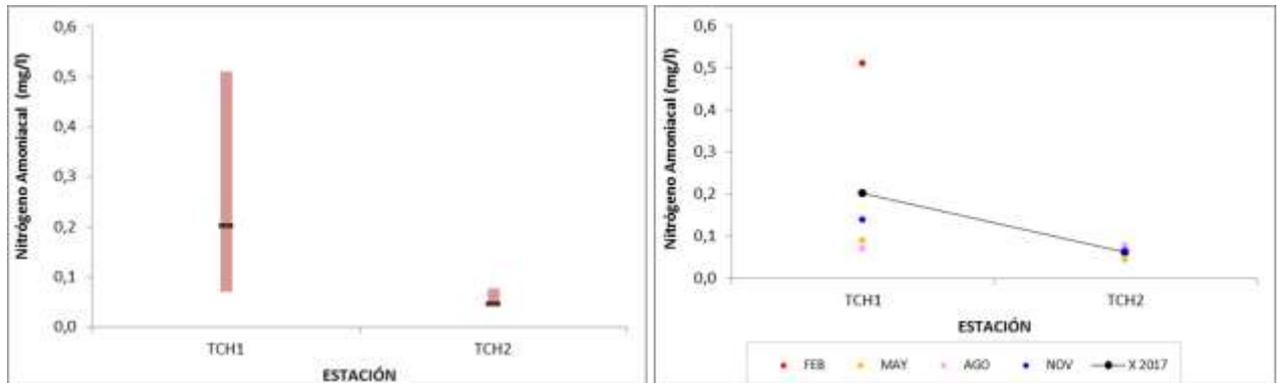


Figura 41. Izquierda: distribución espacial de nitrógeno amoniacal en el área de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.16 Nitrito

El valor promedio fue 0,17 mg/l, el máximo 0,4 mg/l y el mínimo 0,08 mg/l (Figura 48). Los resultados cumplen con lo estipulado en el decreto 253/79 y modificativos, y en el documento Gesta Agua V 12-2014.

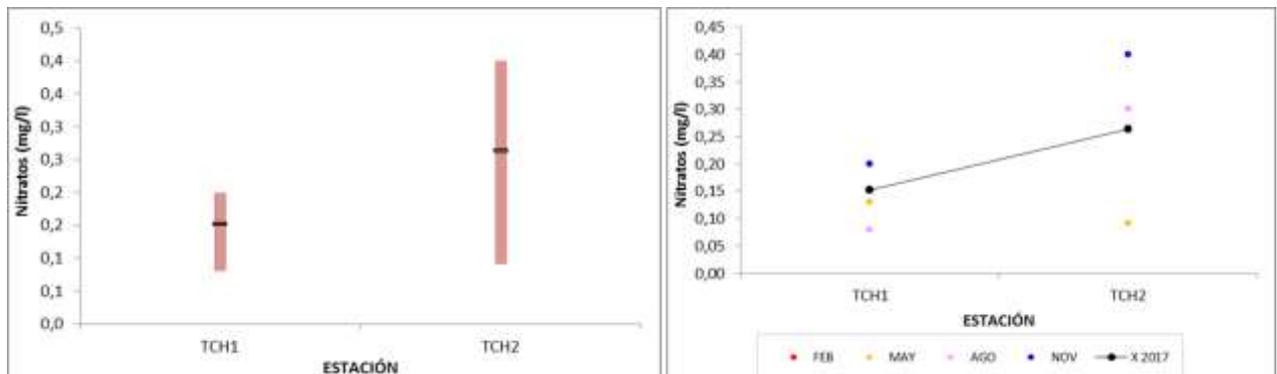


Figura 42. Izquierda: distribución espacial de nitrito en el área de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.17 Nitrógeno Total

El valor promedio fue 0,95 mg/l, el máximo 1,50 mg/l y el mínimo 0,60 mg/l (Figura 49).

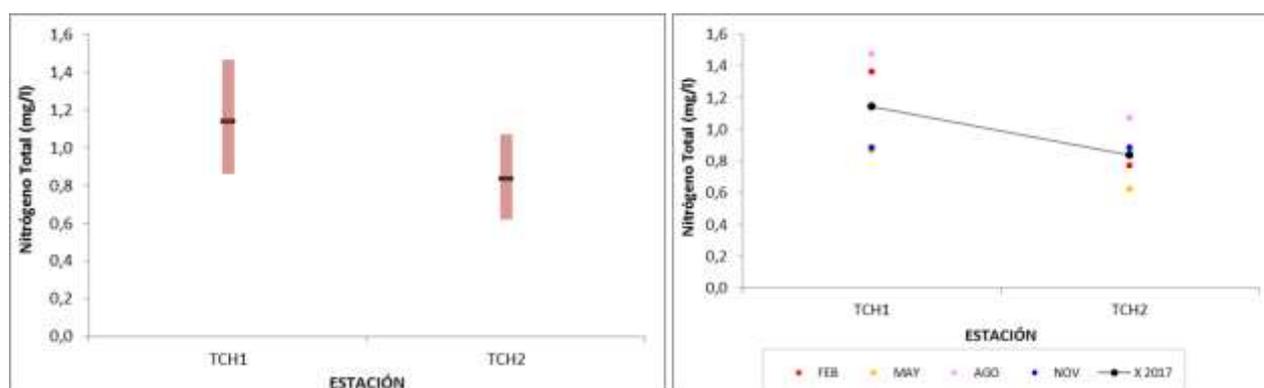


Figura 43. Izquierda: variación de la concentración de nitrógeno total en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.2.2.18 Clorofila α

Para esta variable no se anexan gráficas dado que todos los valores obtenidos se encuentran por debajo del límite de detección, por debajo del límite de cuantificación o entre ambos límites.

1.2.2.19 Feofitina

Para esta variable no se anexan gráficas dado que todos los valores obtenidos se encuentran por debajo del límite de detección, por debajo del límite de cuantificación o entre ambos límites.

1.2.2.20 Sustancias fenólicas

El valor promedio fue 1,7 $\mu\text{g/l}$, el máximo 4,6 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 0,5 $\mu\text{g/l}$ (Figura 50). Los valores cumplen con lo estipulado por el decreto 253/79 y modificativos, así como con los límites del documento Gesta Agua V 12-2014. El valor más alto registrado para esta variable se observó en la estación de monitoreo TCH1, aguas debajo de la ciudad de Tacuarembó.

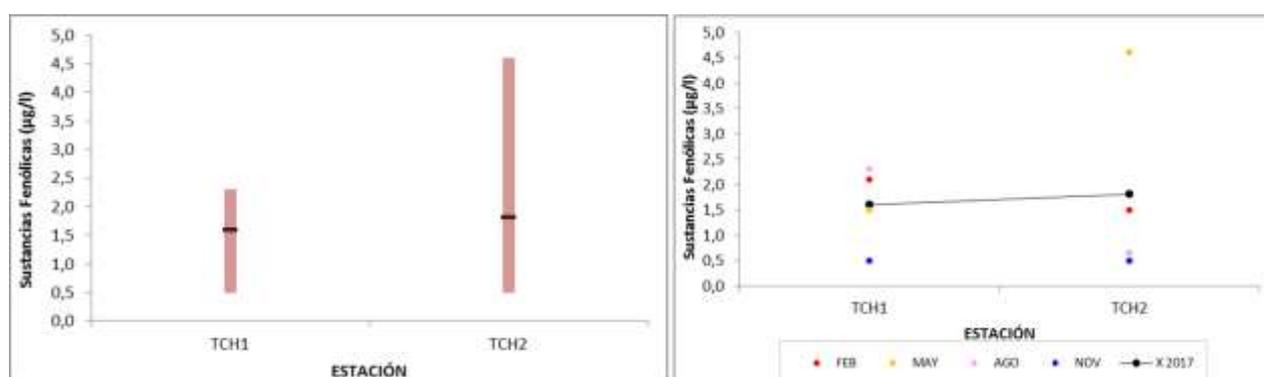


Figura 44. Izquierda: distribución espacial de sustancias fenólicas en el área de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

OBSERVACIÓN

Para las variables mercurio (Hg), cianuro total (CNT), compuestos orgánicos halogenados (AOX), glifosato y ácido aminometilfosfónico (AMPA) no se anexan gráficas ya que todos los valores analíticos dan por debajo de los límites de detección o de los límites de cuantificación. La turbidez no fue graficada debido a que sólo se cuenta con 2 datos que cumplen con lo estipulado en la reglamentación. Tampoco fueron graficados los nitritos ya que no se cuenta con suficientes datos y sus valores se encuentran dentro de lo aceptable por la reglamentación. En referencia a estas variables la salud con la que cuenta la cuenca del río Tacuarembó Chico es buena.

1.3 Cuenca del arroyo Cuñapirú

1.3.1 Parámetros de medición *in situ*

1.3.1.1 Temperatura

La temperatura presenta una distribución relativamente homogénea entre las estaciones. Teniendo en cuenta las dos las estaciones de monitoreo de la cuenca, el rango de variación de la temperatura va desde 26,6 °C de máxima a 13 °C de mínima, con un promedio total de 16,1 °C (Figura 51).

Los valores de esta variable no presentaron apartamientos de factores climáticos. Registrando su máxima en la estación de monitoreo CU3.

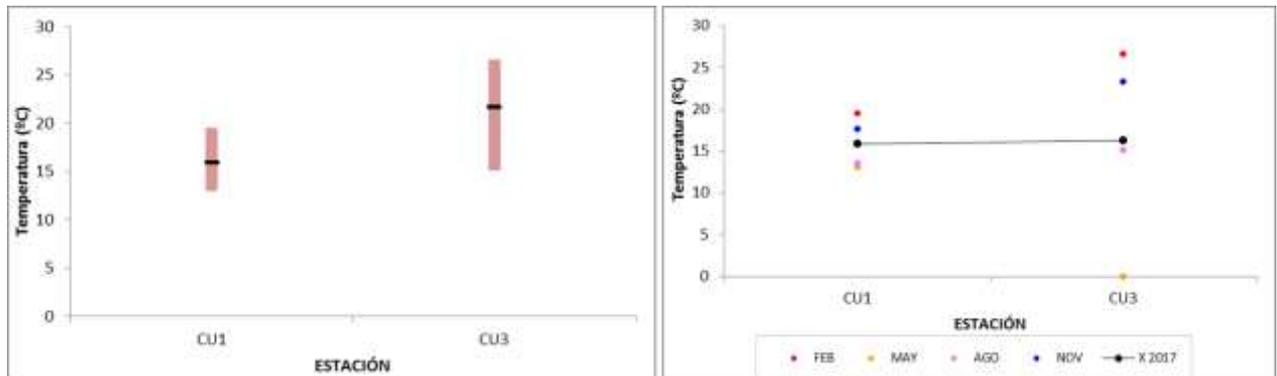


Figura 45. Izquierda: Variación de la temperatura del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.1.2 Conductividad

En el área de estudio se registra un valor promedio de conductividad de 84,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un máximo y un mínimo de 165,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 33,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente (Figura 52).

La variación máxima de conductividad se dio en la estación de monitoreo CU1 que se encuentra ubicada en la ciudad de Rivera.

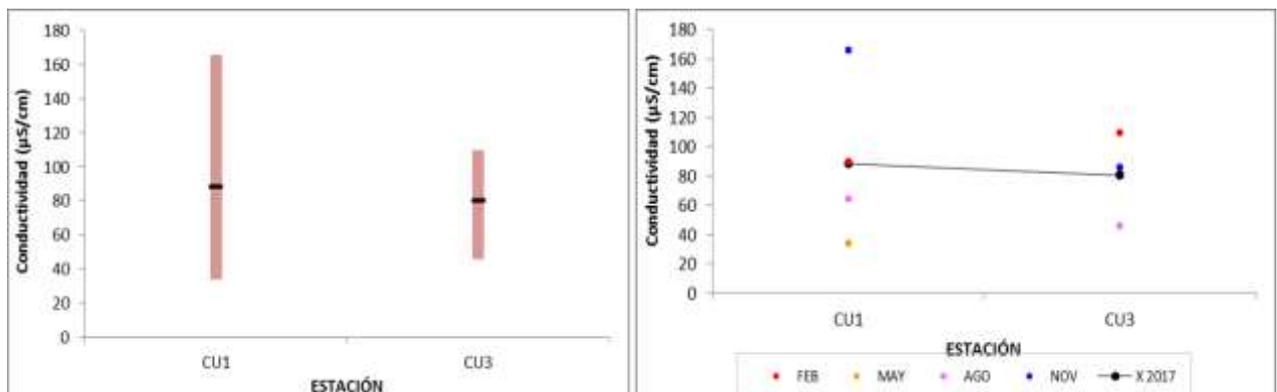


Figura 46. Izquierda: variación de la conductividad del agua en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.1.3 pH

Los valores de pH cumplen con el estándar establecido en el decreto 253/79 (límite inferior 6,5 y límite superior 8,5) (Tabla IV). El promedio registrado en las estaciones fue de 7,3, con un máximo de 7,75 y un mínimo de 6,69. El valor más alto se observó en la estación de monitoreo CU3 (Figura 53).

