

Monitoreo de la cuenca hidrográfica del río Tacuarembó

**Informe de datos de calidad de agua superficial
2018**



DIRECCION NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE
División Evaluación de la Calidad Ambiental
Departamento de Seguimiento de Componentes Ambientales

Junio 2019



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	15
1.1	Objetivos del plan	15
1.2	Objetivos específicos	15
1.3	Caracterización de la cuenca del río Tacuarembó	16
1.3.1	Fisiografía	18
1.3.2	Geología de la cuenca del río Tacuarembó	19
2	ASPECTOS METODOLÓGICOS: EL PLAN DE MONITOREO	19
2.1	Diseño del plan de monitoreo	21
2.2	Frecuencia de muestreo	22
2.3	Estaciones seleccionadas para cada sustrato	22
2.4	Aseguramiento de la calidad analítica	22
3	RESULTADOS	22
3.1.1	Parámetros de medición <i>in situ</i>	25
3.1.1.1	Temperatura	25
3.1.1.2	Conductividad	25
3.1.1.3	pH	26
3.1.1.4	Oxígeno disuelto	27
3.1.2	Resultados analíticos	28
3.1.2.1	Coliformes termotolerantes	28
3.1.2.2	Calcio	28
3.1.2.3	Magnesio	29
3.1.2.4	Sodio	30
3.1.2.5	Potasio	30
3.1.2.6	Alcalinidad	31
3.1.2.7	Sólidos totales	32
3.1.2.8	Sólidos totales fijos	32
3.1.2.9	Sólidos totales volátiles	33
3.1.2.10	Sólidos suspendidos totales	34
3.1.2.11	Turbiedad	35
3.1.2.12	Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	35
3.1.2.13	Demanda química de oxígeno (DQO)	36
3.1.2.14	Fósforo total	36
3.1.2.15	Fósforo reactivo soluble	37
3.1.2.16	Nitrógeno total	38
3.1.2.17	Nitrógeno amoniacal	38
3.1.2.18	Amonio libre	39
3.1.2.19	Nitrito	40
3.1.2.20	Nitrato	40
3.1.2.21	Clorofila <i>a</i>	41
3.1.2.22	Feofitina	42
3.1.2.23	Sustancias Fenólicas	42
3.1.2.24	Relación de Adsorción de Sodio (RAS)	43
3.1.2.25	Ácido Aminometilfosfónico (AMPA)	43
3.2	Cuenca del río Tacuarembó Chico	44
3.2.1	Parámetros de medición <i>in situ</i>	44
3.2.1.1	Temperatura	44
3.2.1.2	Conductividad	45
3.2.1.3	pH	45
3.2.1.4	Oxígeno disuelto	46
3.2.2	Resultados analíticos	47
3.2.2.1	Coliformes termotolerantes	47
3.2.2.2	Calcio	47
3.2.2.3	Magnesio	48
4		

3.2.2.4	Sodio	49
3.2.2.5	Potasio	50
3.2.2.6	Alcalinidad	50
3.2.2.7	Sólidos totales	51
3.2.2.8	Sólidos totales fijos	51
3.2.2.9	Sólidos totales volátiles	52
3.2.2.10	Sólidos suspendidos totales	53
3.2.2.11	Turbiedad	54
3.2.2.12	Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	54
3.2.2.13	Demanda química de oxígeno (DQO)	55
3.2.2.14	Fósforo total	55
3.2.2.15	Fósforo reactivo soluble	56
3.2.2.16	Nitrógeno Total	57
3.2.2.17	Nitrógeno amoniacal	57
3.2.2.18	Amoníaco	58
3.2.2.19	Nitrito	59
3.2.2.20	Nitrato	59
3.2.2.21	Clorofila <i>a</i>	60
3.2.2.22	Sustancias fenólicas	61
3.2.2.23	Relación de Adsorción de Sodio (RAS)	62
3.3	Cuenca del arroyo Cuñapirú	62
3.3.1	Parámetros de medición <i>in situ</i>	62
3.3.1.1	Temperatura	62
3.3.1.2	Conductividad	63
3.3.1.3	pH	64
3.3.1.4	Oxígeno disuelto	64
3.3.2	Resultados analíticos	65
3.3.2.1	Coliformes termotolerantes	65
3.3.2.2	Calcio	66
3.3.2.3	Magnesio	67
3.3.2.4	Sodio	67
3.3.2.5	Potasio	68
3.3.2.6	Alcalinidad	69
3.3.2.7	Sólidos totales	69
3.3.2.8	Sólidos totales fijos	70
3.3.2.9	Sólidos totales volátiles	71
3.3.2.10	Sólidos suspendidos totales	71
3.3.2.11	Turbiedad	72
3.3.2.12	Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	73
3.3.2.13	Demanda química de oxígeno (DQO)	73
3.3.2.14	Fósforo total	74
3.3.2.15	Fósforo reactivo soluble	74
3.3.2.16	Nitrógeno total	75
3.3.2.17	Nitrógeno amoniacal	76
3.3.2.18	Amoniaco	77
3.3.2.19	Nitrito	77
3.3.2.20	Nitrato	78
3.3.2.21	Clorofila <i>a</i>	79
3.3.2.22	Sustancias fenólicas	79
3.3.2.23	Relación de adsorción de sodio	80
3.4	Arroyos Caraguatá y Yaguarí	81
3.4.1	Parámetros de medición <i>in situ</i>	81
3.4.1.1	Temperatura	81
3.4.1.2	Conductividad	81
3.4.1.3	pH	81
3.4.1.4	Oxígeno disuelto	82
3.4.2	Resultados analíticos	82
3.4.2.1	Coliformes termotolerantes	82
3.4.2.2	Calcio	83

3.4.2.3	Magnesio	83
3.4.2.4	Sodio	84
3.4.2.5	Potasio	84
3.4.2.6	Alcalinidad	84
3.4.2.7	Sólidos totales	85
3.4.2.8	Sólidos totales fijos	85
3.4.2.9	Sólidos totales volátiles	86
3.4.2.10	Sólidos suspendidos totales	86
3.4.2.11	Fósforo total	86
3.4.2.12	Fósforo reactivo soluble	87
3.4.2.13	Nitrógeno total	87
3.4.2.14	Nitrógeno amoniacal	88
3.4.2.15	Amoniac	88
3.4.2.16	Nitrito	88
3.4.2.17	Nitrato	89
3.4.2.18	Clorofila <i>a</i>	89
3.4.2.19	Feofitina	89
3.4.2.20	Sustancias fenólicas	90
3.4.2.21	Relación de adsorción de sodio	90
4	CONCLUSIONES DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO TACUAREMBÓ Y FUTURAS ACCIONES.....	90
5	ANEXOS	91
5.1	LISTA DE ACRÓNIMOS	91
5.2	UNIDADES DE PESO Y MEDIDAS	91
6	BIBLIOGRAFÍA	92

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del acuífero Guaraní y cuenca hidrográfica del río Tacuarembó. Fuente DINAMA 2018.	16
Figura 2. Mapa con zona de afloramiento del SAG. Fuente DINAMA 2018.	17
Figura 3. Usos del suelo en la cuenca hidrográfica del río Tacuarembó. Fuente DINAMA 2018.	17
Figura 4. Ubicación de las estaciones de medición de caudal, Fuente DINAMA - DINAGUA.	18
Figura 5. Terrenos geológicos del Uruguay (DIA-DINAMA-MVOTMA).	19
Figura 6. Ubicación de las estaciones de monitoreo evaluadas para el año 2018. Fuente DINAMA 2018.	20
Figura 7. Estado de los cursos de agua según índice IQA.	23
Figura 8. Estado trófico de los cursos de agua según índice IET.	24
Figura 9. Variación de la temperatura del agua por estación de monitoreo y promedios 2017 y 2018.	25
Figura 10. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	25
Figura 11. Variación de la conductividad por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	26
Figura 12. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	26
Figura 13. Variación del pH, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	26
Figura 14. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	27
Figura 15. Variación de la concentración de oxígeno disuelto, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	27
Figura 16. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	27
Figura 17. Variación de los coliformes termotolerantes, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	28
Figura 18. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	28
Figura 19. Variación de la concentración de calcio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	29
Figura 20. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	29
Figura 21. Variación de la concentración de magnesio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	29
Figura 22. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	30
Figura 23. Variación de la concentración de sodio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	30
Figura 24. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	30
Figura 25. Variación de la concentración de potasio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	31
Figura 26. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	31
Figura 27. Variación de la alcalinidad, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	31
Figura 28. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	32
Figura 29. Variación de la concentración de sólidos totales, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	32
Figura 30. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	32
Figura 31. Variación de la concentración de sólidos totales fijos, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	33
Figura 32. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	33
Figura 33. Variación de la concentración de sólidos totales volátiles, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	33
Figura 34. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	34
Figura 35. Variación de la concentración de sólidos suspendidos totales, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	34
Figura 36. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	34
Figura 37. Variación de los niveles de turbiedad, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	35
Figura 38. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	35

Figura 39. Variación de la concentración de la demanda biológica de oxígeno, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	35
Figura 40. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	36
Figura 41. Variación de la concentración de la demanda química de oxígeno, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	36
Figura 42. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	36
Figura 43. Variación de la concentración de fósforo total, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	37
Figura 44. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	37
Figura 45. Variación de la concentración de fósforo reactivo soluble, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	37
Figura 46. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	38
Figura 47. Izquierda: variación de la concentración de nitrógeno total, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	38
Figura 48. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	38
Figura 49. Izquierda: variación de la concentración de nitrógeno amoniacal, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	39
Figura 50. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	39
Figura 51. Variación de la concentración de amoníaco, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	39
Figura 52. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	40
Figura 53. Variación de la concentración de nitrito, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	40
Figura 54. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	40
Figura 55. Variación de la concentración de nitrato, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	41
Figura 56. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	41
Figura 57. Variación de la concentración de clorofila <i>a</i> , por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	41
Figura 58. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	42
Figura 59. Variación de la concentración de teofilina <i>a</i> , por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	42
Figura 60. Variación de la concentración de las sustancias fenólicas, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	42
Figura 61. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	43
Figura 62. Variación de la concentración de la relación de adsorción de sodio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	43
Figura 61. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	43
Figura 64. Variación de la temperatura, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	44
Figura 65. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	44
Figura 66. Variación de la conductividad, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	45
Figura 67. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	45
Figura 68. Variación del pH, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	46
Figura 69. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	46
Figura 70. Variación de la concentración de oxígeno disuelto, por estación, promedios 2017 y 2018.....	46
Figura 71. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	46
Figura 72. Variación de los coliformes termotolerantes, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	47
Figura 73. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	47

Figura 74. Variación de la concentración de calcio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	48
Figura 75. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	48
Figura 76. Variación de la concentración de magnesio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	48
Figura 77. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	49
Figura 78. Variación de la concentración de sodio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	49
Figura 79. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	49
Figura 80. Variación de la concentración de potasio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	50
Figura 81. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	50
Figura 82. Variación de la concentración de CaCO_3/l , por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	50
Figura 83. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	51
Figura 84. Variación de la concentración de sólidos totales, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	51
Figura 85. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	51
Figura 86. Variación de la concentración de sólidos totales fijos, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	52
Figura 87. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	52
Figura 88. Variación de la concentración de sólidos totales volátiles, por estación de monitoreo, totales volátiles, promedios 2017 y 2018.	52
Figura 89. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	53
Figura 90. Variación de la concentración de sólidos suspendidos totales, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	53
Figura 91. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	53
Figura 92. Variación de los niveles de turbiedad, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	54
Figura 93. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	54
Figura 94. Variación de la concentración de la demanda biológica de oxígeno, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	54
Figura 95. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	55
Figura 96. Variación de la concentración de la demanda química de oxígeno, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	55
Figura 97. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	55
Figura 98. Variación del fósforo total, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	56
Figura 99. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	56
Figura 100. Variación del fósforo reactivo soluble, pro estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	56
Figura 101. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	57
Figura 102. Variación de la concentración de nitrógeno total, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	57
Figura 103. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	57
Figura 104. Variación de nitrógeno amoniacal, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	58
Figura 105. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	58
Figura 106. Variación de amoníaco, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	58
Figura 107. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	59
Figura 108. Variación de nitrito, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	59

Figura 109. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	59
Figura 110. Variación de nitrato, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	60
Figura 111. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	60
Figura 112. Variación de clorofila <i>a</i> , por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	60
Figura 113. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	61
Figura 114. Variación de sustancias fenólicas, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	61
Figura 115. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	61
Figura 116. Variación de la relación de adsorción de sodio, por estación, promedios 2017 y 2018.	62
Figura 117. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	62
Figura 118. Variación de la temperatura del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	63
Figura 117. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	63
Figura 120. Variación de la conductividad del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	63
Figura 121. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	64
Figura 122. Variación del pH del agua por estaciones de monitoreo, , promedios 2017 y 2018.	64
Figura 123. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	64
Figura 124. Variación del oxígeno disuelto en el agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	65
Figura 125. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	65
Figura 126. Variación de los coliformes termotolerantes, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	66
Figura 127. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	66
Figura 128. Variación del Calcio del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	66
Figura 129. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	66
Figura 130. Variación del magnesio del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	67
Figura 131. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	67
Figura 132. Variación del sodio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	68
Figura 133. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	68
Figura 134. Variación del potasio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	68
Figura 135. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	68
Figura 136. Variación de la alcalinidad total del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	69
Figura 137. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	69
Figura 138. Variación de los sólidos totales del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	70
Figura 139. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	70
Figura 140. Variación de los sólidos totales fijos del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	70
Figura 141. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	70
Figura 142. Variación de los sólidos totales volátiles del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	71
Figura 143. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	71
Figura 144. Variación de los sólidos suspendidos totales del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	72
Figura 145. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	72
Figura 146. Variación de los niveles de turbiedad del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.....	72

Figura 147. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	72
Figura 148. Variación de la DBO ₅ del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	73
Figura 149. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	73
Figura 150. Variación de la DQO del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	73
Figura 151. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	74
Figura 152. Variación del fósforo total del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	74
Figura 153. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	74
Figura 154. Variación del fósforo reactivo del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	75
Figura 155. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	75
Figura 156. Variación del nitrógeno total del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	75
Figura 157. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	76
Figura 158. Variación del nitrógeno amoniacal del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	76
Figura 159. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	76
Figura 160. Variación del amoníaco del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	77
Figura 161. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	77
Figura 162. Variación del nitrito del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	77
Figura 163. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	78
Figura 164. Variación del nitrato del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	78
Figura 165. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	78
Figura 166. Variación de la clorofila <i>a</i> del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	79
Figura 167. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	79
Figura 168. Variación de las sustancias fenólicas del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	79
Figura 167. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	80
Figura 170. Variación de la relación de la adsorción de sodio del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.	80
Figura 171. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.	80
Figura 172. Variación de la temperatura en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	81
Figura 173. Variación de la conductividad en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	81
Figura 174. Variación del pH en las en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	82
Figura 175. Variación del oxígeno disuelto en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	82
Figura 176. Variación de los coliformes termotolerantes en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	83
Figura 177. Variación de la concentración de calcio en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	83
Figura 178. Variación de la concentración de magnesio en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	84
Figura 179. Variación del sodio en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	84
Figura 180. Variación del potasio en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	84
Figura 181. Variación de la alcalinidad total en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	85
Figura 182. Variación de los sólidos totales total en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	85
Figura 183. Variación de los sólidos totales fijos en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	85
Figura 184. Variación de los sólidos totales volátiles en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	86
Figura 185. Variación de los sólidos suspendidos totales los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	86
Figura 186. Variación del fósforo total en los arroyos Caraguatá y Yaguarí, a lo largo del año.	87
Figura 187. Variación del fósforo reactivo soluble en los arroyos Caraguatá y Yaguarí, a lo largo del año.	87
Figura 188. Variación del nitrógeno total en los arroyos Caraguatá y Yaguarí, a lo largo del año.	87