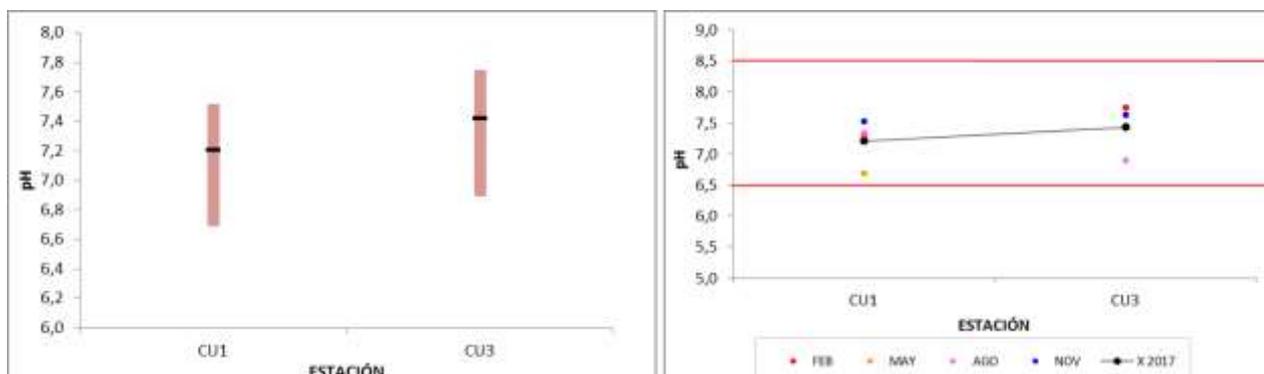


Figura 47. Izquierda: variación del pH del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. Las líneas rojas muestran los límites dentro de los que los valores de pH son considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.1.4 Oxígeno disuelto

Las estaciones de monitoreo presentan un valor promedio de 8,5 mg/l, un máximo de 9,6 mg/l y un mínimo de 7,26 mg/l (Figura 54). Todos los valores registrados cumplen con el decreto 253/79 y modificativos, para Clase 3, que establece un valor mínimo de 5.0 mg/l.

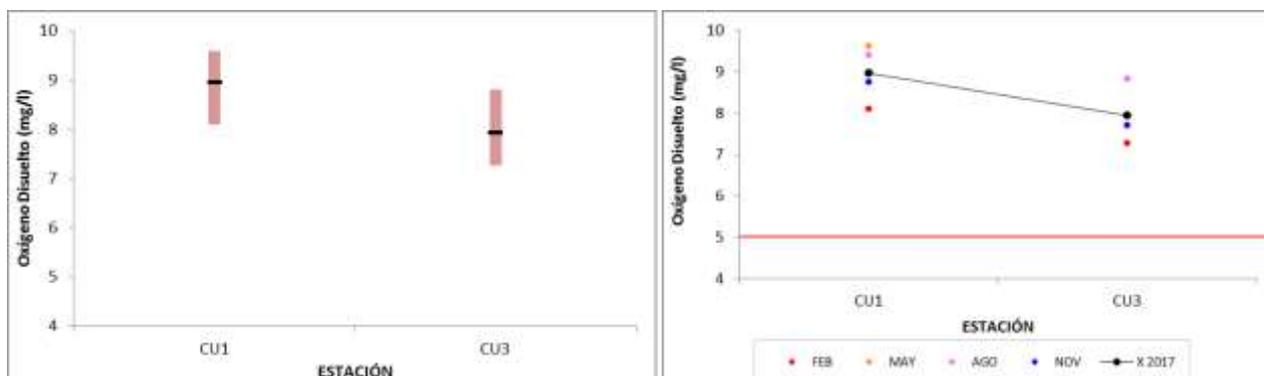


Figura 48. Izquierda: variación del oxígeno disuelto en el agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea roja muestra el límite por sobre el cual deben encontrarse los valores de oxígeno disuelto para ser considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2 Resultados analíticos

1.3.2.1 Coliformes termotolerantes

El promedio de coliformes termotolerantes fue de 3824 UFC/ 100 ml, con un máximo de 20000 UFC/ 100 ml y un mínimo de 10 UFC/ 100 ml. Los datos analíticos indican que la estación CU3 cumple en todas las campañas con el decreto 253/79 y modificativos. Lo contrario sucede con la estación CU1 cuyos valores no cumplen con el máximo permitido (i.e. 2000 ufc / 100 ml) por el decreto 253/79 y modificativos en ninguna de las campañas de muestreo (Figura 55).

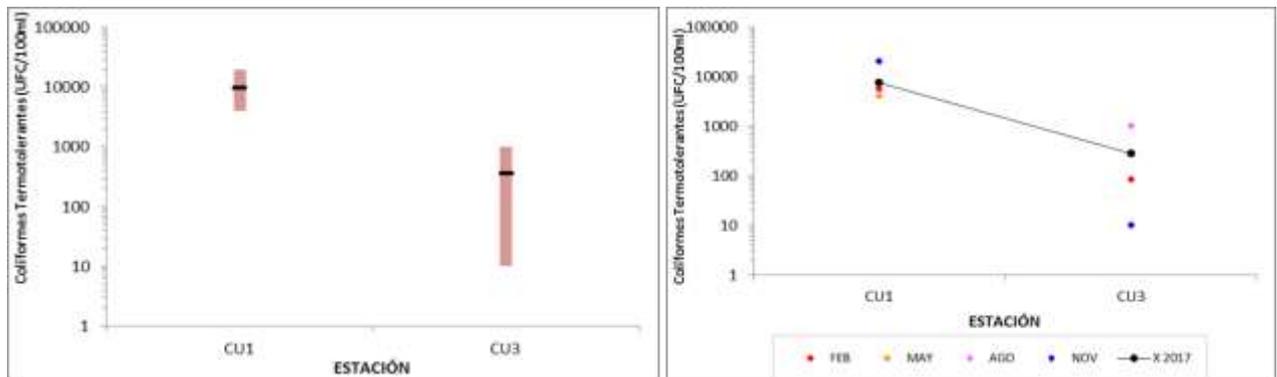


Figura 49. Izquierda: variación de los coliformes termotolerantes en los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.2 Calcio

La concentración de calcio presentó un promedio de 9,15 mg/l, un máximo de 11 mg/l y un mínimo de 5,8 mg/l (Figura 56). Los valores más altos se observaron en la estación de monitoreo CU1 ubicada dentro de la ciudad de Rivera. La estación CU3 mostró valores inferiores.

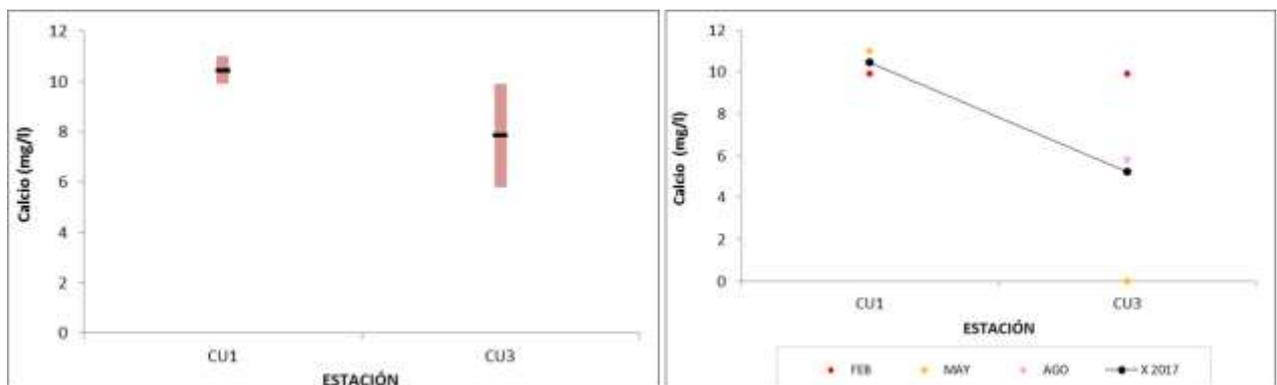


Figura 50. Izquierda: variación del Calcio del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.3 Magnesio

La concentración de magnesio presentó un máximo de 4,3 mg/l, un mínimo de 0,5 mg/l y un promedio de 2,5 mg/l (Figura 57). Los valores más altos fueron registrados en la estación de monitoreo CU1, en la ciudad de Rivera. Para la campaña de noviembre no se pudo obtener el dato de este ion debido a que el laboratorio se encontraba validando la técnica Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS).

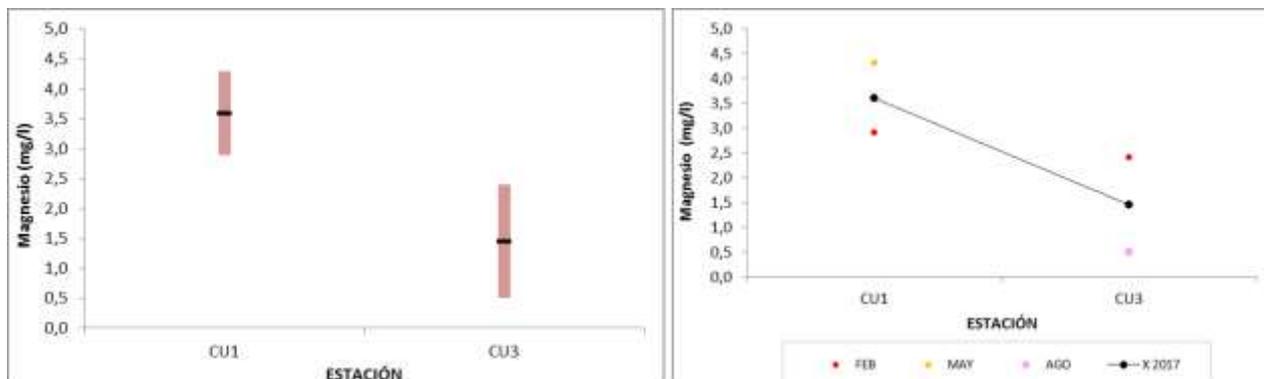


Figura 51. Izquierda: variación del magnesio del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.4 Sodio

Este ion presentó un valor máximo de 5,3 mg/l, un mínimo de 4,1 mg/l y un promedio de 4,7 mg/l (Figura 58). Se muestran los valores obtenidos para la estación de monitoreo CU3. En la campaña de noviembre no se pudo obtener el dato de este ion debido a que el laboratorio se encontraba validando la técnica Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS). En la estación de monitoreo CU1 se obtuvieron dos datos de sodio en dos campañas en todo el año, teniendo ambos datos el mismo valor numérico.

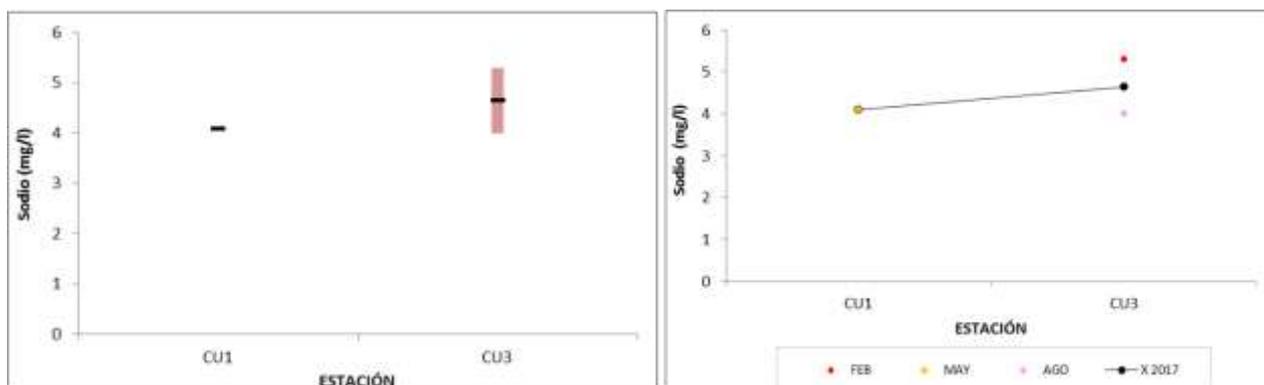


Figura 52. Izquierda: variación del magnesio del agua para la estación CU3. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.5 Potasio

Este ion presentó un valor máximo de 3 mg/l, un mínimo de 1,1 mg/l y un promedio de 1,7 mg/l (Figura 59). Se muestran los valores obtenidos para la estación de monitoreo CU3 en las cuatro campañas de monitoreo. En la campaña de noviembre no se pudo obtener el dato de este ion debido a que el laboratorio se encontraba validando la técnica Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS).

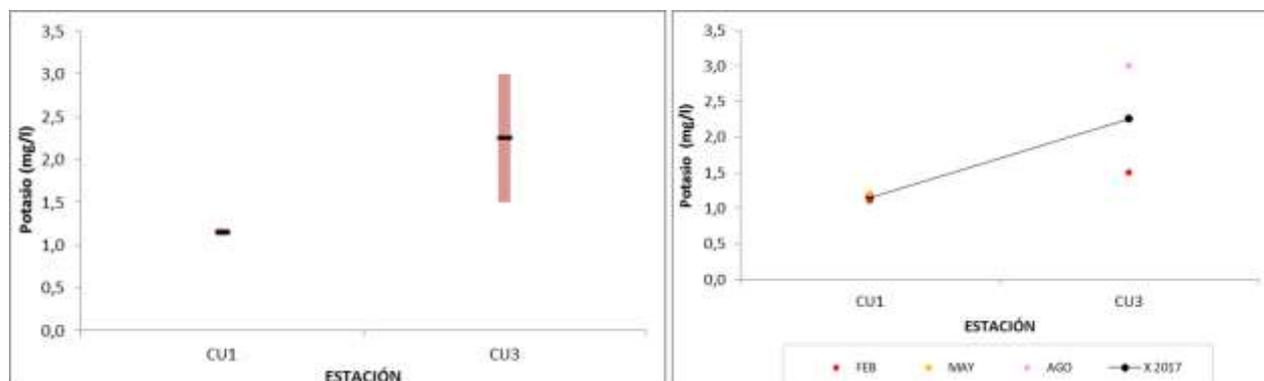


Figura 53. Izquierda: variación del magnesio del agua para la estación CU3. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.6 Alcalinidad

Los valores de alcalinidad presentaron un promedio de 42 mg CaCO₃/l, con máximo de 73 mg CaCO₃/l y un mínimo de 22 mg CaCO₃/l (Figura 60). El valor máximo se dio en la estación de monitoreo CU1, en la ciudad de Rivera. Estos valores de alcalinidad indican que el agua de estas estaciones es levemente dura.

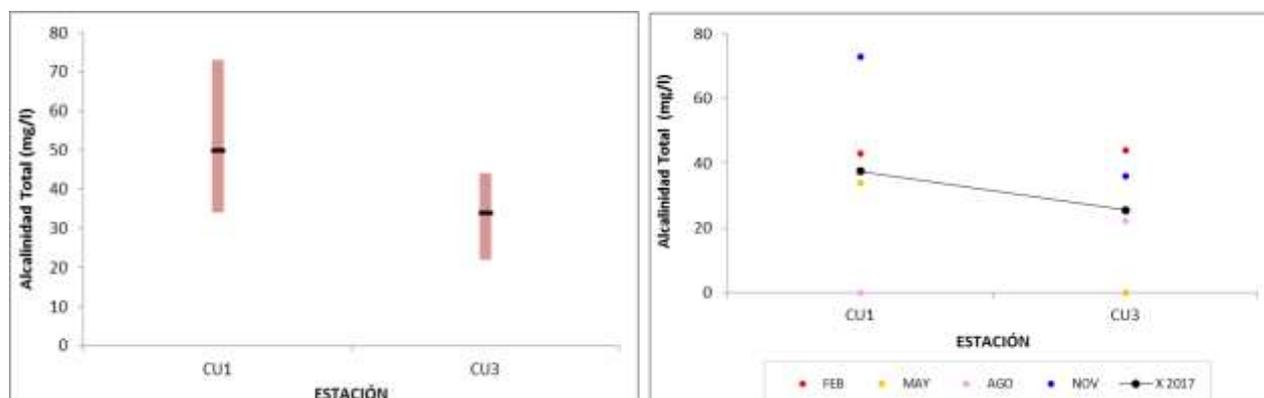


Figura 54. Izquierda: variación de la alcalinidad total del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.7 Sólidos totales

El valor promedio fue de 126 mg/l, el máximo 160 mg/l y el mínimo 80 mg/l (Figura 61).

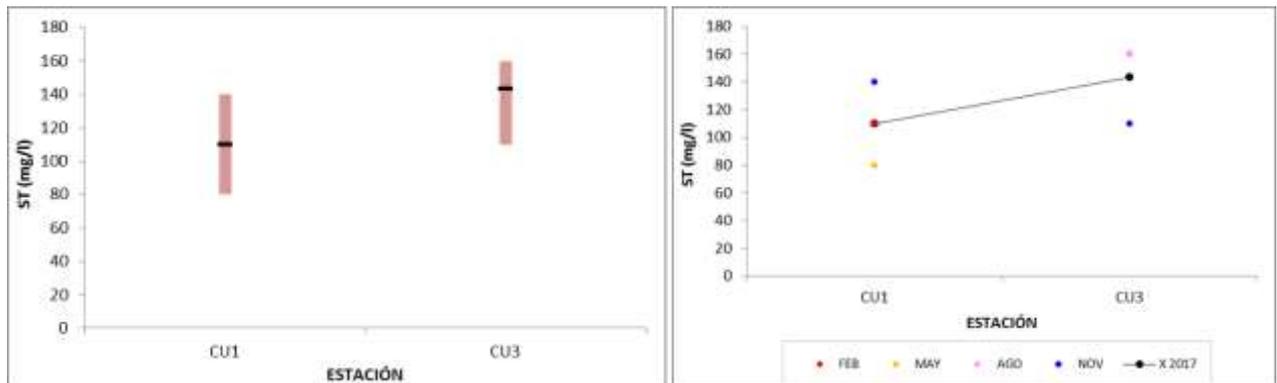


Figura 55. Izquierda: variación de los sólidos totales del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.8 Sólidos totales fijos

El valor promedio fue de 71,6 mg/l, el máximo 100 mg/l, el mínimo 40 mg/l (Figura 62).

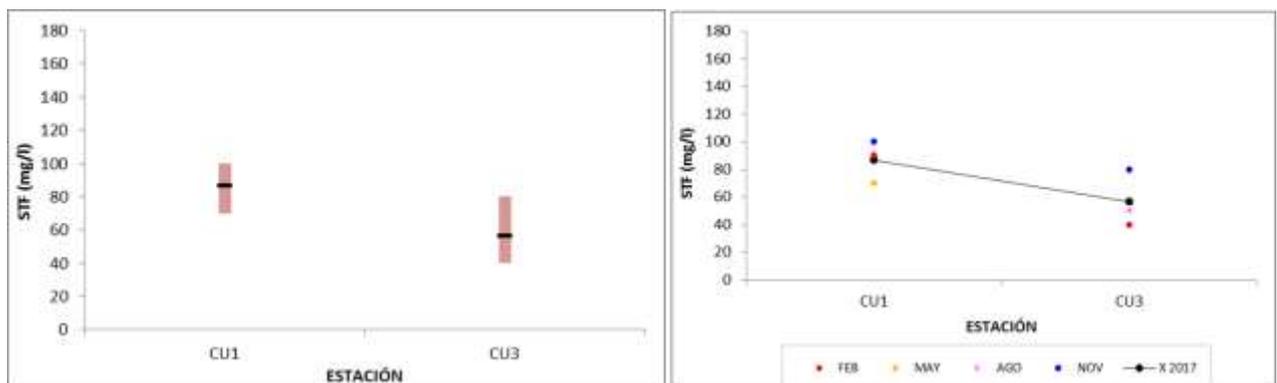


Figura 56. Izquierda: variación de los sólidos totales fijos del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.9 Sólidos totales volátiles

El valor promedio fue de 55 mg/l, el máximo 120 mg/l y el mínimo 10 mg/l (Figura 63).

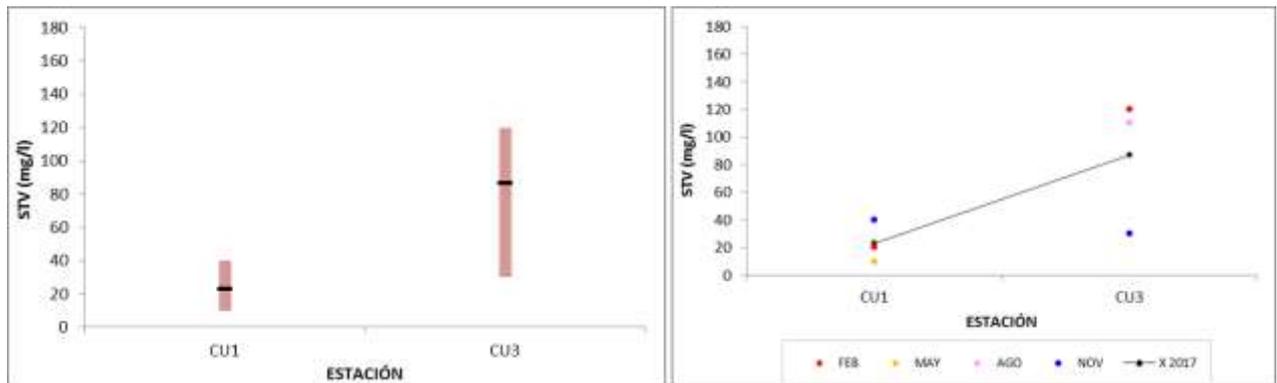


Figura 57. Izquierda: variación de los sólidos totales volátiles del agua entre los sitios de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.10 Sólidos suspendidos totales

No se anexa gráfica para esta variable ya que solamente se obtuvo un valor y el resto se encuentran por debajo del límite de detección, por debajo del límite de cuantificación o entre ambos límites.

1.3.2.11 Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

El valor promedio fue 3,1 mg/l, el máximo 4,6 mg/l y el mínimo 1,4 mg/l (Figura 64). No se cuenta con valores para el periodo de agosto. Los valores cumplen con los requerimientos del decreto 253/79 y modificativos.

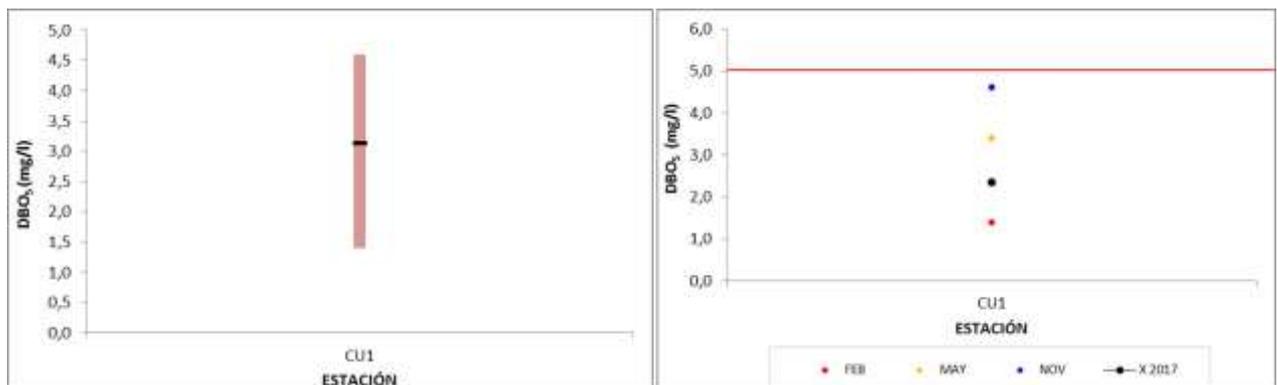


Figura 58. Izquierda: variación de la DBO₅ del agua para la estación de monitoreo CU1. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación.

1.3.2.12 Fósforo total

El valor promedio fue 98 $\mu\text{g/l}$, el máximo 150 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 73 $\mu\text{g/l}$ (Figura 65). Los valores de fósforo total no cumplen con los límites establecidos por el decreto 253/79 y modificativos (i.e. 25 $\mu\text{g/l}$). Los registros más altos se dieron en la estación de monitoreo CU1, en la ciudad de Rivera.