Figura 189. Variación del nitrógeno amoniacal en las cuencas del arroyo Caraguatá y el arroyo Yaguarí, a lo largo del año.....	88
Figura 190. Variación del amoniaco en las cuencas del arroyo Caraguatá y el arroyo Yaguarí, a lo largo del año.	88
Figura 191. Variación del nitrito en los arroyos Caraguatá y Yaguarí, a lo largo del año.	89
Figura 192. . Variación del nitrato en los arroyos Caraguatá y Yaguarí, a lo largo del año.	89
Figura 193. Variación de la clorofila <i>a</i> en los arroyos Caraguatá y Yaguarí, a lo largo del año.....	89
Figura 194. Variación de la feofitina en los arroyos Caraguatá y Yaguarí, a lo largo del año.	89
Figura 195. Variación de la concentración de sustancias fenólicas en los arroyos Caraguatá y Yaguarí, a lo largo del año.....	90
Figura 196. Variación de la concentración de la relación de adsorción de sodio en los arroyos Caraguatá y Yaguarí, a lo largo del año.....	90

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.	19
Tabla III. Lista de las variables monitoreadas en el río Tacuarembó.	20
Tabla IV. Estándares de calidad de agua de diferentes documentos.	21
Tabla V. Resultados del Índice por campaña de monitoreo.	23
Tabla VI. Resultados del Índice anual.	23
Tabla VII. Escala de clasificación del índice.....	23
Tabla VIII. Resultados del Índice por campaña de monitoreo.....	24
Tabla IX. Resultados del Índice anual.	24
Tabla X. Escala de clasificación del índice.....	24

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 2018 y diciembre de 2018. 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 4 estaciones de monitoreo que no son accesibles cuando llueve en exceso, las restantes 7 estaciones se encuentran sobre puentes carreteros y fueron elegidas con el espíritu de evaluar la cuenca en todas las condiciones climáticas posibles. En el año 2017 se contaba con solo ocho estaciones de monitoreo para el año 2018 se anexaron tres estaciones de monitoreo, para obtener mayor información de la calidad del agua., dos se anexaron en la cuenca alta del río Tacuarembó y una en la cuenca alta del arroyo Cuñapirú.

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 tiene 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, existiendo también perforaciones en predios privados para uso industrial, consumo humano y riego. (CeReGAS N° 1, 2016)(Figuras 1 y 2).

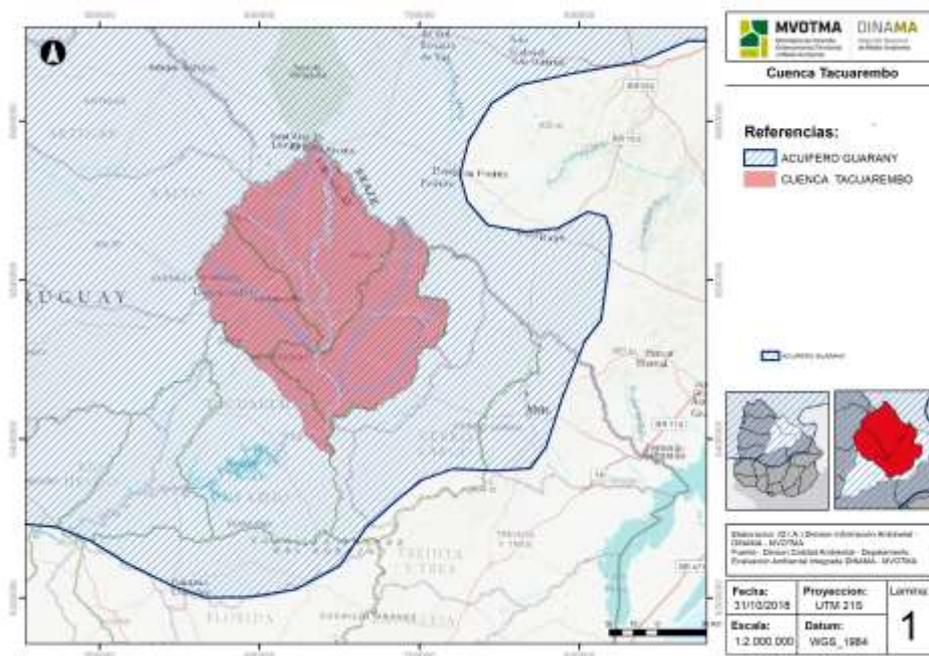


Figura 1. Ubicación del acuífero Guaraní y cuenca hidrográfica del río Tacuarembó. Fuente DINAMA 2018.

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.

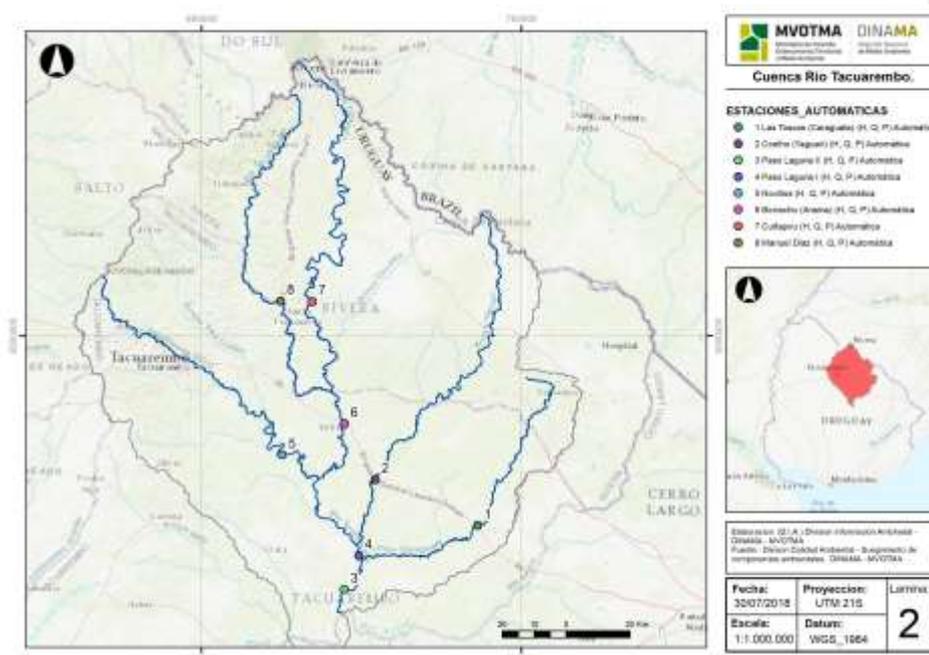


Figura 4. Ubicación de las estaciones de medición de caudal, Fuente DINAMA - DINAGUA.

1.3.2 Geología de la cuenca del río Tacuarembó

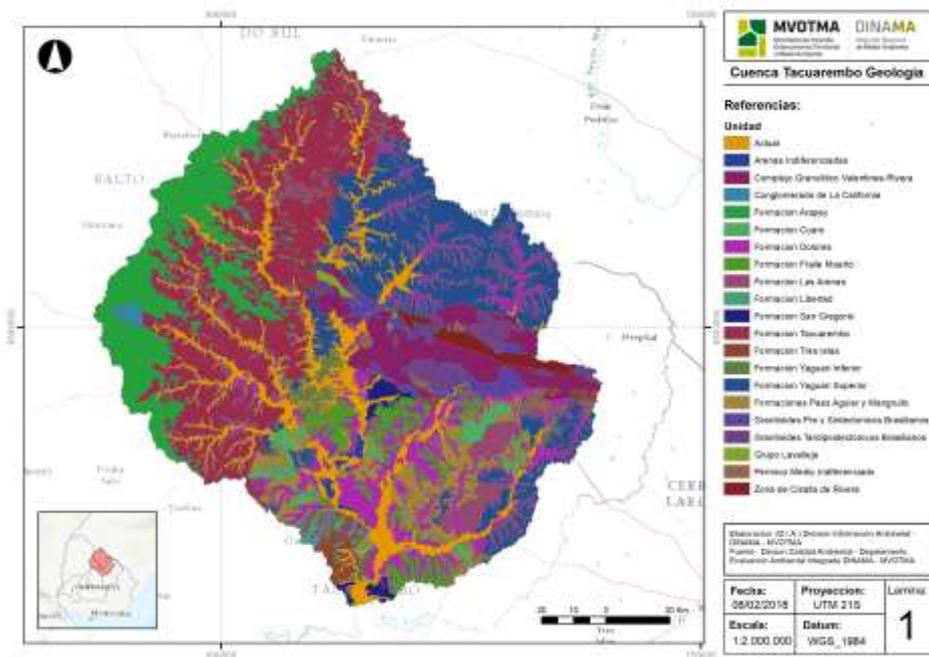


Figura 5. Terrenos geológicos del Uruguay (DIA-DINAMA-MVOTMA).

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 2	A° Cuñapirú "La Calera"	31°20'30.25"S	55°28'32.54"O
CU 3	A° Cuñapirú "Pso° Cunha"	31°44'14.37"S	55°32'37.49"O
TG 1	Tacuarembó "Ruta Nº 30"	31°10'39.02"S	55°45'44.77"O
TG 2	Tacuarembó "Ruta Nº 5"	31°31'46.93"S	55°41'11.81"O
TG 3	Tacuarembó "Ansina"	31°52'46.13"S	55°28'20.80"O
TG 4	Tacuarembó "Frig. Modelo"	32°19'18.85"S	55°24'59.14"O
TCH 1	Tacuarembó "Ciudad"	31°44'55.69"S	55°54'26.75"O
TCH 2	Tacuarembó Chico "los novillos"	31°57'56.33"S	55°40'32.26"O
YA 1	Arroyo Yaguairí "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

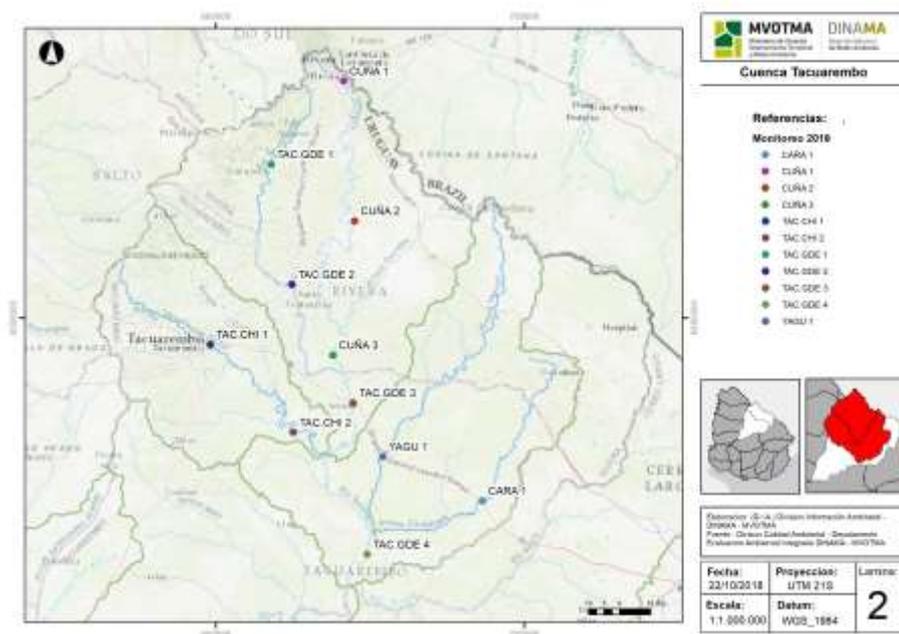


Figura 6. Ubicación de las estaciones de monitoreo evaluadas para el año 2018. Fuente DINAMA 2018.

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, también se incluye en la comparación los valores de referencia de nitrógeno total (NT), fósforo total (PT) y clorofila -a (Clo-a) para los diferentes tipos de ambiente propuestos por la Mesa Técnica del Agua. Año 2017,

(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 del gobierno alemán (i.e. <25 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<Nº<LC	(LD+LC)/2

La concentración de amoníaco libre se obtuvo a través de la fórmula:

$$NH_3 = \frac{NH_4}{1 + 10^{-0.467 + \frac{2887.9}{TEMP + 273.15} - pH}}$$

Tabla IV. Estándares de calidad de agua de diferentes documentos.

Sección	Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dec. 253/79 y Modif. Clase III	Doc. Gesta Agua 2014	Otros	Institución	
Físicoquímico Generales	Conductividad	Cond.	µS/cm	**	**		DINAMA	
	Temperatura	Temp.	°C	**	**		DINAMA	
	Oxígeno Disuelto	OD	mg/L	mínimo 5 mg/L	mínimo 5 mg/L		DINAMA	
	porcentaje de Saturación de Oxígeno	% OD	%	**	**		DINAMA	
	Potencial de Hidrógeno	pH	**	Lim. Inf. 6,5 Lim. Sup. 8,5	Lim. Inf. 6,5 Lim. Sup. 8,6		DINAMA	
	Turbiedad	Turb.	NTU	Max. 50 NTU	Max. 50 NTU		DINAMA	
	Alcalinidad	AlcT	mg/L	**	**		DINAMA	
	Sólidos Totales	ST	mg/L	**	**		DINAMA	
	Sólidos Totales Fijos	STF	mg/L	**	**		DINAMA	
	Sólidos Totales Volátiles	STV	mg/L	**	**		DINAMA	
	Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/L	**	**		DINAMA	
	Orgánicos Generales	Sustancias Fenólicas	Sus. Fen.	µg/L	Max. 0,2 mg/L en C6HSOH	Max. 5 µg/L		DINAMA
Demanda Biológica de Oxígeno		DBO5	mg/L	Max. 10 mg/L	Max. 5 mg/L		DINAMA	
Demanda Química de Oxígeno		DQO	mg/L	**	**		DINAMA	
Metálicos	Calcio	Ca	mg/L	**	**		DINAMA	
	Magnesio	Mg	mg/L	**	**		DINAMA	
	Potasio	k	mg/L	**	**		DINAMA	
	Sodio	Na	mg/L	**	**		DINAMA	
	Arsénico	As	mg/L	Max. 0,005 mg/L	Max. 5 µg/L		DINAMA	
	Mercurio	Hg	mg/L	Max. 0,0002 mg/L	Max. 0,1 µg/L		DINAMA	
	Inorgánicos no Metálicos	Cianuro Total	CNT	µg/L	Max. 0,005 mg/L	Max. 20 µg/L		DINAMA
Nitrato		NO3	mg/L	Max. 10 mg/L	Max. 5 mg/L como nitrógeno		DINAMA	
Nitrito		NO2	mg/L	**	Max. 0,1 mg/L como nitrógeno		DINAMA	
Amonio		NH4+	mg/L	**	Max. 0,5 mg/L en nitrógeno		DINAMA	
Amoniaco		NH3	mg/L	Max. 0,02 mg/L en N	**		DINAMA	
Nitrógeno Total		N Tot.	mg/L	**	**		DINAMA	
Fósforo Reactivo		PO4	µg/L	**	**		DINAMA	
Fósforo Total		P Tot	µg/L	Max. 0,025 mg/L en P	Max. 25 µg/L en sistemas lenticos y Max. 70 µg/L en sistemas loticos		DINAMA	
Microbiológicos		Coliformes Termotolerantes	Colif. Term.	ufc/100mL	Max. 2000 CF/100 mL	Max. 1000 ufc/100 mL		DINAMA
Biológicos		Clorofila A	Clo a	µg/L	**	**		DINAMA
	Feofitina A	Feo a	µg/L	**	**		DINAMA	
	Ciano Bacterias	Ciano	µg/L	**	**		DINAMA	
	Algas Totales	Alg. Tot.	µg/L	**	**		DINAMA	
Orgánicos	Compuestos Orgánicos Halógenados	AOX	µg/L	**	**	<25 µg/L	Gob. De Alemania	
	Glifosato	Glifosato	µg/L	**	65 µg/L		DINAMA	
	Ácido Aminometilfosfónico	AMPA	µg/L	**	**		DINAMA	
Índice	Relación de Adsorción de Sodio	RAS	**	**	**	DINAMA		

**

sin unidad

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, 3ª 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.