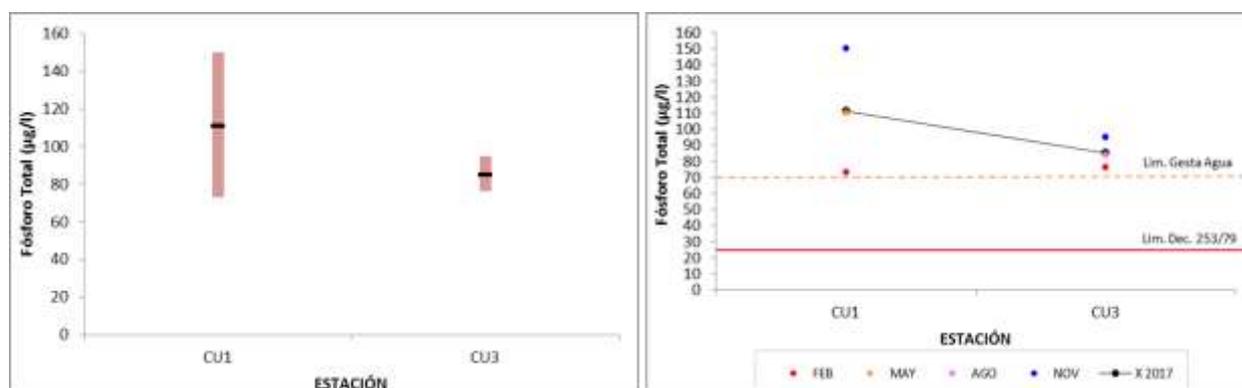


Figura 59. Izquierda: variación del fósforo total del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea roja muestra el límite permitido para la clase 3 por el decreto 253/79 y modificativos. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.13 Fósforo reactivo soluble

El valor promedio fue 49,1 $\mu\text{g/l}$, el máximo 69 $\mu\text{g/l}$, el mínimo 26 $\mu\text{g/l}$ (Figura 66). Existe gran disponibilidad de este nutriente en la zona de estudio, pudiendo potencialmente promover el crecimiento de plantas y algas. Los valores disminuyen en la estación de monitoreo CU3.

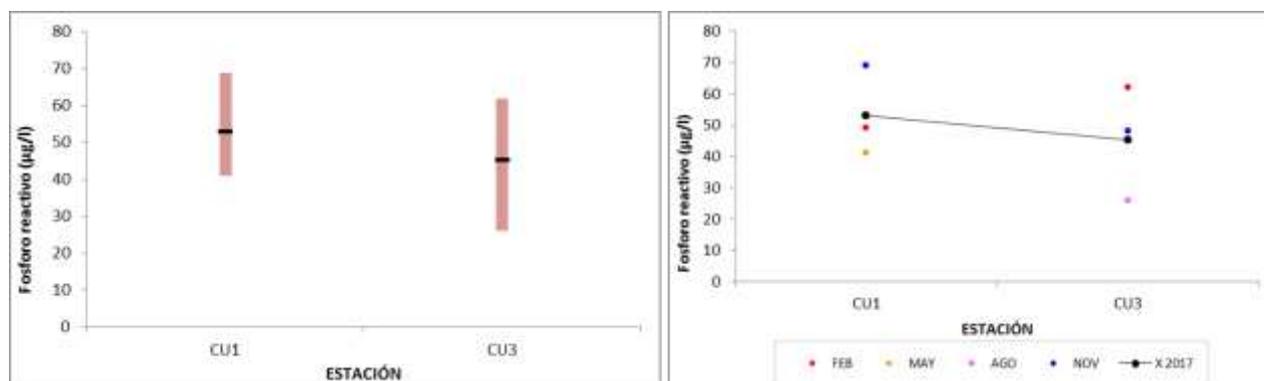


Figura 60. Izquierda: variación del fósforo reactivo del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.14 Nitrógeno total

El valor promedio fue 1,29 mg/l, el máximo 2,49 mg/l y el mínimo 0,9 mg/l (Figura 67). Como se puede observar en las gráficas los valores más altos y los más bajos se dieron en la estación de monitoreo CU1, de la ciudad de Rivera. Los valores de CU1 fueron más variables mientras que para la estación CU3 no mostraron tanta dispersión.

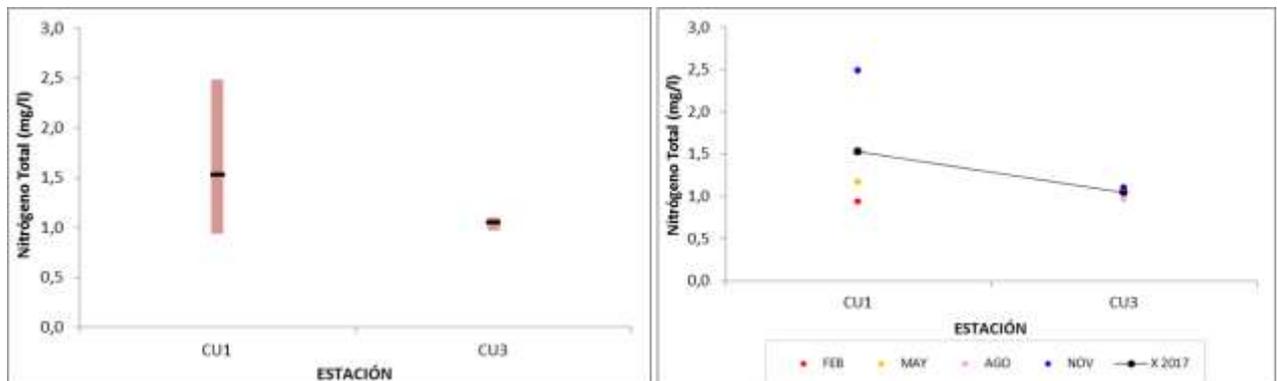


Figura 61. Izquierda: variación del nitrógeno total del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.15 Nitrógeno amoniacal

El valor promedio fue 0,15 mg/l, el máximo 0,43 mg/l y el mínimo 0,064 mg/l (Figura 68). Estos valores cumplen con los límites estipulados por el documento Gesta Agua V 12-2014. También se puede observar que los valores más altos para esta variable se dieron en la estación de monitoreo CU1, en la ciudad de Rivera.

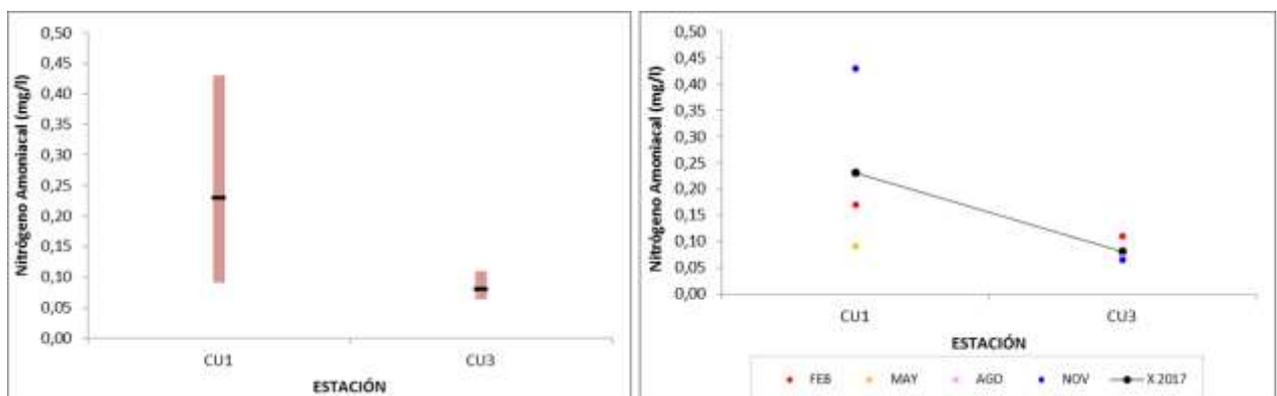


Figura 62. Izquierda: variación del nitrógeno amoniacal del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.16 Nitrito

Para esta variables sólo se cuenta con datos para la estación CU1, siendo el valor promedio 2,29 mg/l, el máximo 6,8 mg/l y el mínimo 0,004 mg/l (Figura 69). Estos valores no cumplen con los límites del documento Gesta Agua V 12-2014.ó

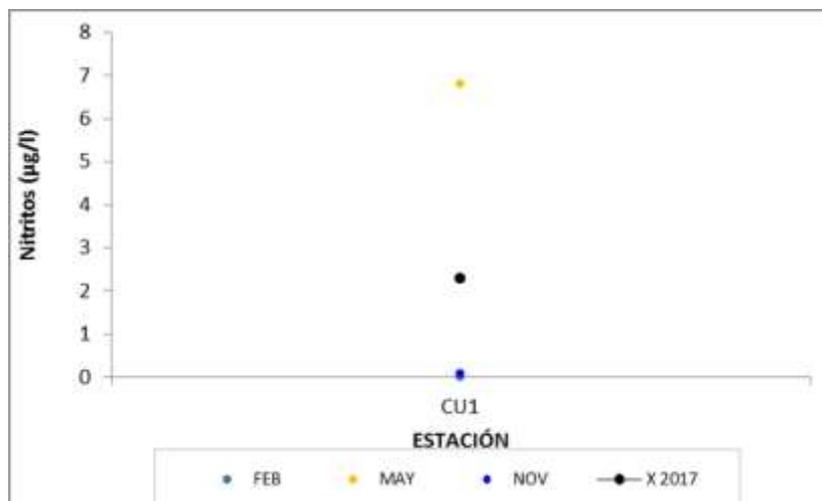


Figura 63. Variación del nitrito del agua en la estación de monitoreo CU1. En negro el promedio anual por estación y en rojo el máximo y el mínimo por estación.

1.3.2.17 Nitrato

El valor promedio fue 0,38 mg/l, el máximo 1,1 mg/l y el mínimo 0,1 mg/l (Figura 70). Los resultados cumplen con lo estipulado en el decreto 253/79 y modificativos y en el documento Gesta Agua V 12-2014. Los resultados más altos se encontraron en la estación de monitoreo CU1, en la ciudad de Rivera.

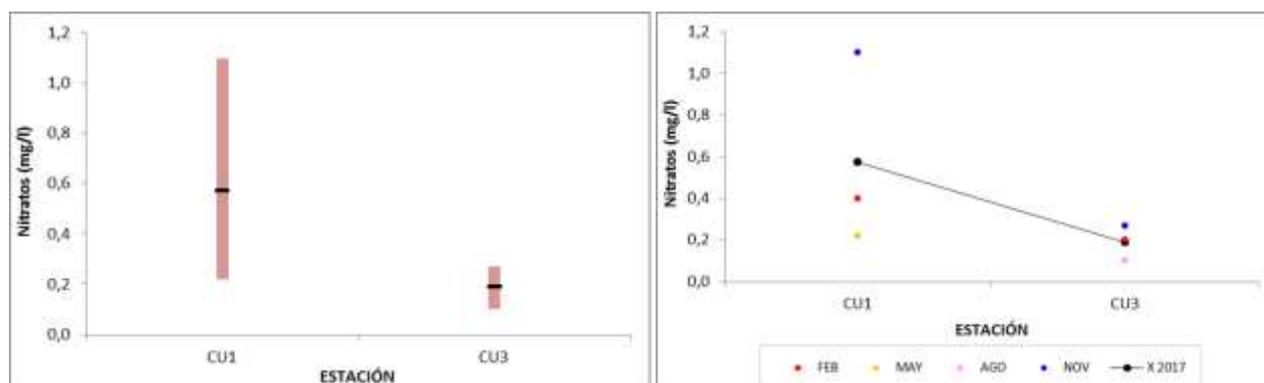


Figura 64. Izquierda: variación del nitrato del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.18 Clorofila α

El valor promedio fue 2,11 $\mu\text{g/l}$, el máximo 7,2 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 0,1 $\mu\text{g/l}$ (Figura 71).

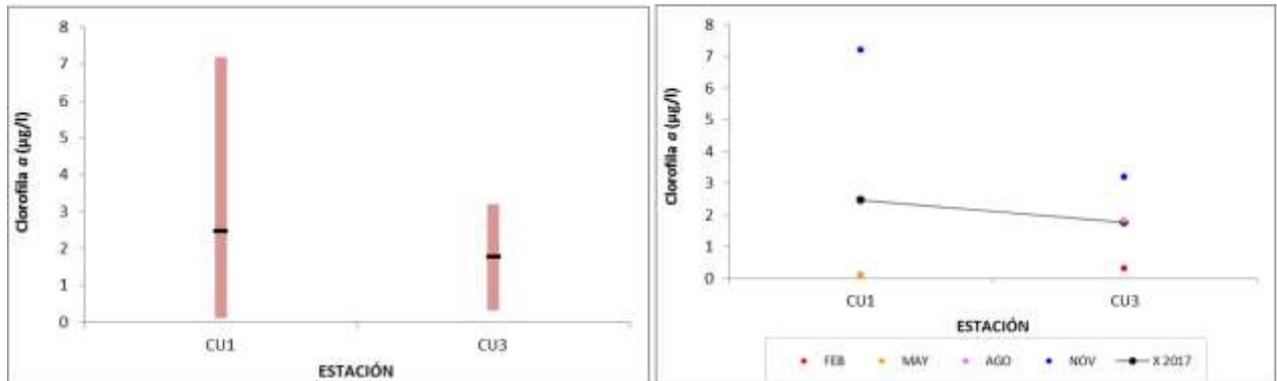


Figura 65. Izquierda: variación de la clorofila α del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.19 Feofitina

El valor promedio fue 3,3 $\mu\text{g/l}$, el máximo 5,8 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 0,1 $\mu\text{g/l}$ (Figura 72).

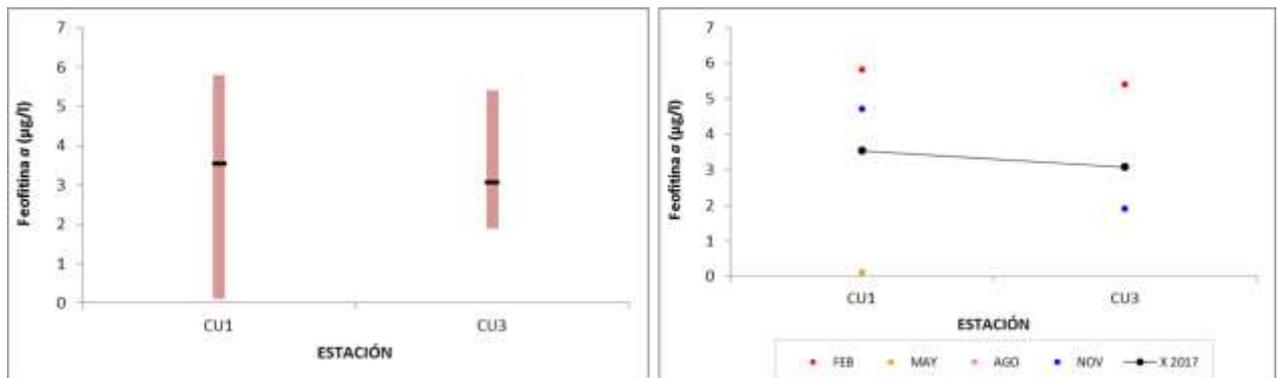


Figura 66. Izquierda: variación de la feofitina del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

1.3.2.20 Sustancias fenólicas

El valor promedio fue 1,6 $\mu\text{g/l}$, el máximo 3,5 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 0,5 $\mu\text{g/l}$ (Figura 73). Los valores cumplen con lo estipulado por el decreto 253/79 y modificativos, así como con los límites del documento Gesta Agua V 12-2014.

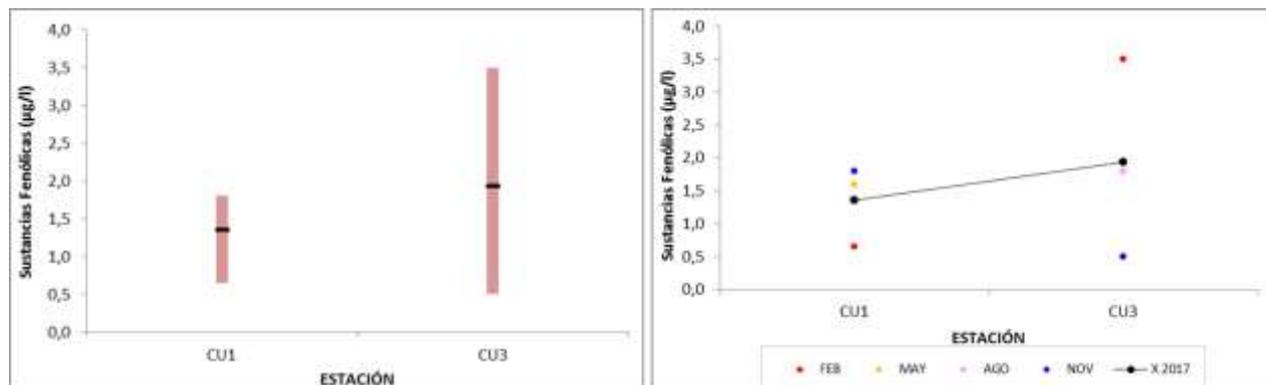


Figura 67. Izquierda: variación de las sustancias fenólicas del agua entre las estaciones de monitoreo. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. Derecha: datos obtenidos en cada muestreo realizado por estación. La línea negra conecta los valores promedio de ambas estaciones.

OBSERVACIÓN

Para las variables mercurio (Hg), cianuro total (CNT), compuestos orgánicos halogenados (AOX), glifosato, ácido aminometilfosfónico (AMPA) y demanda química de oxígeno (DQO) no se anexan gráficas ya que todos los valores analíticos dan por debajo de los límites de detección o de cuantificación. La turbidez tampoco fue graficada debido a que sólo se cuenta con 2 datos que cumplen con lo estipulado en la reglamentación. En referencia a estas variables la salud con la que cuenta el arroyo Cuñapirú es buena.

1.4 Arroyos Caraguatá y Yaguari

Los resultados de las siguientes cuencas se presentan sin análisis estadístico debido a que sólo existe una estación de monitoreo en cada una de las cuencas. Cabe destacar que el monitoreo de la cuenca del río Tacuarembó empezó este año.

1.4.1 Parámetros de medición *in situ*

1.4.1.1 Temperatura

La temperatura se comportó acorde a la variación estacional esperada (Figura 74).

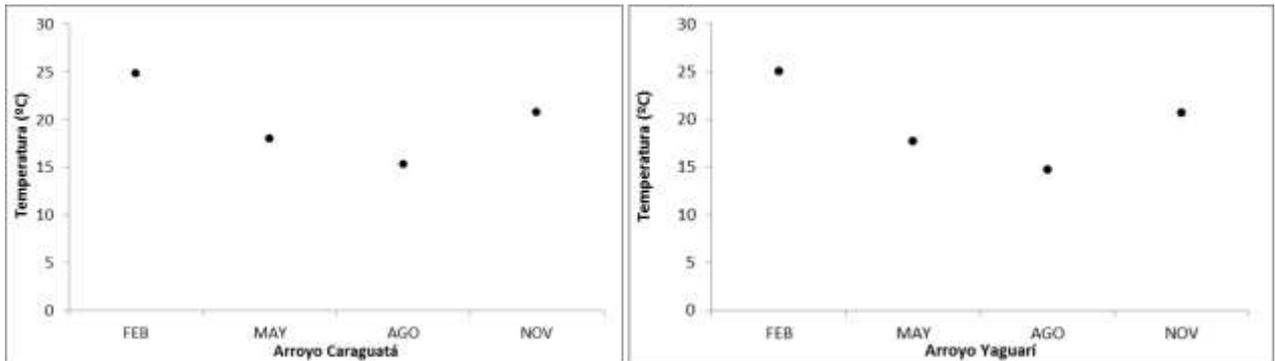


Figura 68. Variación de la temperatura en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.1.2 Conductividad

La dinámica de la conductividad lo largo del año fue similar para ambas cuencas. Los valores más bajos se observaron en el mes de mayo, mientras que los valores más elevados se registraron en el mes de noviembre (Figura 75).

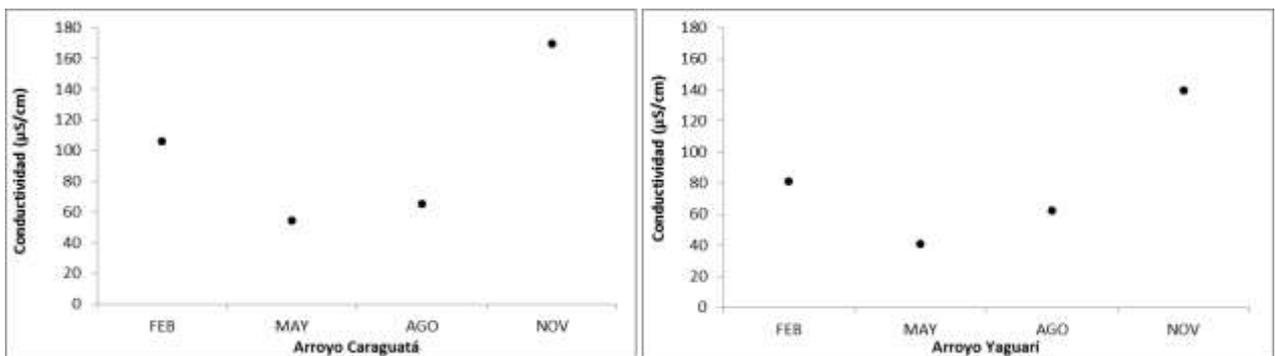


Figura 69. Variación de la conductividad en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.1.3 pH

Los valores registrados para esta variable, en las dos cuencas, se encuentran dentro de los límites establecidos como aceptables por la reglamentación (Figura 76).

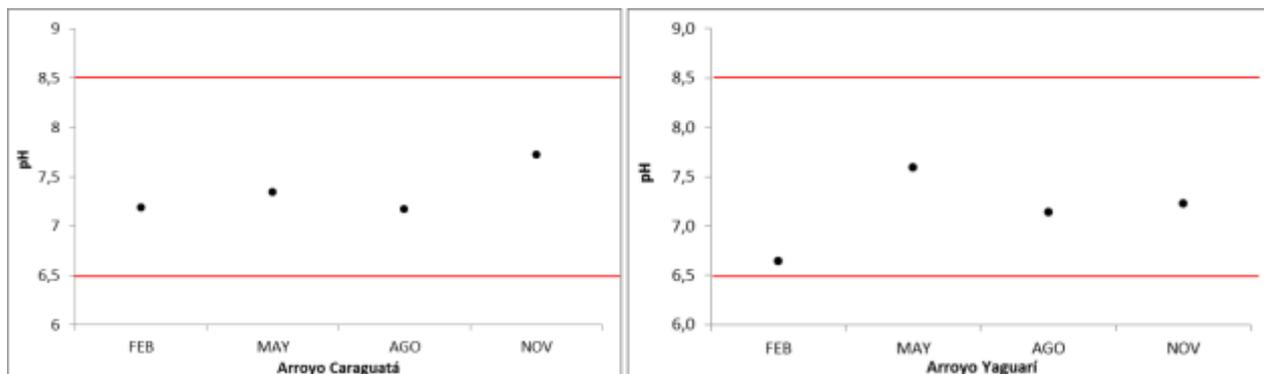


Figura 70. Variación del pH en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año. Las líneas rojas muestran los límites dentro de los que los valores de pH son considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos.

1.4.1.4 Oxígeno disuelto

Los valores de concentración de oxígeno disuelto muestran un patrón similar en las dos cuencas a lo largo del año y todos se encuentran por encima del mínimo aceptable acorde a la reglamentación (Figura 77).

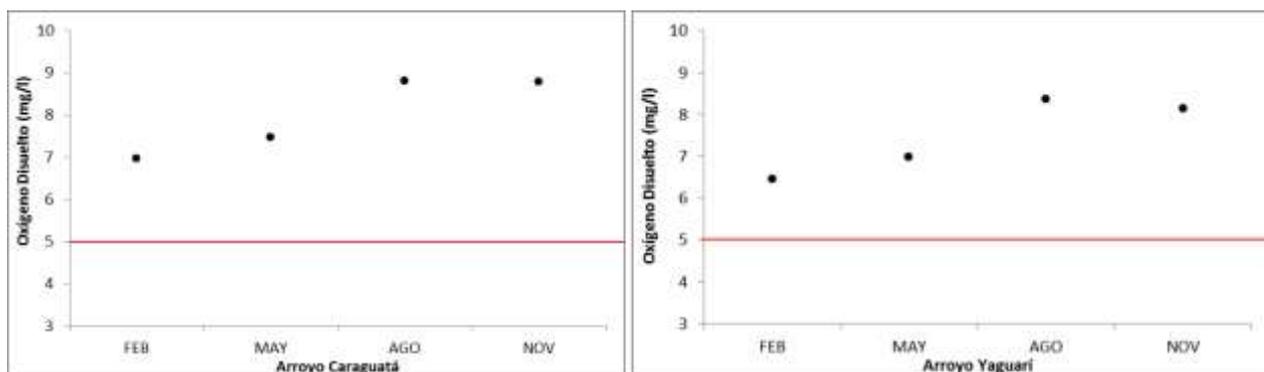


Figura 71. Variación del oxígeno disuelto en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año. La línea roja muestra el límite por sobre el cual deben encontrarse los valores de oxígeno disuelto para ser considerados aceptables según lo establecido por el decreto 253/79 y modificativos.