3 RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en 4 campañas (de 4 planificadas), que se realizaron entre enero y noviembre de 2018. 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, el oxígeno disuelto (i.e. concentración en mg/l, % de saturación) y turbidez

Índices de Calidad de Agua

Se generaron como una herramienta para comparar ríos en diferentes lugares (nacional o internacionalmente) y se basan en la utilización de ciertos elementos básicos en función de los usos del agua. Definen la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Pueden ser utilizados para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de la posibilidad de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Cabe resaltar que, para este caso particular, la presentación de los índices es a título informativo y no debería ser considerado como la realidad estricta del curso de agua. los resultados mostrados sólo representan una tendencia, pero deben ser manejados con precaución.

La finalidad del Índice de Estado Trófico (IET) es clasificar los cuerpos de agua en diferentes grados de trofia, clasifica la calidad el agua según el enriquecimiento de nutrientes y su efecto sobre el crecimiento excesivo de plantas acuáticas. En este caso, los resultados del índice, calculados a partir de los valores de fósforo reactivo, deben ser entendidos como una medida del potencial de eutrofización, ya que este nutriente está disponible para que se de este proceso. Para el cálculo de este índice se utiliza la fórmula de Lamparelli (2004):

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.

IQA

Tabla V. Resultados del Índice por campaña de monitoreo.

	CA1	TCH1	TG3	TG4	YA1	TG1	TG2	CU1	CU2	TCH2	CU3
FEB	67,20	79,25	78,43	70,12	50,15	53,52	72,28	75,79	83,86	89,62	81,06
MAY	73,82	72,10	72,90	69,48	73,89	63,97	69,22	67,63	67,63	67,63	67,63
AGO	72,58	62,06	72,59	73,93	67,22	63,63	67,59	60,22	68,44	72,87	70,66
NOV	65,80	59,09	69,30	66,71	69,17	74,91	66,90	61,37	70,31	67,85	66,92

Tabla VI. Resultados del Índice anual.

	CA1	TCH1	TG3	TG4	YA1	TG1	TG2	CU1	CU2	TCH2	CU3
ANUAL	69,9	68,1	73,3	70,1	65,1	64,0	69,0	66,3	72,6	74,5	71,6
	MEDIA	MEDIA	BUENA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	BUENA	BUENA	MEDIA

Tabla VII. Escala de clasificación del índice.

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

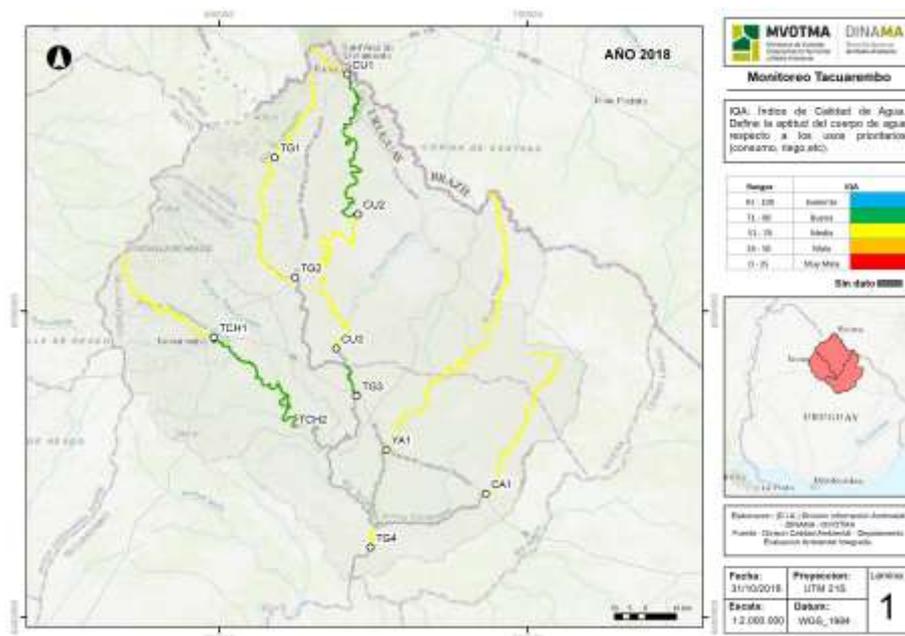


Figura 7. Estado de los cursos de agua según índice IQA.

IET

Tabla VIII. Resultados del Índice por campaña de monitoreo.

	CA1	TCH1	TG3	TG4	YA1	TG1	TG2	CU1	CU2	TCH2	CU3
FEB	58,69	63,81	58,69	59,72	61,08	S/D	S/D	62,47	S/D	S/D	S/D
MAY	62,16	61,47	60,66	61,08	61,82	S/D	S/D	62,16	S/D	S/D	S/D
AGO	58,08	60,66	58,81	59,40	58,56	63,32	62,77	64,04	63,57	59,56	59,45
NOV	61,08	60,66	59,51	61,47	60,66	59,05	61,08	61,47	60,66	62,77	60,21

Tabla IX. Resultados del índice anual.

ANUAL	CA1	TCH1	TG3	TG4	YA1	TG1	TG2	CU1	CU2	TCH2	CU3
	60,0	61,7	59,4	60,4	60,5	61,2	61,9	62,5	62,1	61,2	59,8

Tabla X. Escala de clasificación del índice

Nivel trófico	Fósforo total (mg/L)	IET
Ultraoligotrófico	≤ 0,013	≤ 47
Oligotrófico	0,013 <PT≤0,035	47 <IET ≤ 52
Mesotrófico	0,035 <PT≤0,137	52 <IET ≤ 59
Eutrófico	0,137 <PT≤0,296	59 <IET ≤ 63
Supereutrófico	0,296 <PT≤0,640	63 <IET ≤ 67
Hipereutrófico	>0,640	>67

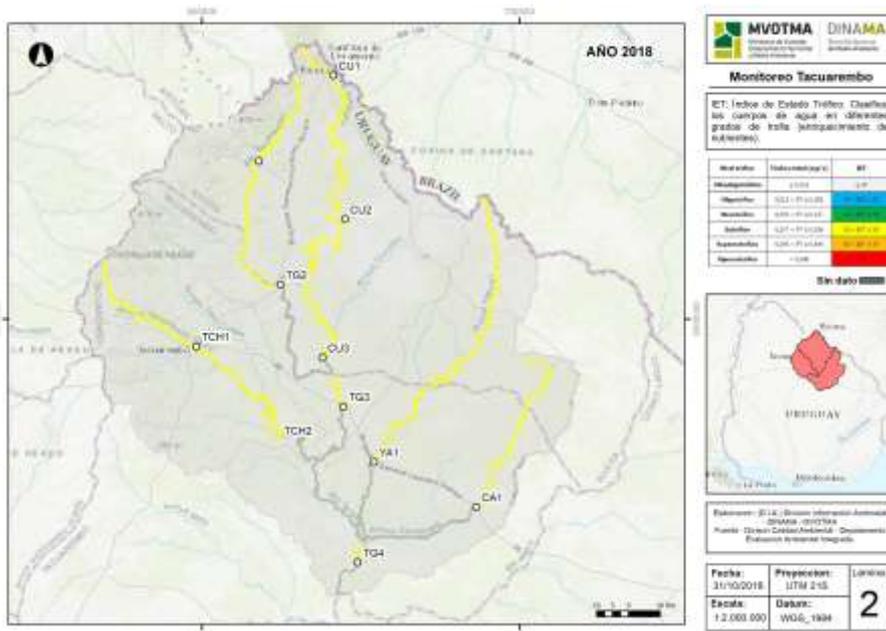


Figura 8. Estado trófico de los cursos de agua según índice IET.

Cuenca del río Tacuarembó

3.1.1 Parámetros de medición *in situ*

3.1.1.1 Temperatura

La temperatura presenta una distribución relativamente homogénea entre las estaciones. Teniendo en cuenta las cuatro estaciones de monitoreo de la cuenca, el rango de variación de la temperatura va desde 11,2°C de mínima a 26,7°C de máxima, con un promedio total de 19,9 °C (Figuras 9 y 10).

Los valores de esta variable no presentaron apartamientos notorios de los factores climáticos. Siendo el año 2017 en promedio un año de temperatura bajas comparadas con el año 2018.

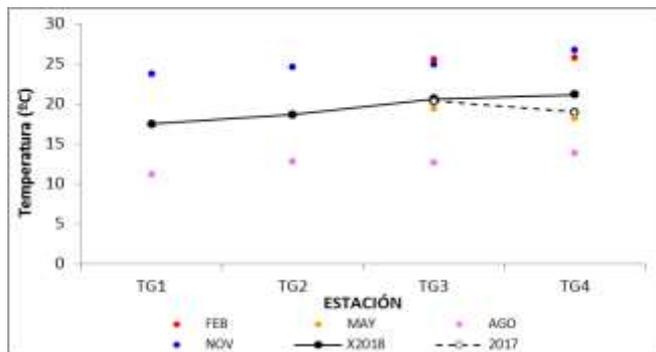


Figura 9. Variación de la temperatura del agua por estación de monitoreo y promedios 2017 y 2018.

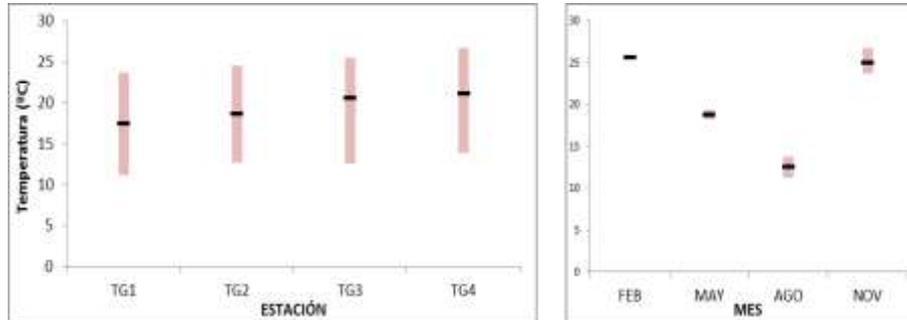


Figura 10. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo

3.1.1.2 Conductividad

En el área de estudio se registran valores promedio de conductividad de 92,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un máximo de 197,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un mínimo de 44,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 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 cuatro estaciones los mínimos, máximos y promedios, asimismo se nota en lo obtenido en las gráficas que para el año 2017 esta variable fue más baja que para el año 2018 (Figuras 11 y 12).

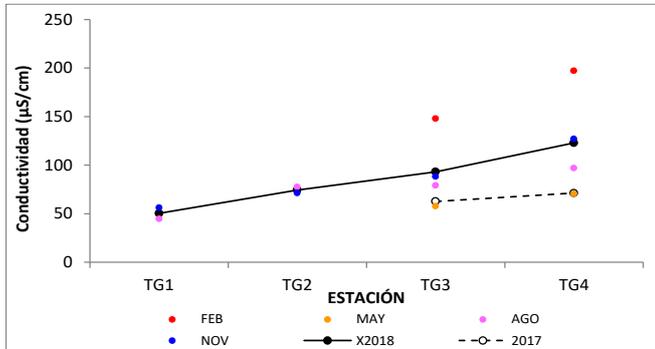


Figura 11. Variación de la conductividad por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

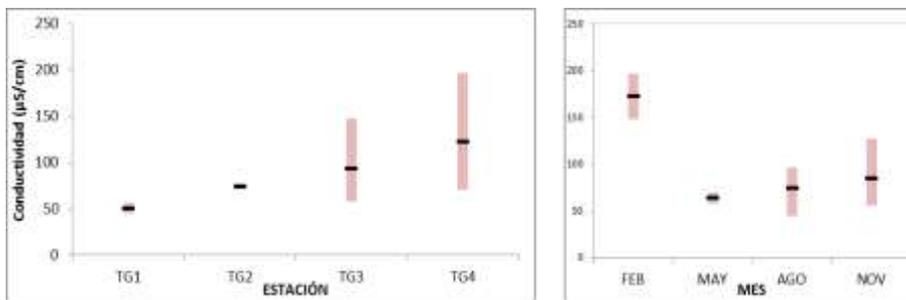


Figura 12. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo

3.1.1.3 pH

Los valores de pH cumplen totalmente con el estándar establecido en el decreto 253/79 (límite inferior 6,50 y límite superior 8,50), salvo por un valor de 6,00 en la estación TG3 en el mes de agosto del año 2018. El promedio registrado de las estaciones de monitoreo es de 7,27 con un máximo de 8,17 y un mínimo de 6,00 (Figuras 13 y 14).

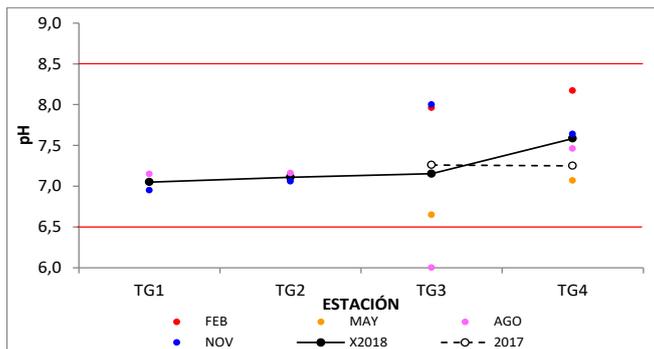


Figura 13. Variación del pH, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

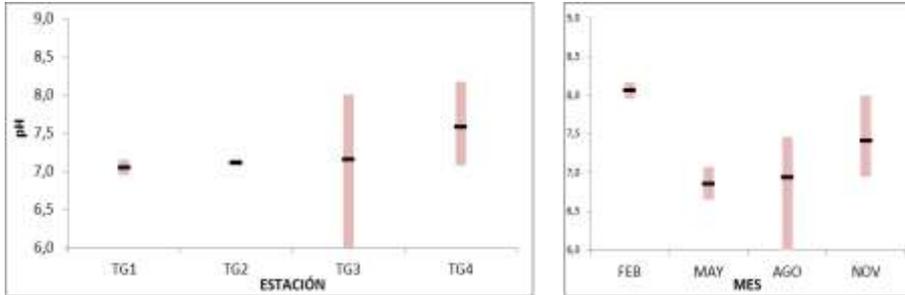


Figura 14. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo

3.1.1.4 Oxígeno disuelto

Las estaciones de monitoreo presentan un valor promedio de 8,51 mg/l entre las dos estaciones, con un máximo de 10,21 mg/l, un mínimo de 6,79 mg/l (Figuras 15 y 16). 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.