1.4.2 Resultados analíticos

1.4.2.1 Coliformes termotolerantes

Los resultados analíticos de esta variable cumplen en su totalidad con el decreto 253/79 y modificativos, cuyo valor estándar es de 2000 UFC/ 100 ml. (Figura 78).

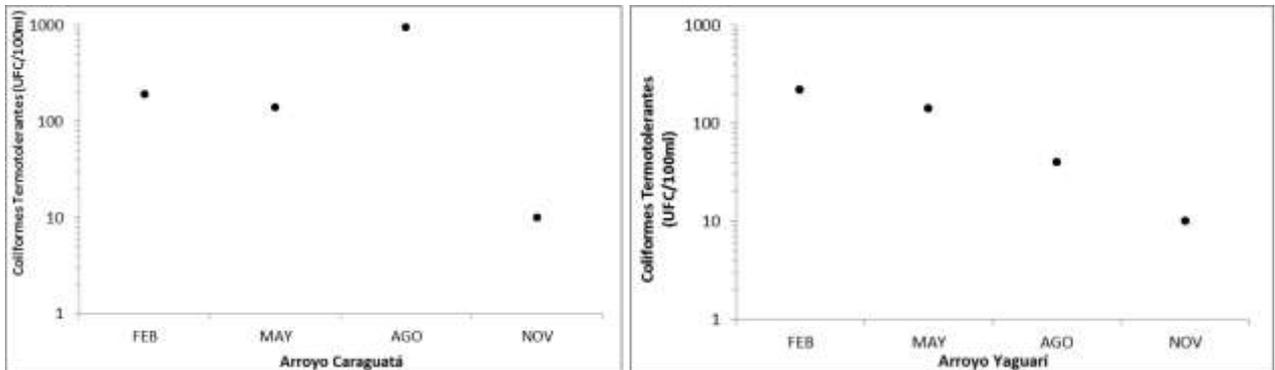


Figura 72. Variación de los coliformes termotolerantes en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.2 Calcio

La dinámica de la concentración de calcio a lo largo del año fue similar en los dos arroyos, encontrándose los valores más bajos en mayo y noviembre (Figura 79).

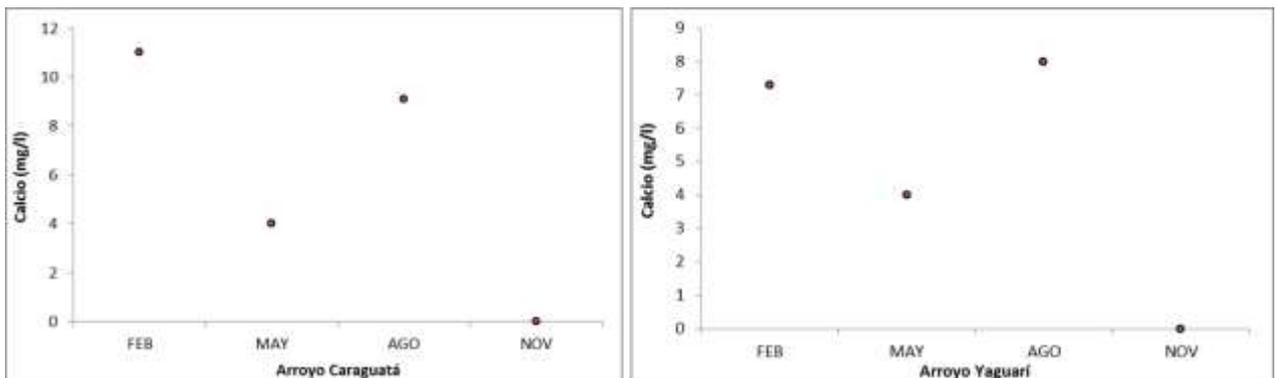


Figura 73. Variación de la concentración de calcio en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.3 Magnesio

La dinámica de la concentración de magnesio fue similar para los dos arroyos, encontrándose los valores más elevados en el mes de febrero (Figura 80).

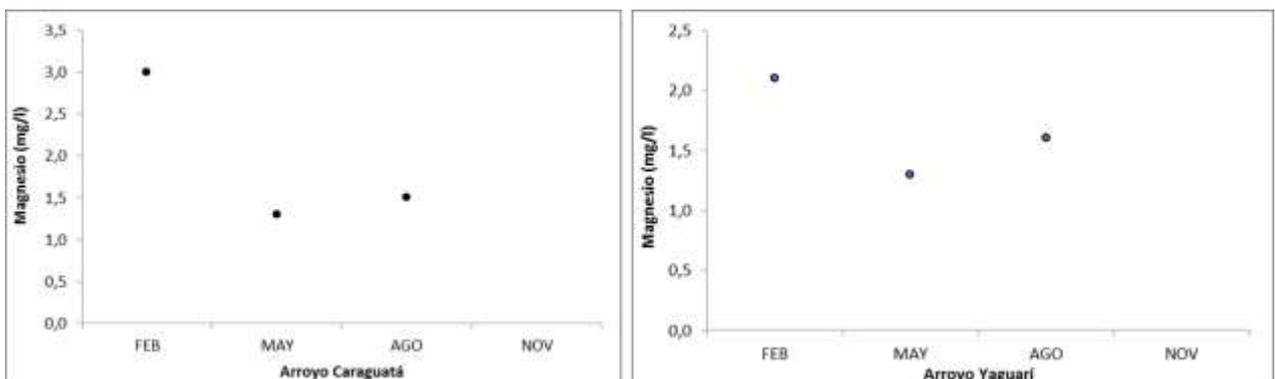


Figura 74. Variación de la concentración de magnesio en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.4 Sodio

Ambas cuencas tuvieron una variación y valores similares en la concentración de sodio, a excepción del mes de febrero donde su valor fue más alto en el arroyo Caraguatá (Figura 81).

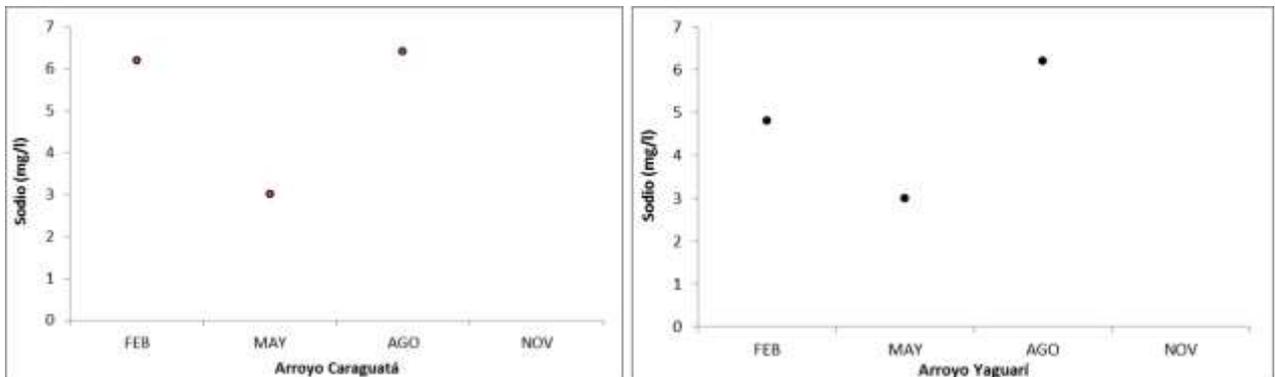


Figura 75. Variación del sodio en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.5 Potasio

En todos los meses donde se realizaron campañas los valores de la concentración de potasio fue mayor en el arroyo Yaguari (Figura 82).

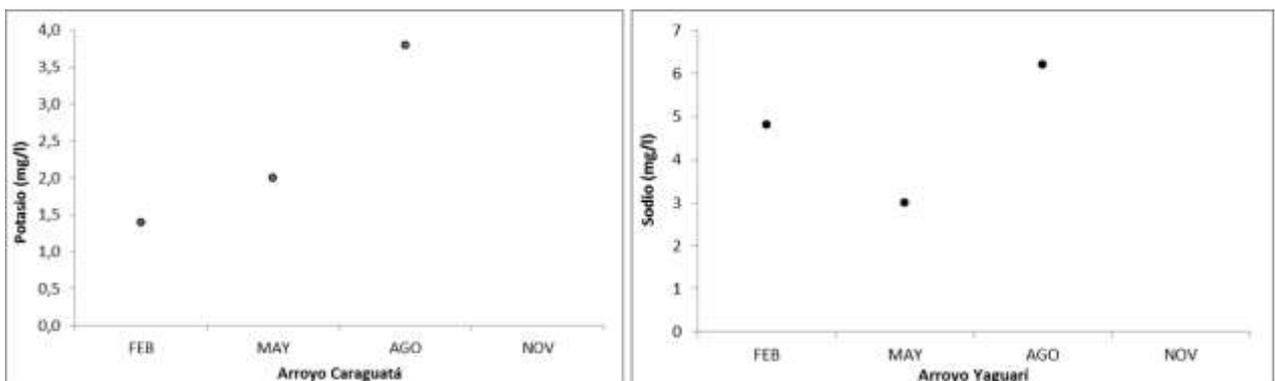


Figura 76. Variación del potasio en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.6 Alcalinidad

En las campañas realizadas en febrero y noviembre la alcalinidad registrada fue más elevada en el arroyo Caraguatá (Figura 83).

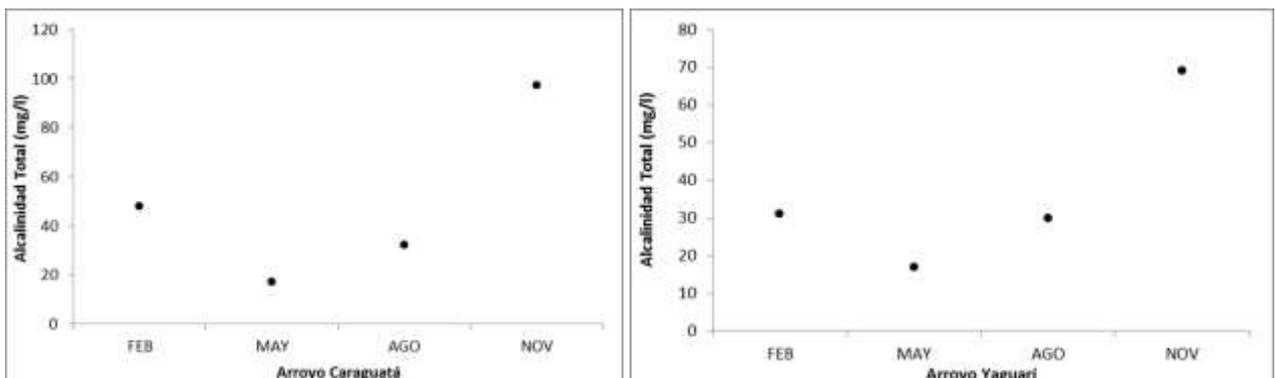


Figura 77. Variación de la alcalinidad total en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.7 Sólidos totales

En ambos arroyos los valores de concentración de sólidos totales más bajos fueron registrados en el mes de mayo y los más altos en el mes de febrero (Figura 84).