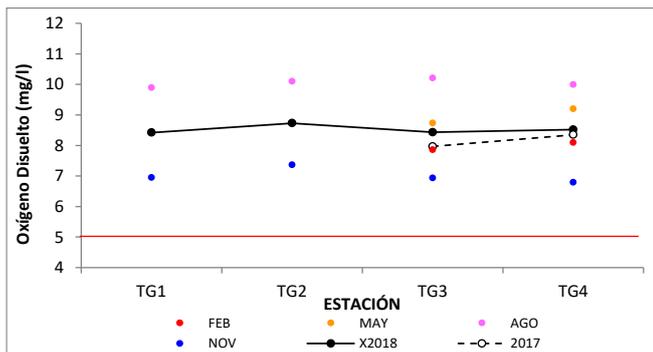


Figura 15. Variación de la concentración de oxígeno disuelto, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

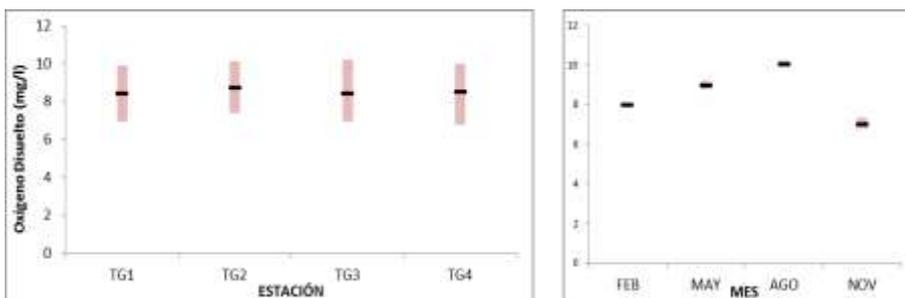


Figura 16. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2 Resultados analíticos

3.1.2.1 Coliformes termotolerantes

El valor promedio para los coliformes termotolerantes fue de 98 UFC/ 100 ml, con un máximo de 630 UFC/ 100 ml y un mínimo de 10 UFC/ 100 ml. Los datos arrojados de los análisis cumplen en su totalidad para con el documento de Gesta Agua de diciembre 2014, cuyo valor estándar es de 1000 UFC/ 100 ml; asimismo también da cumplimiento con el Decreto 253/79 y modificativos, cuyo valor estándar es de 2000 UFC/ 100 ml. (Figuras 17 y 18). Para las estaciones TG3 y TG4 los valores promedio son más altos que para el 2018. Aca hay algo que no me cierra. En realidad son menores. Pero en algún lado habría que explicar que se empezó con el monitoreo en el 2017, cuantas campañas y cuantos puntos se hicieron. Yo no lo encontré.

Comentado [AC1]: Lo arregle en el resumen ejecutivo

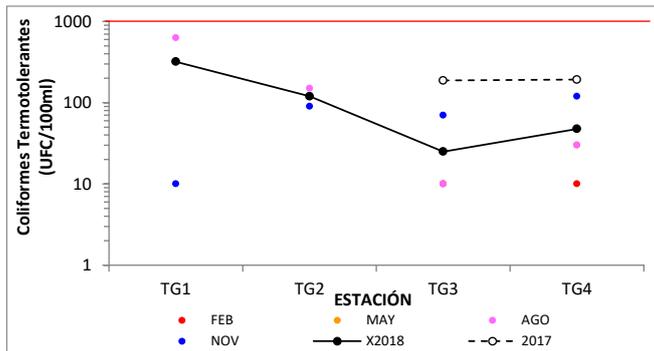


Figura 17. Variación de los coliformes termotolerantes, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

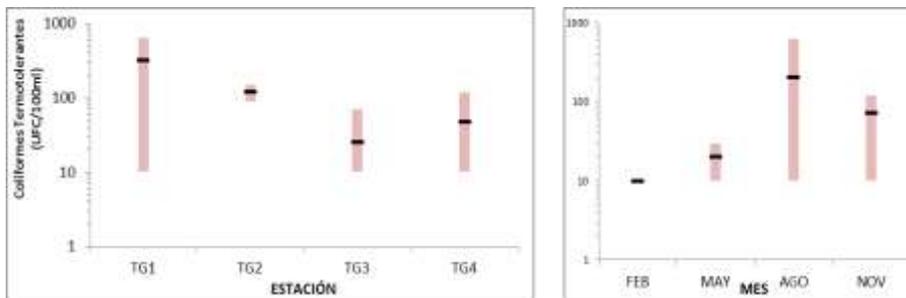


Figura 18. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.2 Calcio

La concentración de calcio presentó un promedio de 7,4 mg/l en las estaciones, un valor máximo de 13 mg/l y un mínimo de 1,6 mg/l. Los valores más altos para este ion se registraron nuevamente en la época de verano (febrero) y los más bajos en primavera. Para el año 2017 estos valores más bajos fueron registrados en la época de otoño (mayo), independientemente de la época climática se nota que los valores más bajos se dan en la cuenca alta del río Tacuarembó y los más bajos en la cuenca baja (Figuras 19 y 20).

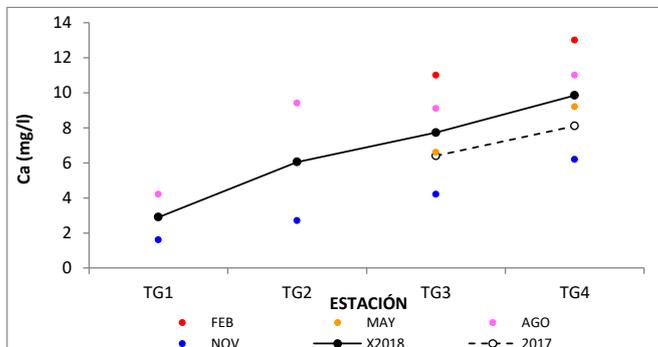


Figura 19. Variación de la concentración de calcio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

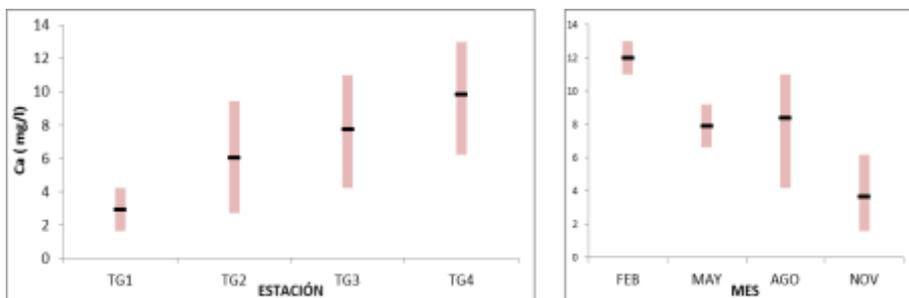


Figura 20. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.3 Magnesio

La concentración de magnesio presentó un máximo de 6,3 mg/l y un mínimo de 0,5 mg/l, resultando el promedio en 2,3 mg/l, de las estaciones. Los valores más altos para este ion se registraron nuevamente en la época de verano (febrero) y los más bajos también en invierno (agosto), independientemente de la época climática se nota que los valores más bajos se dan en la cuenca alta del río Tacuarembó y los más bajos en la cuenca baja (Figuras 21 y 22).

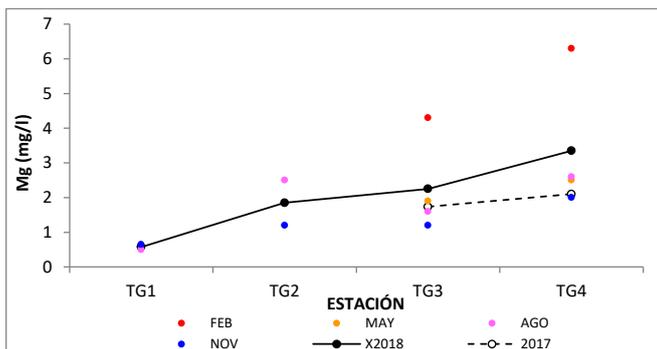


Figura 21. Variación de la concentración de magnesio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

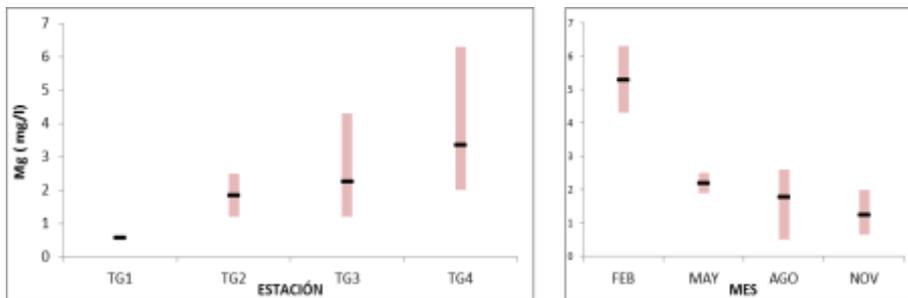


Figura 22. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.4 Sodio

Este ion presentó un valor máximo de 13 mg/l en las estaciones, un mínimo de 1,7 mg/l y un promedio de 4,6 mg/l. Obteniendo los valores más altos en la época de verano (febrero) y los más bajos en el periodo de primavera (noviembre) independientemente de la época climática se nota que los valores más bajos se dan en la cuenca alta del río Tacuarembó y los más bajos en la cuenca baja (Figuras 23 y 24).

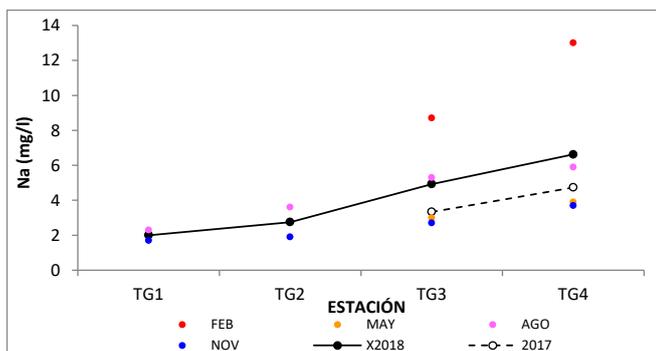


Figura 23. Variación de la concentración de sodio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

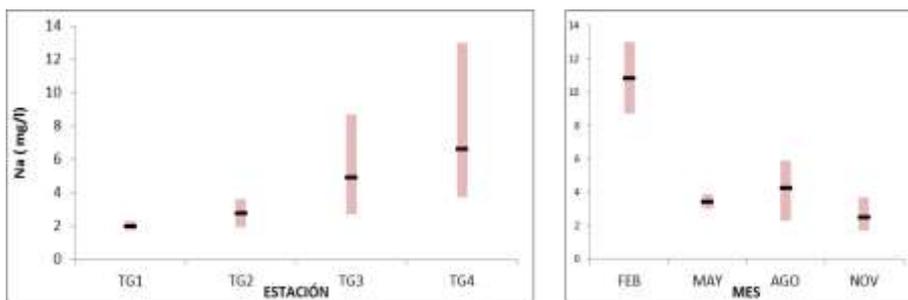


Figura 24. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.5 Potasio

La concentración de potasio presentó un promedio de 1,4 mg/l entre las estaciones, con un máximo de 2,1 mg/l y un mínimo de 1 mg/l. Los valores más altos de esta variable se registraron en el periodo de otoño (mayo) y los más bajos en el periodo de primavera (noviembre) (Figura 25 y 26). Esta variable difiere del

comportamiento de los otros iones mayoritarios analizados, vale decir que en la cuenca alta no se dan los valores más bajos.

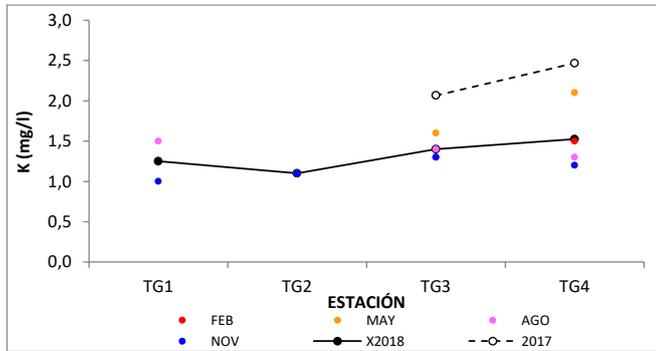


Figura 25. Variación de la concentración de potasio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

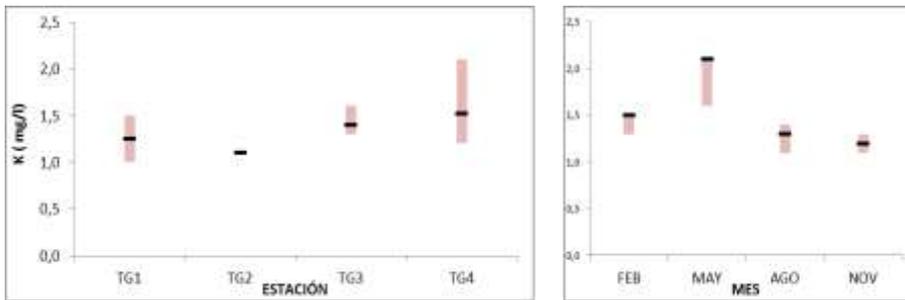


Figura 26. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.6 Alcalinidad

Los valores de alcalinidad presentaron un promedio de 37,8 mg CaCO₃/l entre las estaciones, con un máximo de 74 mg CaCO₃/l y un mínimo de 19 mg CaCO₃/l. Se puede inferir que el agua en estas estaciones es levemente dura, asimismo el comportamiento de esta variable aumenta en la cuenca baja y es menor en la cuenca alta del río Tacuarembó (Figuras 27 y 28).

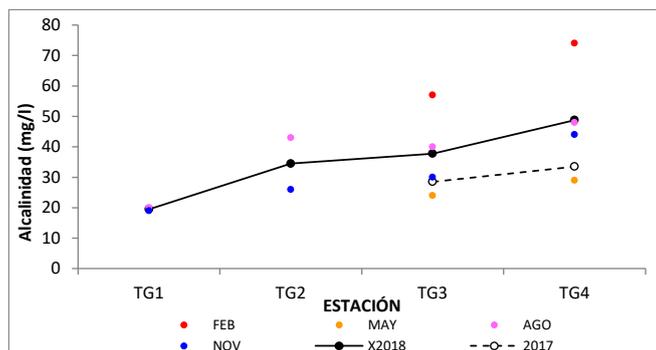


Figura 27. Variación de la alcalinidad, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

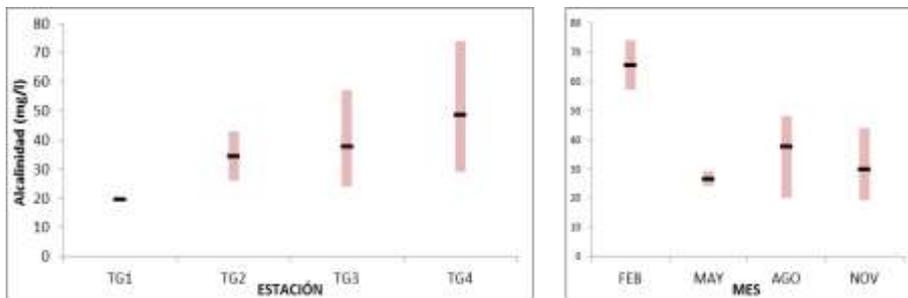


Figura 28. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.7 Sólidos totales

El valor promedio fue 126 mg/l entre las estaciones, el valor máximo 160 mg/l y el mínimo 96 mg/l. Se puede inferir que los valores más bajos se encuentran en la cuenca alta del río Tacuarembó y los más altos en la cuenca baja para esta variable. (Figuras 29 y 30).

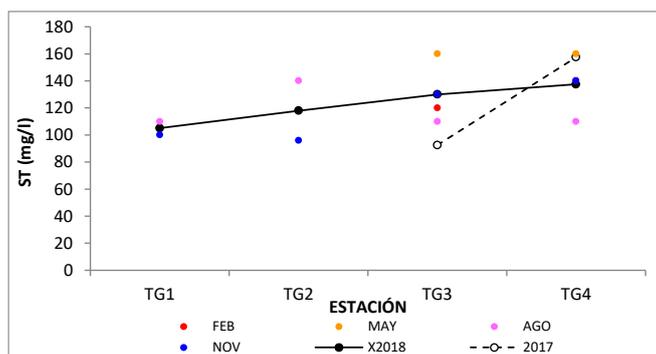


Figura 29. Variación de la concentración de sólidos totales, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

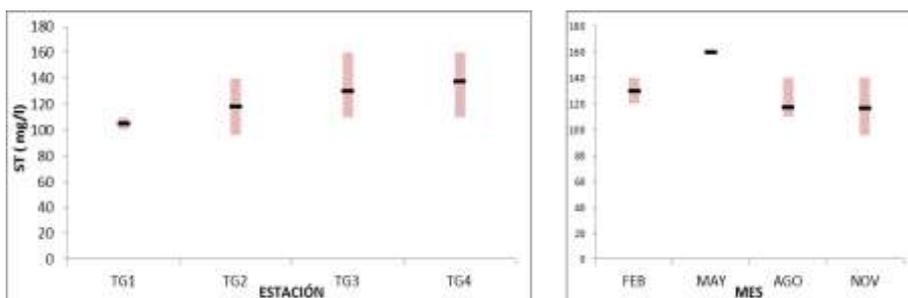


Figura 30. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.8 Sólidos totales fijos

El valor promedio fue 63 mg/l entre las estaciones, el valor máximo 100 mg/l y el mínimo 14 mg/l (Figuras 31 y 32). Esta variable en aumenta hacia la cuenca baja del río Tacuarembó.

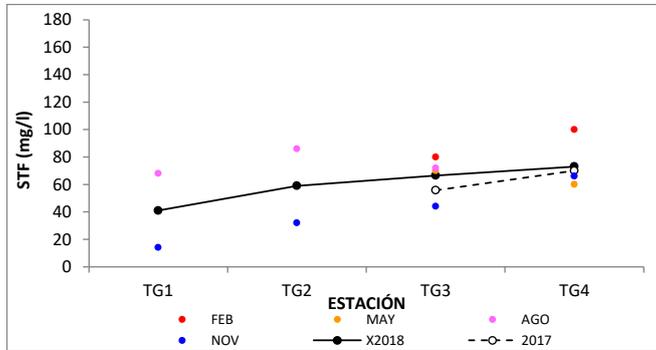


Figura 31. Variación de la concentración de sólidos totales fijos, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

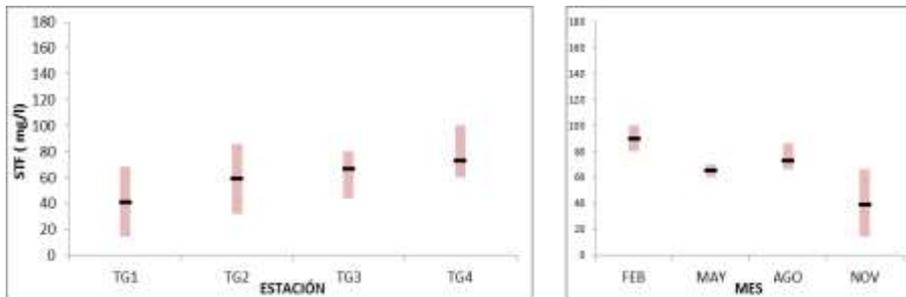


Figura 32. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.9 Sólidos totales volátiles

El valor promedio fue 63 mg/l entre las estaciones, el valor máximo 100 mg/l y el mínimo 38 mg/l. la tendencia de esta variable se mantiene relativamente constante fluctuando mínimamente a lo largo de la cuenca del río Tacuarembó.(Figuras 33 y 34).

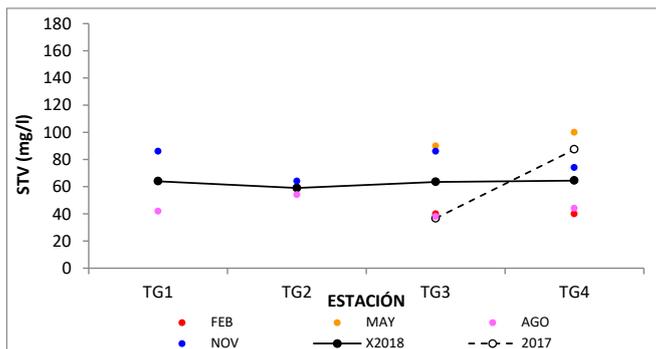


Figura 33. Variación de la concentración de sólidos totales volátiles, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

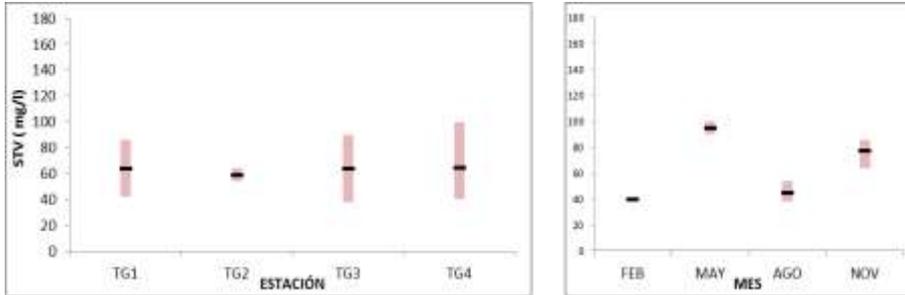


Figura 34. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.10 Sólidos suspendidos totales

El valor promedio fue 17 mg/l entre las dos estaciones, con un máximo de 36 mg/l y un mínimo de 6 mg/l. Esta variable en aumenta hacia la cuenca baja del río Tacuarembó (Figuras 35 y 36).

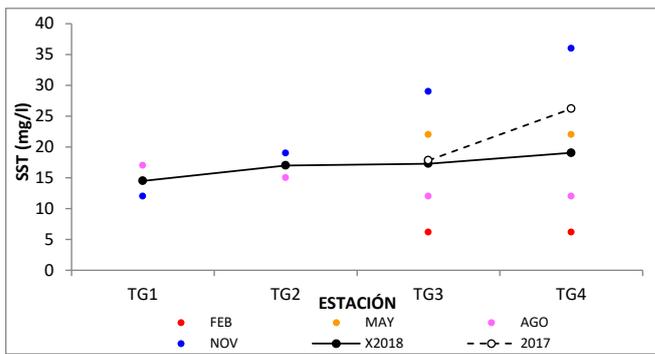


Figura 35. Variación de la concentración de sólidos suspendidos totales, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

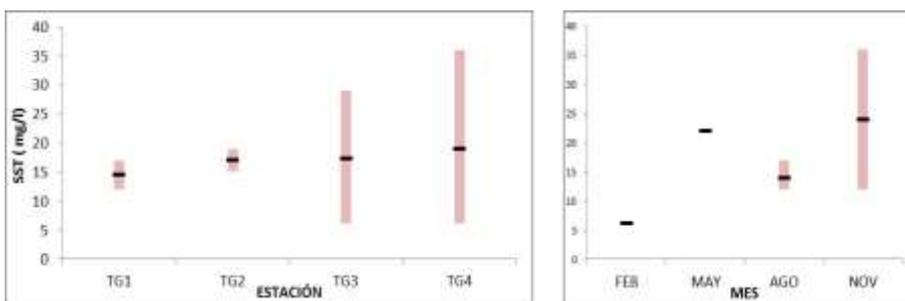


Figura 36. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.11 Turbiedad

El valor promedio fue 31,2 NTU entre las dos estaciones, con un máximo de 45,6 NTU y un mínimo de 16,4 NTU. Para esta variable los promedios bajan levemente hacia la cuenca baja del río Tacuarembó (Figuras 37 y 38). Los mismos cumplen con lo estipulado en la reglamentación vigente y en el documento de gesta agua.

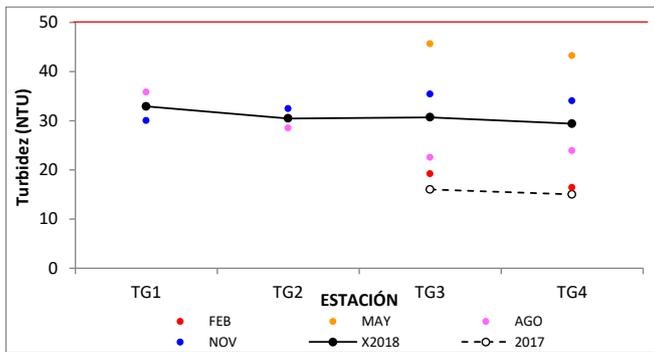


Figura 37. Variación de los niveles de turbiedad, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

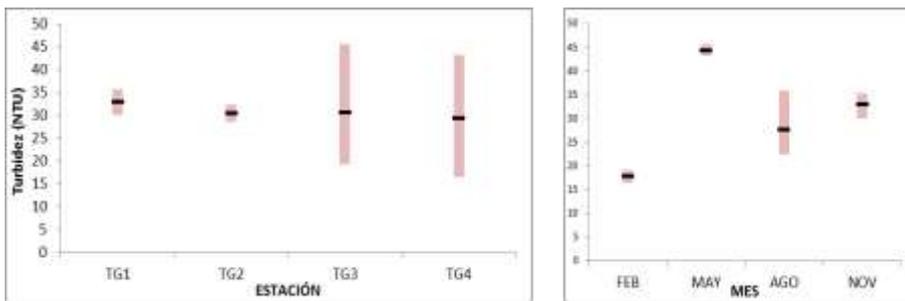


Figura 38. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.12 Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

El valor promedio fue 1,5 mg/l, el valor máximo 3,3 mg/l y el mínimo 0,42 mg/l. (Figuras 39 y 40). Los resultados se encuentran dentro de lo estipulado por el decreto 253/79 y modificativos, así como el documento de Gesta Agua del 2014. Existe solo un valor promedio para 2017.

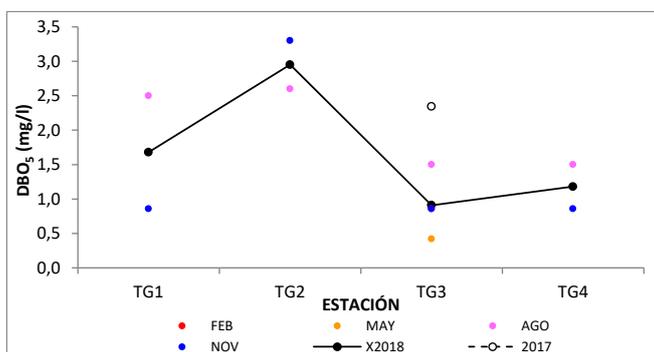


Figura 39. Variación de la concentración de la demanda biológica de oxígeno, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

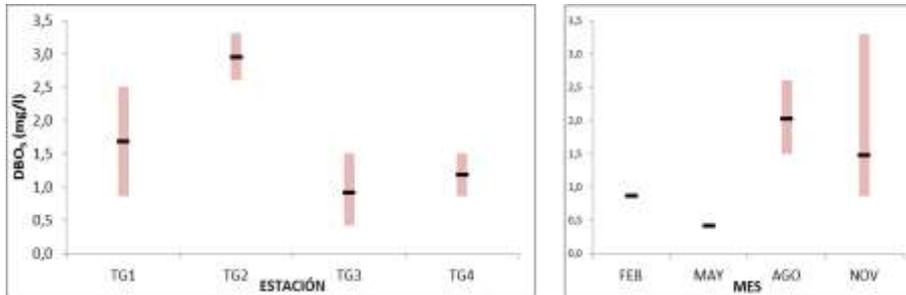


Figura 40. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.13 Demanda química de oxígeno (DQO)

El valor promedio fue 23,5 mg/l, el valor máximo 36 mg/l y el mínimo 7 mg/l. (Figuras 41 y 42). Para esta variable se aprecia en la gráfica que la misma aumenta hacia la segunda estación de monitoreo y luego desciende hacia la cuenca baja del río Tacuarembó. Existe solo un valor promedio para 2017.

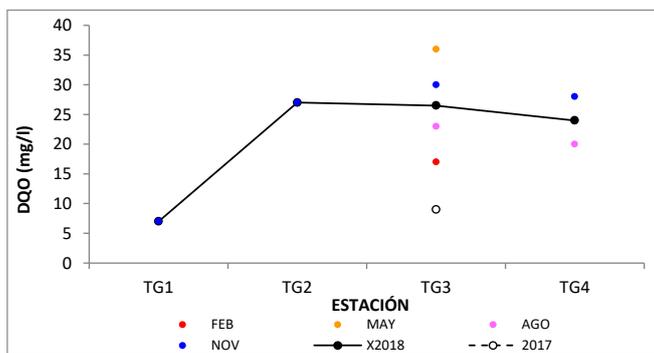


Figura 41. Variación de la concentración de la demanda química de oxígeno, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

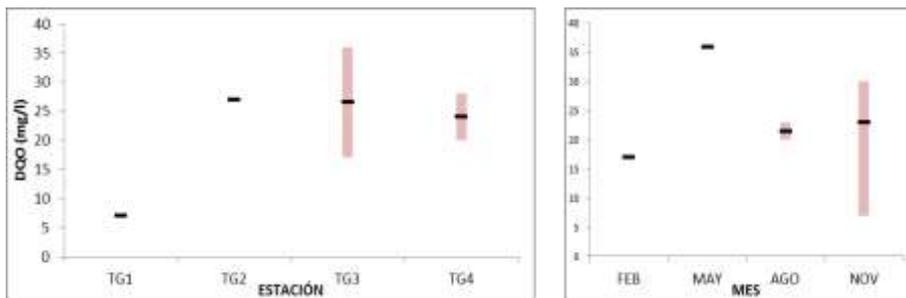


Figura 42. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.14 Fósforo total

El valor promedio fue 120 $\mu\text{g/l}$ entre las estaciones, el valor máximo 200 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 82 $\mu\text{g/l}$. Los valores de fósforo total no cumplen con los límites establecidos por el decreto 253/79 y modificativos (i.e. 25 $\mu\text{g/l}$). (Figuras 43 y 44).