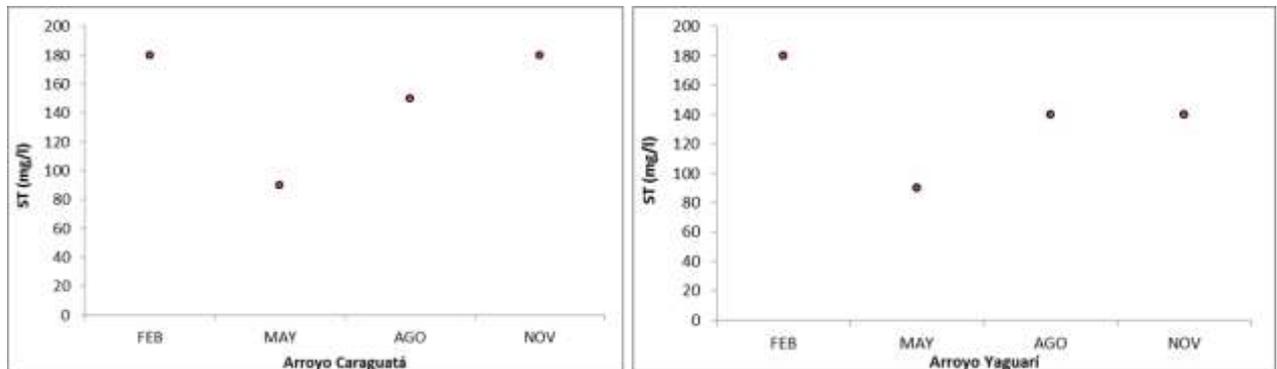


Figura 78. Variación de los sólidos totales total en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.8 Sólidos totales fijos

En febrero y mayo los valores de la concentración de sólidos totales fijos fue similar entre ambos arroyos, mientras que en los meses de agosto y noviembre los valores fueron superiores en el arroyo Yaguari (Figura 85).

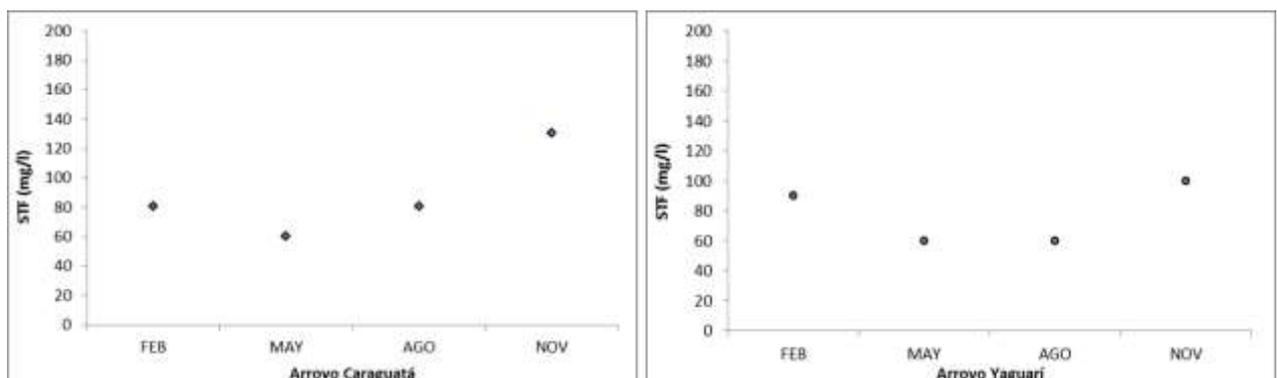


Figura 79. Variación de los sólidos totales fijos en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.9 Sólidos totales volátiles

Tanto la dinámica de la variación de esta variables como los valores registrados son similares para ambos arroyos (Figura 86).

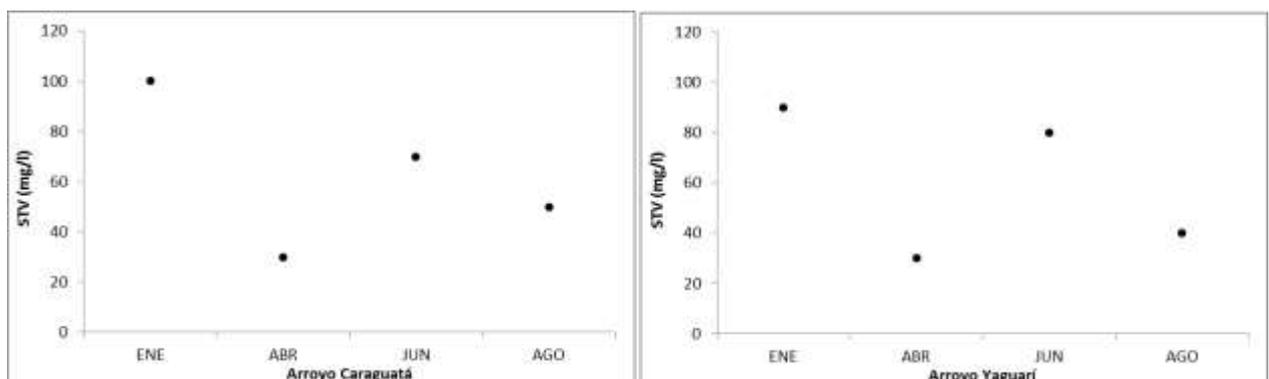


Figura 80. Variación de los sólidos totales volátiles en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.10 Sólidos suspendidos totales

En el mes de febrero no se cuenta con dato analítico de esta variable para ninguna de las dos estaciones de monitoreo. Los valores registrados son similares en ambos arroyos en los meses de mayo y noviembre, mientras que en agosto la concentración de sólidos suspendidos totales es notoriamente superior en el arroyo Caraguatá (Figura 87).

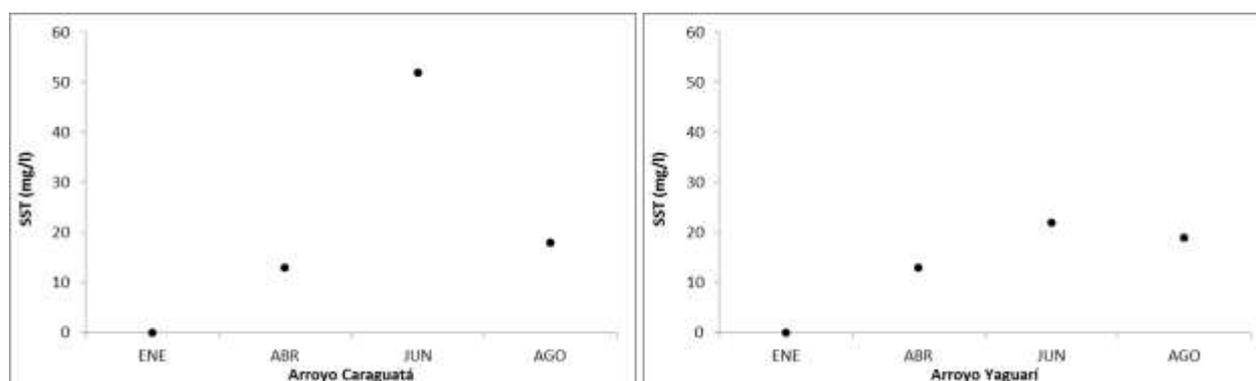


Figura 81. Variación de los sólidos suspendidos totales en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.11 Fósforo total

La concentración de fósforo total tuvo valores similares a lo largo del año en los dos arroyos, encontrándose entre los 80 $\mu\text{g/l}$ y los 108 $\mu\text{g/l}$, es decir, siempre por encima del límite establecido por el decreto 253/79 y modificativos (i.e. 25 $\mu\text{g/l}$) (Figura 88).

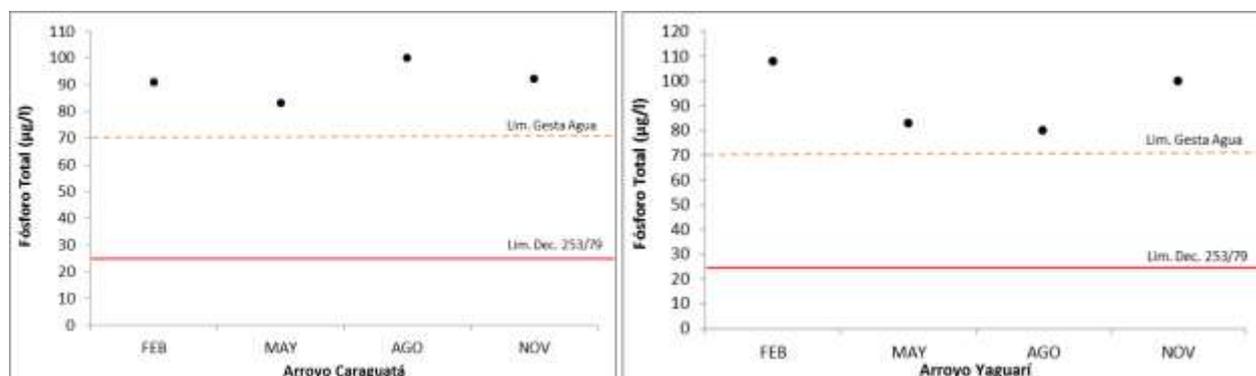


Figura 82. Variación del fósforo total en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año. La línea roja muestra el límite permitido para la clase 3 por el decreto 253/79 y modificativos.

1.4.2.12 Fósforo reactivo soluble

La diferencia más notoria entre los valores registrados de fósforo reactivo soluble para ambos arroyos se observó en el mes de febrero (i.e. mayor en el arroyo Caraguatá) (Figura 89), aun cuando los valores de fósforo total (Figura 88) y de clorofila *a* (Figura 93) registrados en esa misma campaña fueron similares entre ambos sistemas.

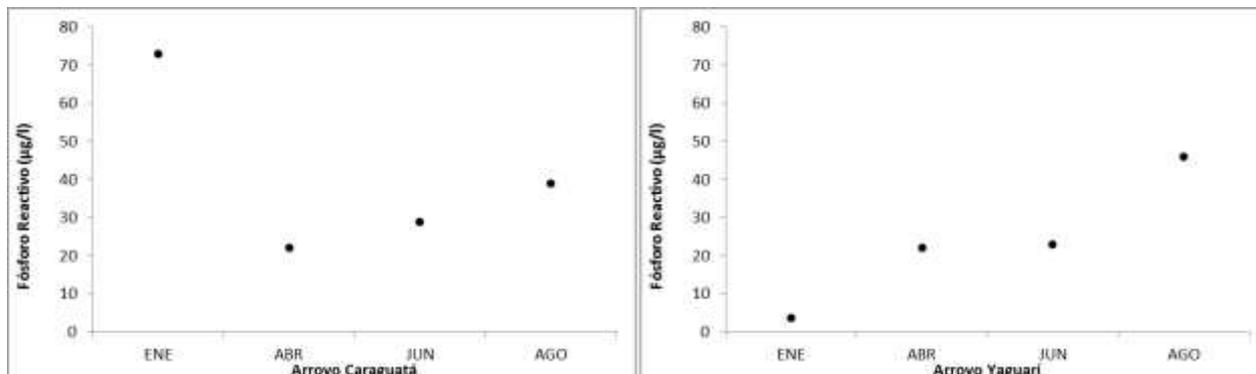


Figura 83. Variación del fósforo reactivo soluble en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.13 Nitrógeno total

El valor más alto se encontró en el arroyo Yaguari en el mes de febrero, mientras que los valores fueron similares en mayo y agosto. No se cuenta con dato analítico del arroyo Caraguatá para el mes de noviembre (Figura 90).

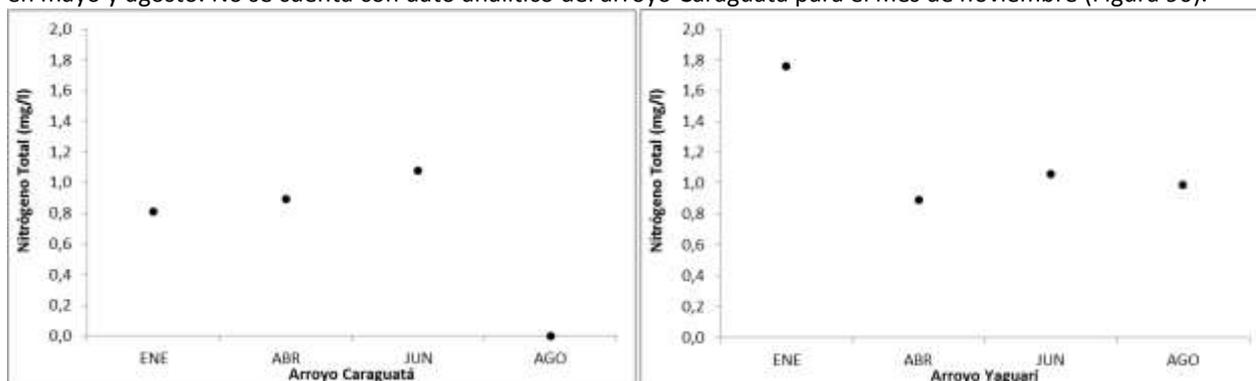


Figura 84. Variación del nitrógeno total en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.14 Nitrógeno amoniacal

El valor más alto se encontró en la campaña de noviembre en el arroyo Yaguari (Figura 91). Todos los valores cumplen con los límites establecidos por el documento de Gesta Agua V 12-2014.