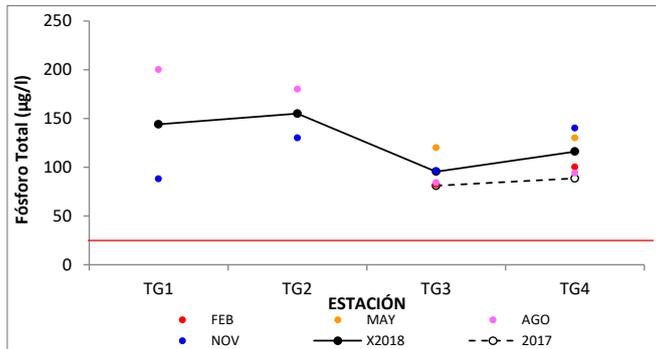


Figura 43. Variación de la concentración de fósforo total, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

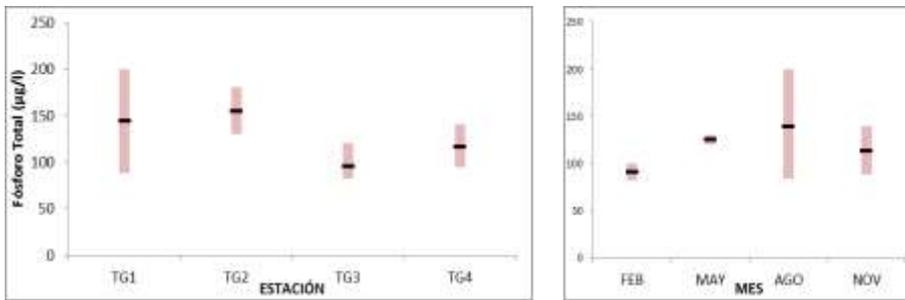


Figura 44. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.15 Fósforo reactivo soluble

El valor promedio fue 42 µg/l entre las estaciones, el valor máximo 69 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. Es de relevancia que esta variable disminuye en la estación TG2 para luego subir hacia la cuenca baja del río Tacuarembó (Figuras 45 y 46).

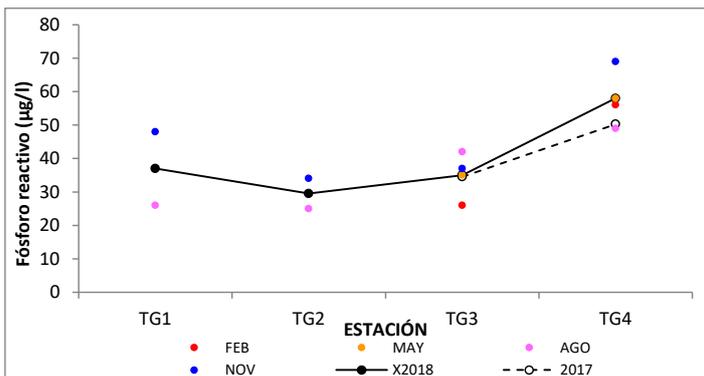


Figura 45. Variación de la concentración de fósforo reactivo soluble, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

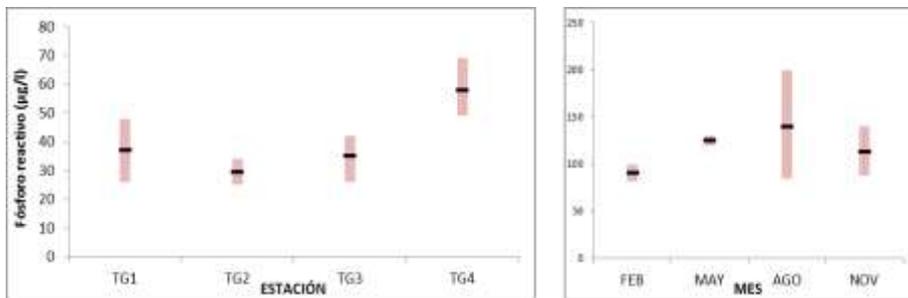


Figura 46. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.16 Nitrógeno total

El valor promedio fue 1,07 mg/l entre las estaciones, el valor máximo 1,88 mg/l y el mínimo 0,46 mg/l para esta variable. Los valores de esta variable van descendiendo hasta la estación de monitoreo TG3, aumentando hacia la última estación de monitoreo (Figuras 47 y 48).

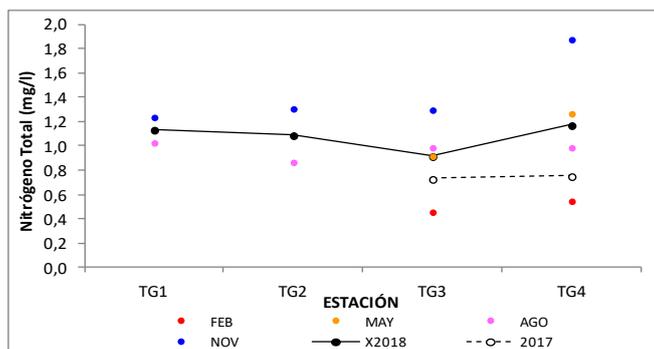


Figura 47. Izquierda: variación de la concentración de nitrógeno total, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

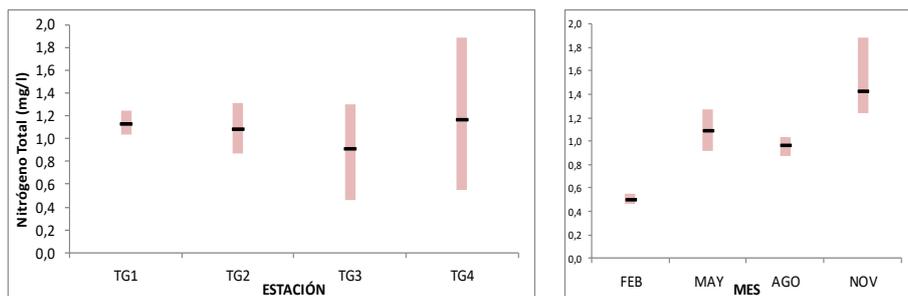


Figura 48. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.17 Nitrógeno amoniacal

El valor promedio fue 0,057 mg/l entre las estaciones, el valor máximo 0,095 mg/l y el mínimo 0,023 mg/l (Figuras 49 y 50).

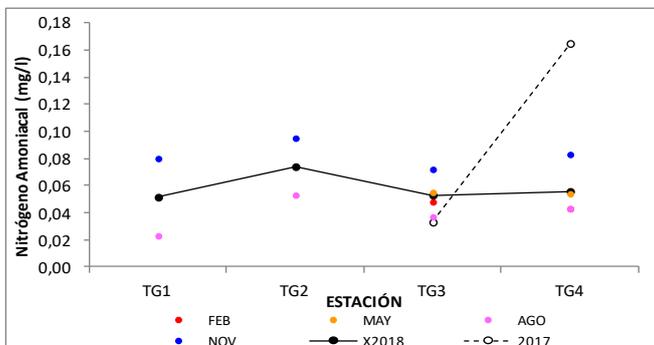


Figura 49. Izquierda: variación de la concentración de nitrógeno amoniacal, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

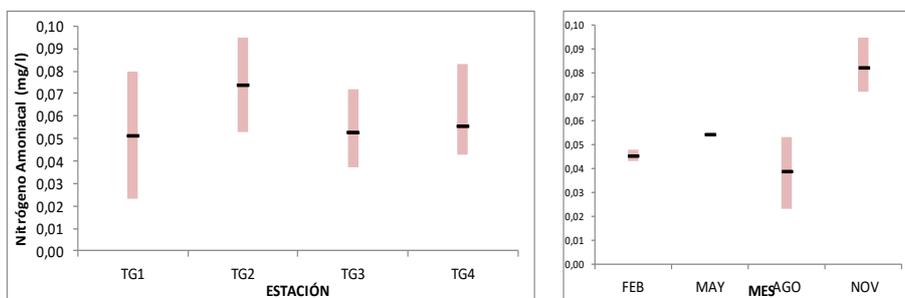


Figura 50. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.18 Amonio libre

El valor promedio fue 0,0011 mg/l entre las estaciones, el valor máximo 0,004 mg/l y el mínimo 0,000008 mg/l (Figura 51 y 52). Cabe destacar que se cumple en todas las estaciones con el decreto 253/79 y modificativos.

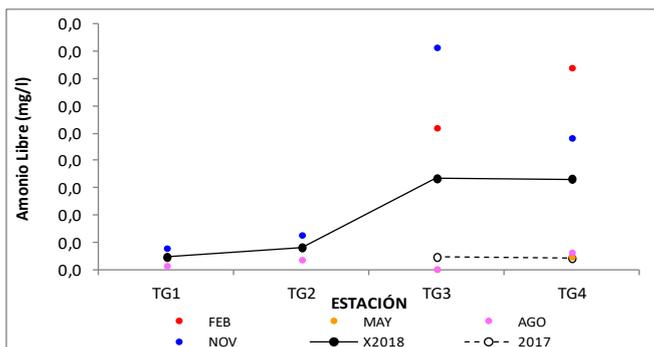


Figura 51. Variación de la concentración de amoniacal, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

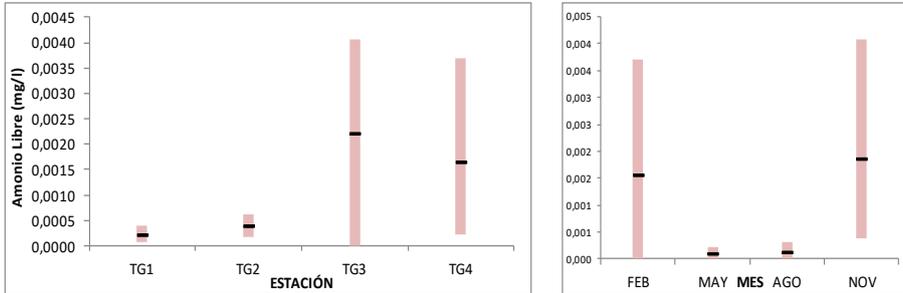


Figura 52. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.19 Nitrito

El valor promedio fue 0,004 mg/l entre las estaciones, el valor máximo 0,01 mg/l y el mínimo 0,0015 mg/l si bien los valores están por debajo del límite del documento de gesta agua. (i.e. 0,1 mg/l) (Figuras 53 y 54).

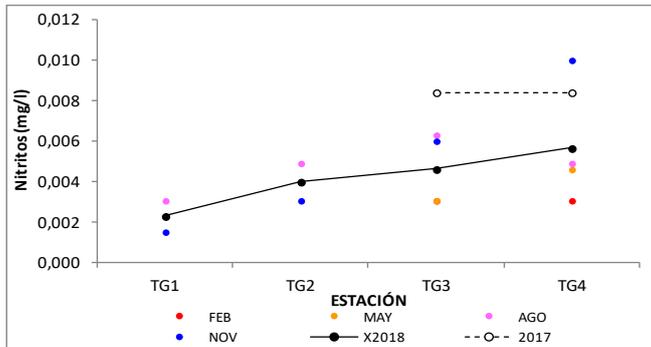


Figura 53. Variación de la concentración de nitrito, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

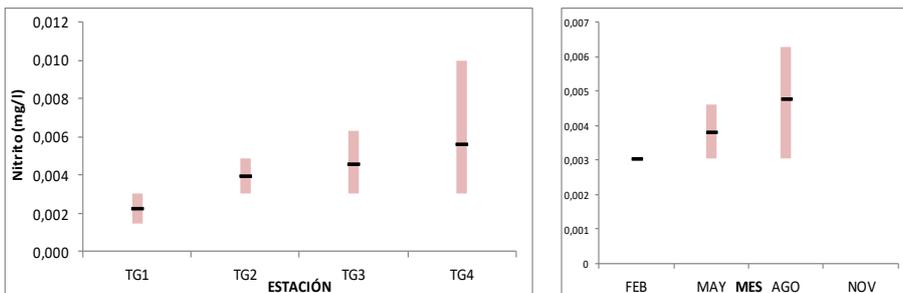


Figura 54. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.20 Nitrato

El valor promedio para esta variable fue 0,187 mg/l, el valor máximo 0,51 mg/l y el mínimo 0,02 mg/l (Figuras 55 y 56). Se nota un incremento de esta variable hacia la cuenca baja del río Tacuarembó. Los resultados cumplen con lo estipulado en el decreto 253/79 y modificativos así como con los límites en Gesta Agua V 12-2014.

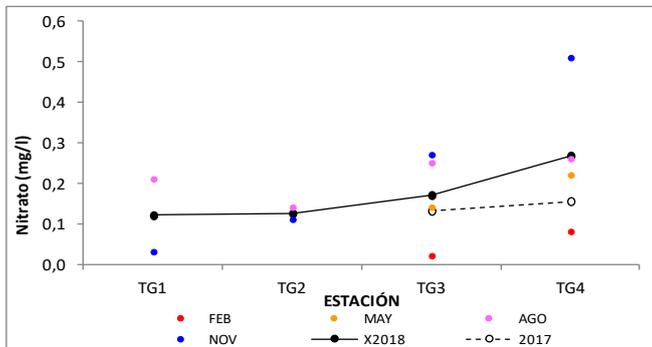


Figura 55. Variación de la concentración de nitrato, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

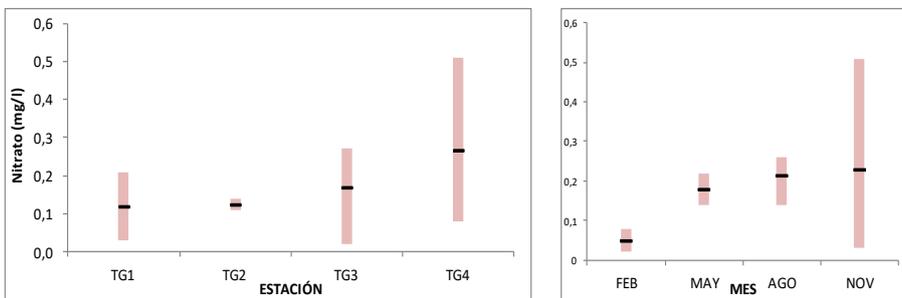


Figura 56. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.21 Clorofila α

El valor promedio fue 1,304 $\mu\text{g/l}$, el valor máximo 2,7 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 0,7 $\mu\text{g/l}$ (Figuras 57 y 58). De las gráficas se puede observar que esta variable se incrementa hacia la cuenca baja de río Tacuarembó.

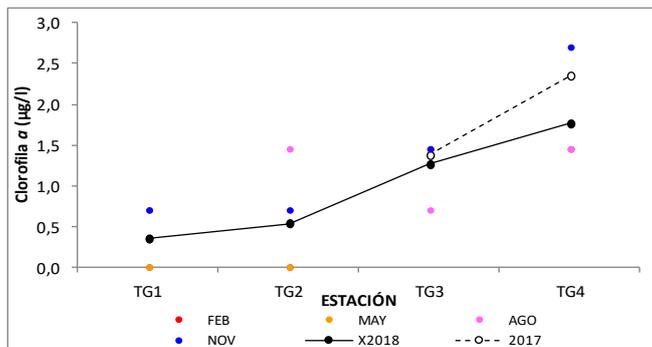


Figura 57. Variación de la concentración de clorofila α , por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

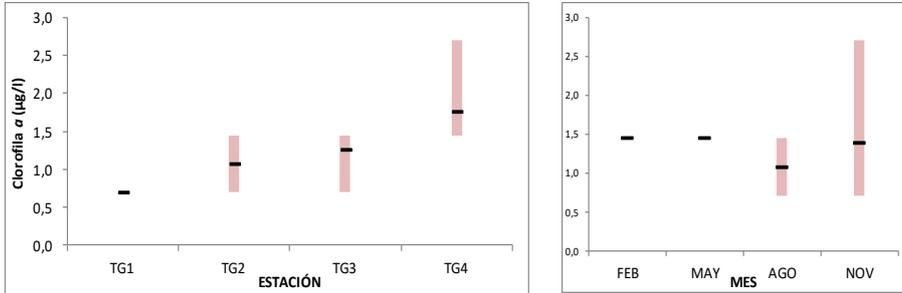


Figura 58. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.22 Feofitina

No existen valores promedios, ni mínimos ni máximos, ya que para el año 2018 los valores obtenidos fueron los de <LD cuyo valor es de 1,9 µg/l, por eso la línea es constante. (Figura 59).

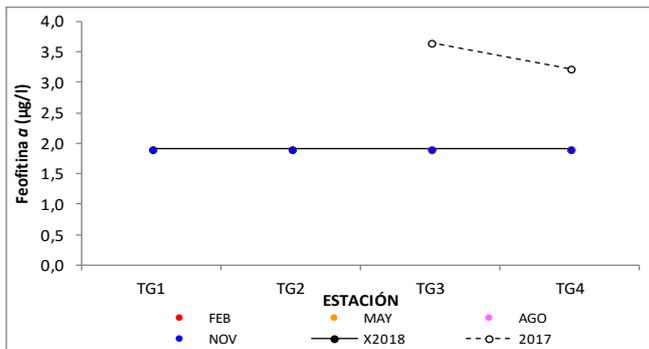


Figura 59. Variación de la concentración de teofilina a, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

3.1.2.23 Sustancias Fenólicas

El valor promedio fue 1,7 µg/l, el valor máximo 4,2 µg/l y el mínimo 0,5 µg/l (Figura 60 y 61). De las gráficas se puede observar que esta variable se incrementa hasta la estación de monitoreo TG3 y luego disminuye en la estación de monitoreo TG4. Todos los valores obtenidos cumple con el documento de gesta agua, y con lo estipulado en el decreto 253/79 y modificativos.

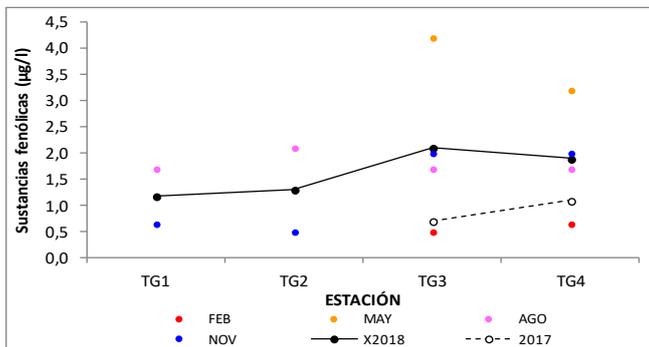


Figura 60. Variación de la concentración de las sustancias fenólicas, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

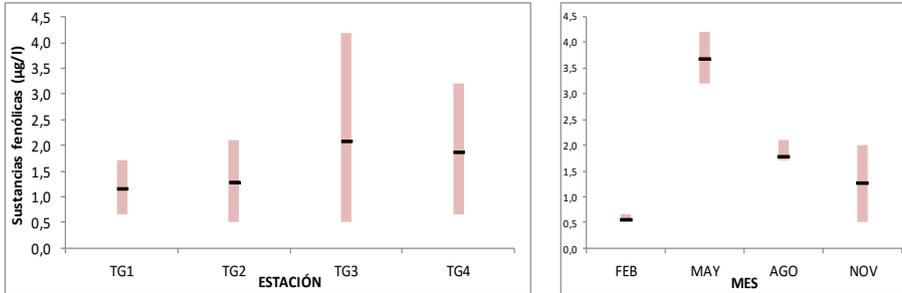


Figura 61. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.24 Relación de Adsorción de Sodio (RAS)

El valor promedio fue 0,37, el valor máximo 0,74 y el mínimo 0,24 (Figura 62 y 63). Se cumple con el documento de gesta agua para aguas de riego clase 2 ya que el límite del RAS es de 10, por lo cual no existe peligro en el uso de estas aguas para riego de cultivos.

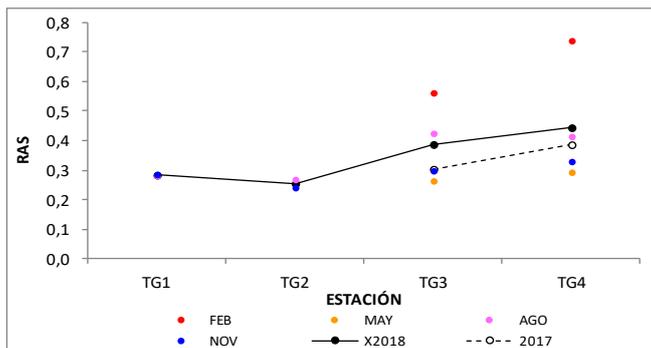


Figura 62. Variación de la concentración de la relación de adsorción de sodio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

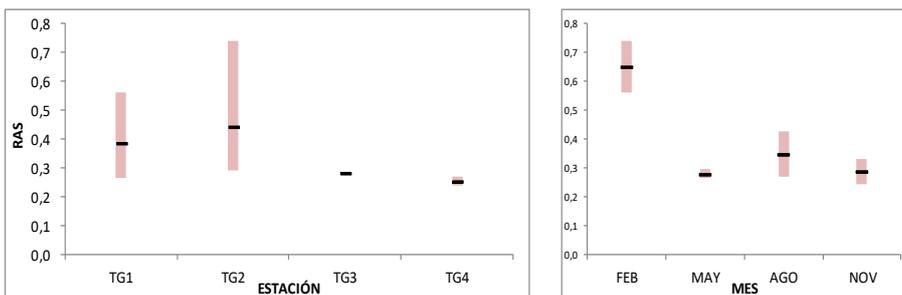


Figura 63. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.1.2.25 Ácido Aminometilfosfónico (AMPA)

El valor promedio fue 0,43 µg/l, el valor máximo 0,98 µg/l y el mínimo 0,25 µg/l (Figura 35). Para el año 2017 los promedios fueron el límite de detección ya que todos los resultados obtenidos fueron <LD en el año 2018 se han obtenido resultados por sobre el límite de detección y de cuantificación pero solo en tres ocasiones en el

año una en la estación TG2 en la época de invierno y las otras dos en la estación TG4 en esta fueron en la estación de verano e invierno respectivamente.

OBSERVACIÓN

Para las variables

Mercurio (Hg), se obtuvo solo un resultado del resto de los análisis dieron todos por debajo del límite de detección, por lo cual no corresponde que se grafique ya que el mismo fue menor a lo estipulado en el decreto 253/79 y modificativos y el documento de gesta agua.

Cianuro total (CNT) todos los resultados obtenidos dieron por debajo del límite de detección, por lo cual no tiene ningún aporte elaborar las gráficas pertinentes.

Compuestos orgánicos halogenados (AOX) todos los resultados obtenidos dieron por debajo del límite de detección, por lo cual no tiene ningún aporte elaborar las gráficas pertinentes.

Glifosato para esta variable se obtuvieron 2 resultados siendo estos menores que lo estipulado en el documento de gesta agua y no existe aporte visual incluyendo las gráficas.

3.2 Cuenca del río Tacuarembó Chico

3.2.1 Parámetros de medición *in situ*

3.2.1.1 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 27,32 °C de máxima a 11,4 °C de mínima, con un promedio total de 19,4 °C (Figuras 64 y 65). Los valores de esta variable no presentaron apartamientos de los factores climáticos.

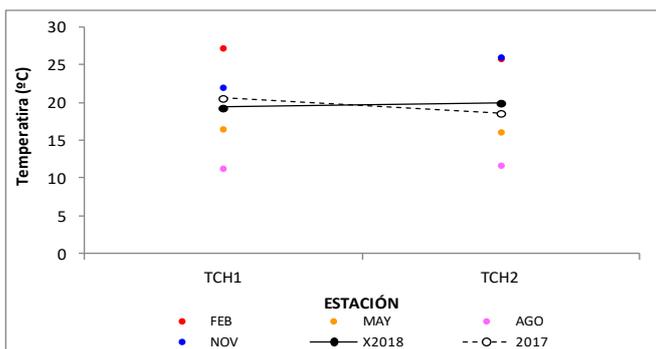


Figura 64. Variación de la temperatura, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

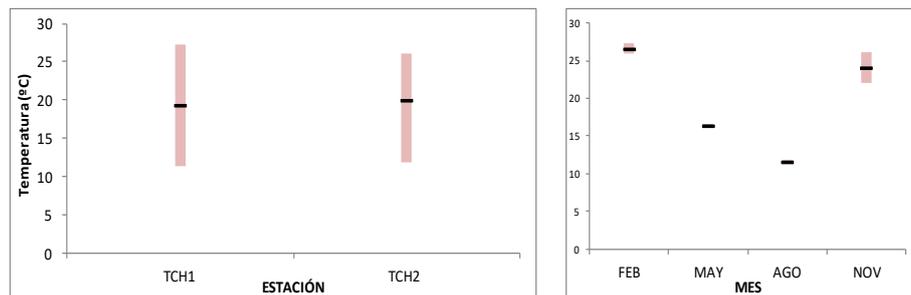


Figura 65. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.1.2 Conductividad

En el área de estudio se registran valores medios de conductividad de 129,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un máximo de 326,3 y un mínimo de 60,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente (Figuras 66 y 67). De la graficas se desprende que los valores para el año 2017 han sido menores que los del 2018.

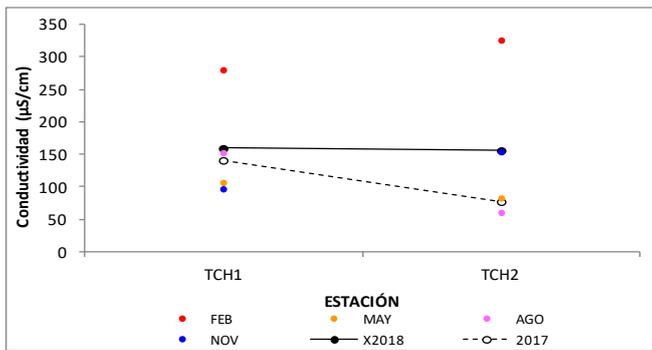


Figura 66. Variación de la conductividad, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

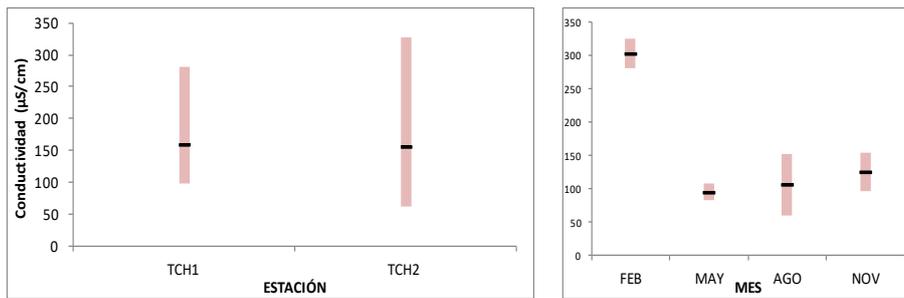


Figura 67. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.1.3 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), salvo dos valores de puntuales, uno en cada estación de monitoreo, asimismo uno se dio en época de invierno y el otro en época de verano. El promedio registrado en las estaciones de la zona es de 7,49 con un máximo de 8,87 y un mínimo de 6,38 (Figuras 68 y 69). Siendo el agua levemente más ácida en invierno y levemente más básica en primavera. Las líneas de tendencia de los promedios del año 2018 fue levemente superior que la del 2017.

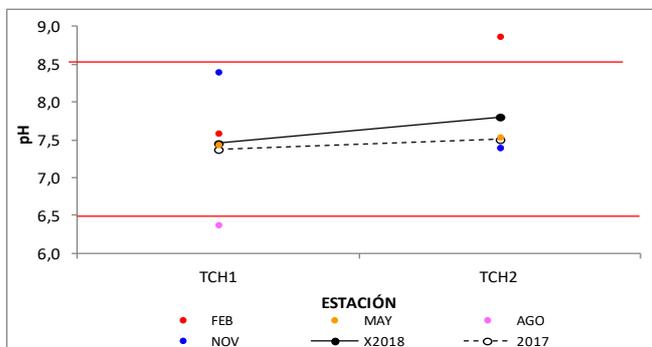


Figura 68. Variación del pH, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

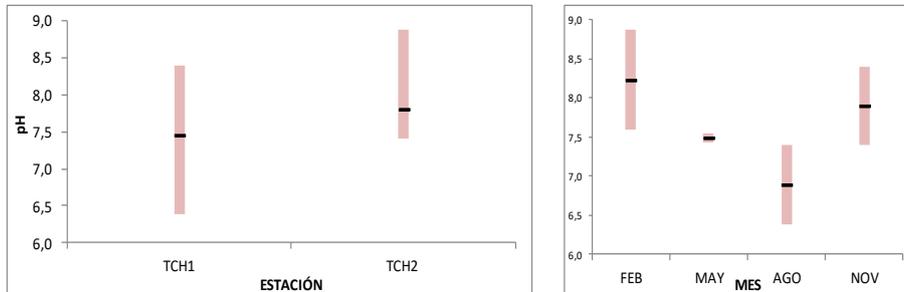


Figura 69. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.1.4 Oxígeno disuelto

Las estaciones de monitoreo presentan un valor promedio de 9.44 mg/l, con un máximo de 10,59 mg/l y un mínimo de 4,17 mg/l (Figura 70 y 71). 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 99% de los casos se cumple con dicho valor ya que existe un único valor puntual que dio por debajo del límite.