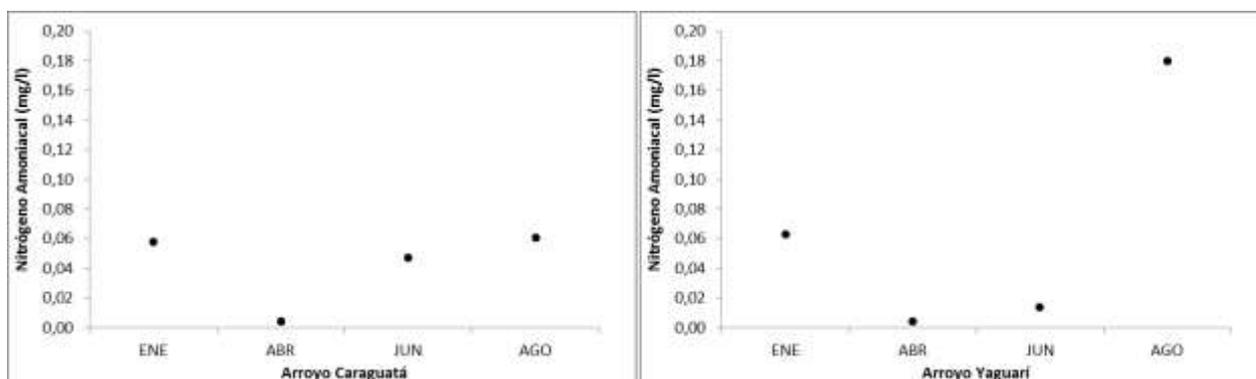


Figura 85. Variación del nitrógeno amoniacal en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.15 Nitrato

Los valores de la concentración de nitratos de los dos arroyos cumplen con los límites estipulados en el decreto 253/79 y modificativos así como con el documento de Gesta Agua V 12-2014. Mientras que la concentración de nitratos bajo en el arroyo Caraguatá de febrero a noviembre en el arroyo Yaguari se observó un aumento en ese mismo periodo. El valor más elevado observado en el arroyo Yaguari fue aproximadamente el doble del observado en el Arroyo Caraguatá (Figura 92).

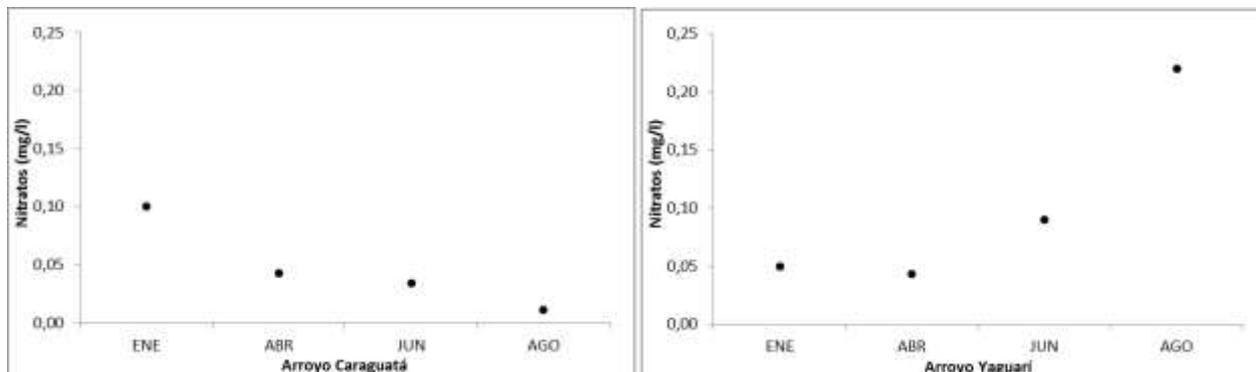


Figura 86. Variación del nitrato en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.16 Clorofila *a*

A excepción de la campaña de febrero donde el valor de Clorofila *a* fue muy bajo en el arroyo Yaguari, en el resto de las campañas los valores fueron similares entre los dos arroyos y siguieron el mismo patrón de aumento de febrero a noviembre (Figura 93).

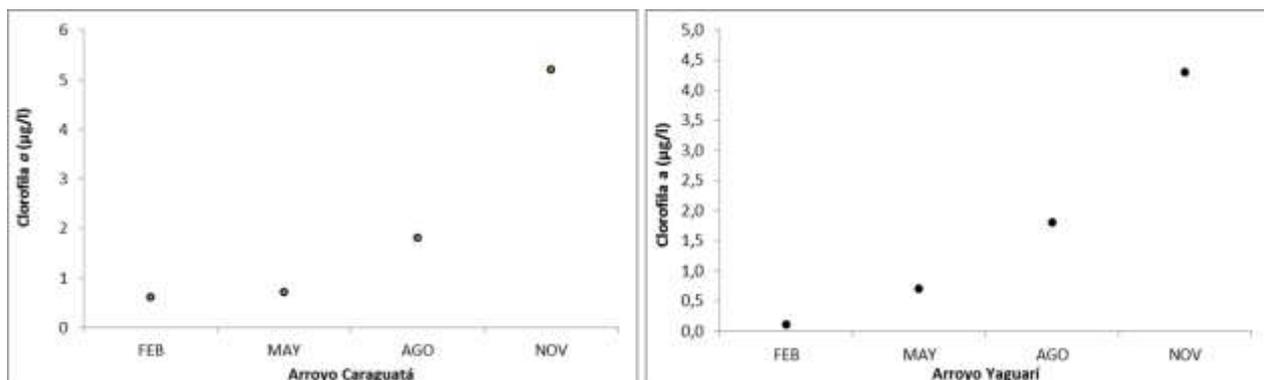


Figura 87. Variación de la clorofila *a* en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.17 Feofitina

En referencia a esta variable cabe destacar que los valores cercanos a 2 son los límites de detección de la técnica (Figura 94).

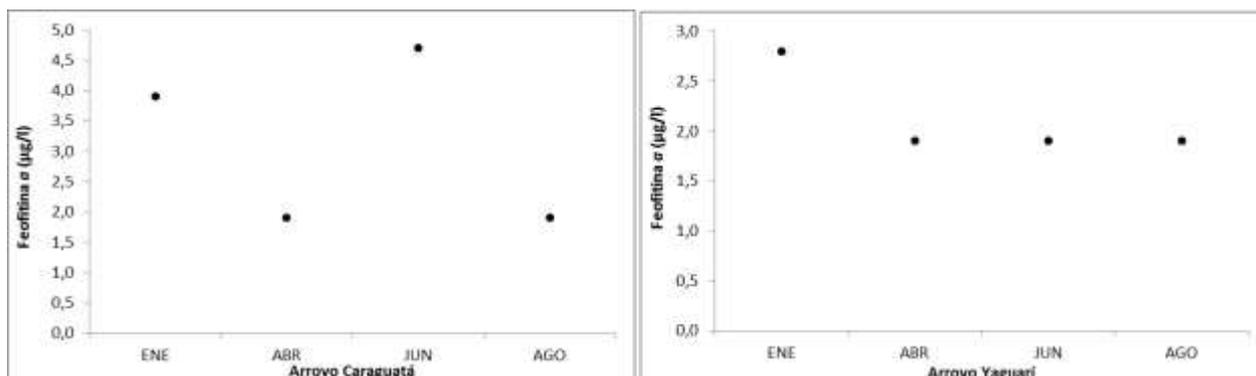


Figura 88. Variación de la feofitina en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

1.4.2.18 Sustancias fenólicas

Los valores de concentración de las sustancias fenólicas se encontraron por debajo del límite establecido por el decreto 253/79 y modificativos, así como con los límites del documento Gesta Agua V 12-2014, en los dos arroyos. (Figura 95).

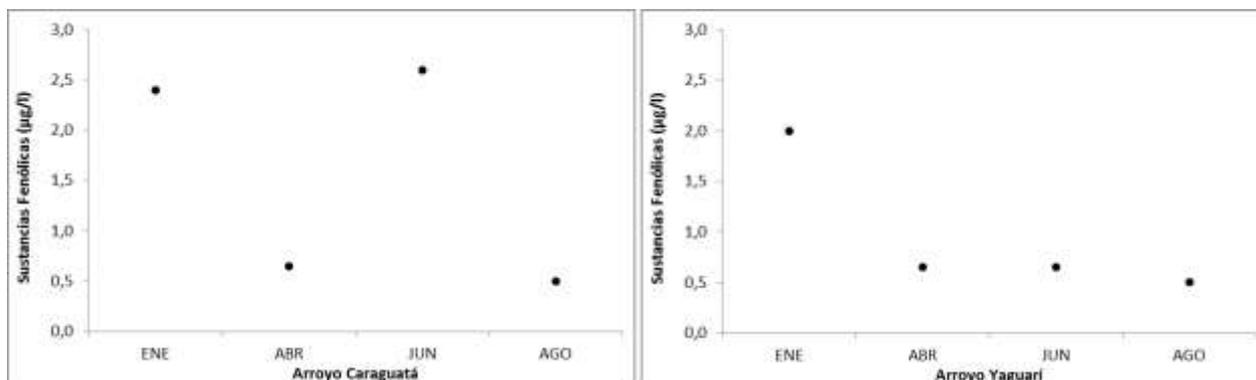


Figura 89. Variación de la concentración de las sustancias fenólicas en las dos estaciones de monitoreo a lo largo del año.

OBSERVACIÓN

Para las variables mercurio (Hg), cianuro total (CNT), compuestos orgánicos halogenados (AOX), glifosato, ácido aminometilfosfónico (AMPA) no se anexan gráficas ya que todos los valores analíticos se encuentran por debajo de los límites de detección o por debajo de los límites de cuantificación de cada técnica. Tampoco fueron graficadas las variables nitrito, turbidez, DBO₅ y DQO debido a que sólo se cuentan con 2 datos de estas variables y sus valores se encuentran dentro de lo aceptable por la reglamentación.

2 CONCLUSIONES DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO TACUAREMBÓ Y FUTURAS ACCIONES.

De los análisis se desprende que la calidad del agua de la cuenca del río Tacuarembó es buena, siendo las siguientes variables las que incumplen con el decreto 253/79 y modificativos y el documento de Gesta Agua Versión Dic. 2014: la concentración de fósforo total y los coliformes termotolerantes en la estación CU1 del arroyo Cuñapirú y la estación TCH1 perteneciente al río Tacuarembó Chico. Estas estaciones se encuentran cercanas a ciudades por lo cual están influenciadas directamente por la actividad humana y son consideradas estaciones de medición del impacto antropogénico sobre la cuenca del río Tacuarembó. Las demás estaciones son de monitoreo de tendencia de la calidad del agua.

A partir de esta primera evaluación de la cuenca del río Tacuarembó se han realizado algunas modificaciones en el plan de monitoreo para los años 2018 y 2019. En este sentido, se sumaron 4 estaciones de monitoreo en la cuenca alta del río Tacuarembó grande, una aguas arriba de la ciudad de Tacuarembó y otra en la cuenca media del arroyo Cuñapirú, ya que el equipo técnico de este departamento concluyó que no es información vital para conocer a prima facie los aportes de estos cursos de agua.

3 ANEXOS

3.1 LISTA DE ACRÓNIMOS

CCME	Canadian Council of Ministers of the Environment.
DIEA	Dirección de Estadísticas Agropecuarias
DSCA	Departamento de Seguimiento de Componentes al Ambiente.
DINAGUA	Dirección Nacional de Agua
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente.
EPA	Agencia de Protección Ambiental.
GEMS/W	Sistema Global de Monitoreo Ambiental/Agua
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
MVOTMA	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
OSE	Obras Sanitarias del Estado
SAG	Sistema Acuífero Guaraní
CeReGAS	Centro Regional para la Gestión de las Aguas Subterráneas en América Latina y el Caribe

3.2 UNIDADES DE PESO Y MEDIDAS

°C	grados Celsius
µg	microgramos
µl	microlitros
µm	micrómetros
<	menor a
>	mayor a
%	porcentaje
cm	centímetros
g	gramos
Km	kilómetros
Km ²	kilómetros cuadrados
l	litros
mg	miligramos
ml	mililitros

4 BIBLIOGRAFÍA

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 2005". American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation, USA.

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

Uruguay. 1979. Decreto 253/79 y modificativos. Normas para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de la contaminación de aguas.