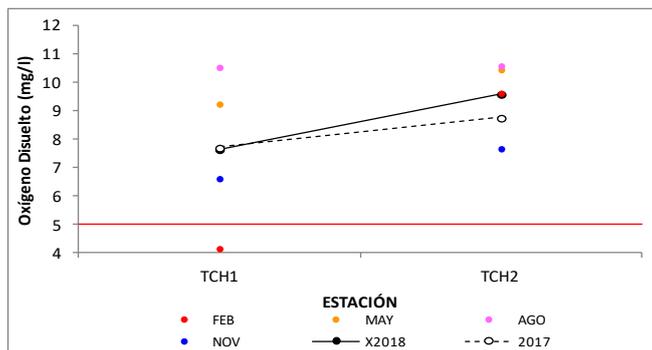


Figura 70. Variación de la concentración de oxígeno disuelto, por estación, promedios 2017 y 2018.

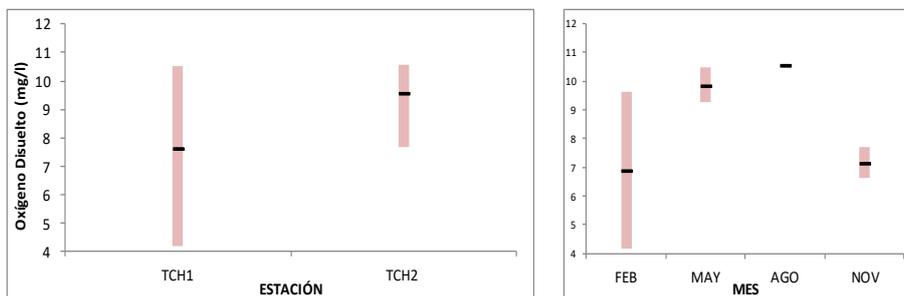


Figura 71. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2 Resultados analíticos

3.2.2.1 Coliformes termotolerantes

El promedio de coliformes termotolerantes fue de 448 UFC/ 100 ml, con un máximo de 12000 UFC/ 100 ml y un mínimo de 30 UFC/ 100 ml. De los análisis se desprende que para la estación de monitoreo TCH1 existen valores que superan los límites de la reglamentación y del documento gesta agua, pero también existen valores que están dentro de la reglamentación, se puede inferir que estos son 50% y 50% de los datos estudiados en esa estación de monitoreo, es de resaltar que los resultados para la estación de monitoreo TCH2 cumplen en el 100% de los datos descendiendo hacia la cuenca baja del río Tacuarembó chico (Figuras 72 y 73).

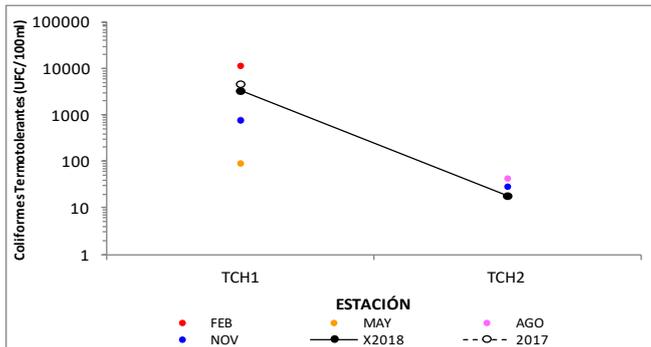


Figura 72. Variación de los coliformes termotolerantes, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

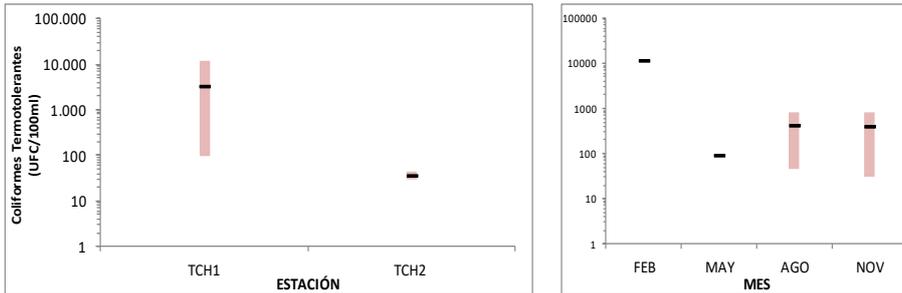


Figura 73. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.2 Calcio

En cuanto al calcio, este presentó un promedio de 16,1 mg/l, un valor máximo de 28 mg/l y un mínimo de 6,20 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 primavera (Figuras 74 y 75). Las líneas de tendencia de los promedios dan más bajo para el 2017 que para el 2018, pero ambas mantienen los valores en descenso para la cuenca baja del río Tacuarembó chico.

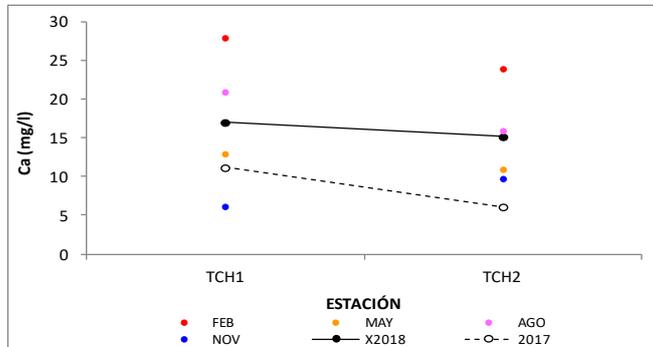


Figura 74. Variación de la concentración de calcio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

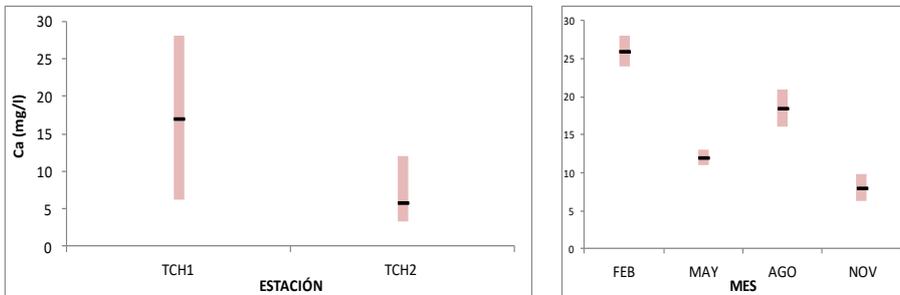


Figura 75. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.3 Magnesio

El magnesio presentó un máximo de 12 mg/l, un mínimo de 2,2 mg/l y un promedio de 5,85 mg/l. La mayoría de los valores más altos se encuentran en la estación de monitoreo cerca de la ciudad de Tacuarembó (Figuras 76 y 77). Las líneas de tendencia entre los valores promedios han variado para el año 2017 ha sido desde la ciudad de Tacuarembó en descenso hacia la cuenca baja del río Tacuarembó chico, revirtiéndose estos valores en aumento en las dos estaciones monitoreadas para el 2018, siendo esta la línea casi constante.

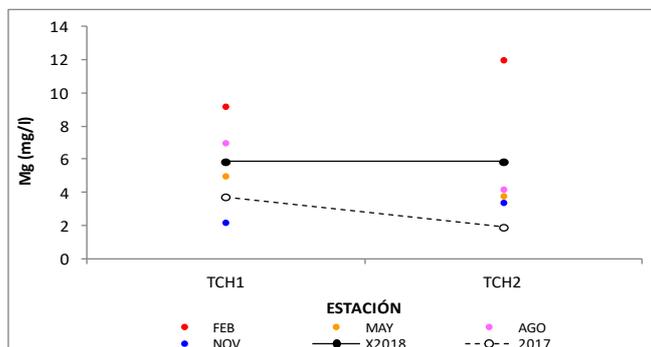


Figura 76. Variación de la concentración de magnesio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

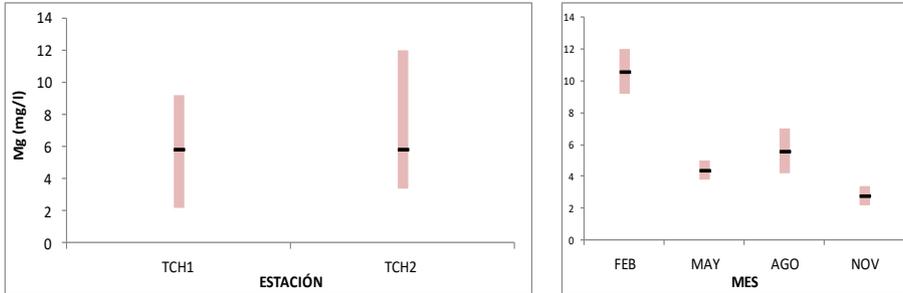


Figura 77. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.4 Sodio

Este ion presentó un valor máximo de 19 mg/l, un mínimo de 2,60 mg/l y un promedio de 7,15 mg/l. La mayoría de los valores más altos se encuentran en la estación cerca de la ciudad de Tacuarembó estación de monitoreo TCH1 (Figuras 78 y 79). Las líneas de tendencia de promedios entre los años 2017 y 2018 son bien diferentes en cuanto a su comportamiento, pero para el año 2018 los valores de esta variable se incrementaron.

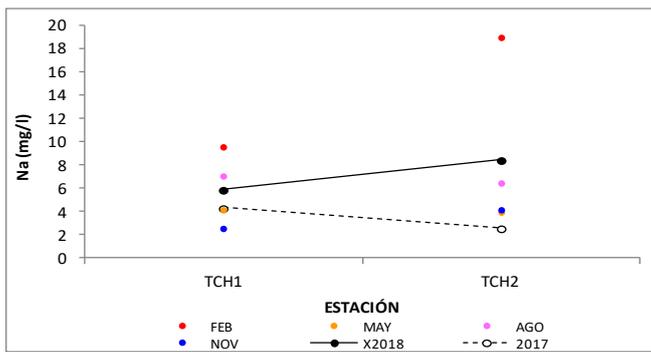


Figura 78. Variación de la concentración de sodio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

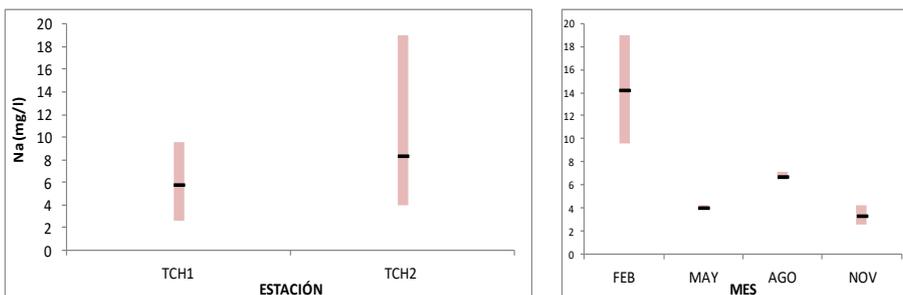


Figura 79. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.5 Potasio

Los valores del potasio presentaron un promedio de 1,68 mg/l, con un valor máximo de 2,80 mg/l y un mínimo de 1,10 mg/l (Figuras 80 y 81). Se obtuvieron los valores más altos en la época de verano y los más bajos otoño-invierno, si bien la línea de tendencia de promedios varía levemente se ha incrementado para el año 2018.

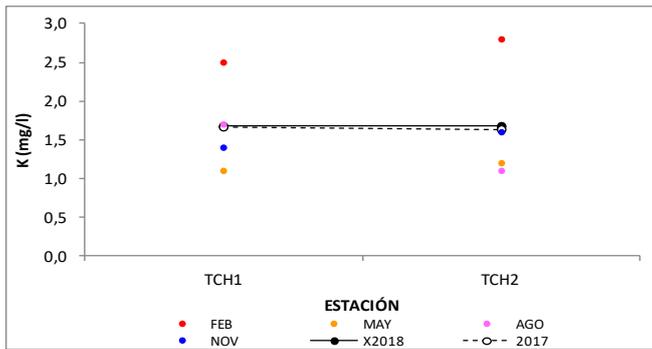


Figura 80. Variación de la concentración de potasio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

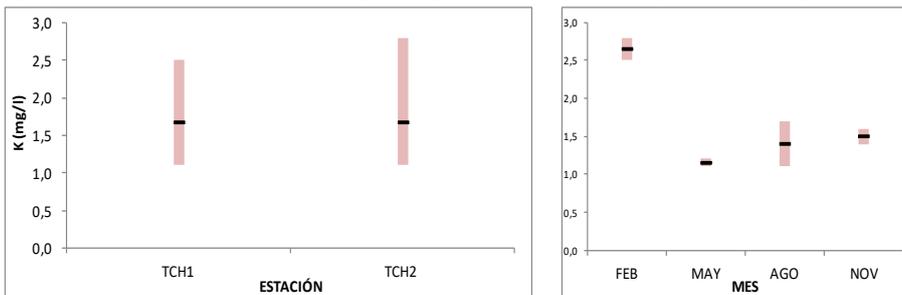


Figura 81. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.6 Alcalinidad

Los valores de alcalinidad presentaron un promedio de 68 mg CaCO₃/l, con un valor máximo de 104 mg CaCO₃/l y un mínimo de 40 mg CaCO₃/l (Figuras 82 y 83). Los valores más altos para esta variable se dieron en la estación de monitoreo más cercana a la ciudad de Tacuarembó y la línea de tendencia de los promedios baja hacia la cuenca baja del río Tacuarembó chico.

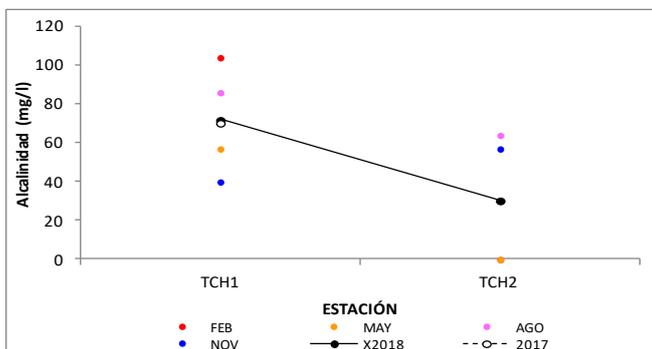


Figura 82. Variación de la concentración de CaCO₃/l, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

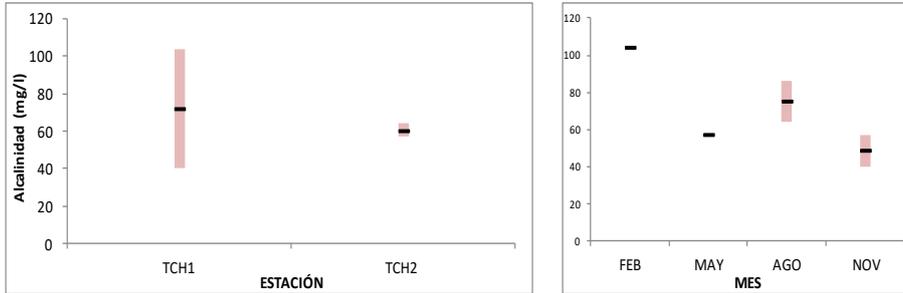


Figura 83. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.7 Sólidos totales

El valor promedio fue 160 mg/l, el máximo 200 mg/l y el mínimo 130 mg/l. Las líneas de tendencia de promedios de esta variable para los años 2017 y para el 2018 se cruzan lo que demuestra un comportamiento bastante desigual, siendo un año de mayor a menos y para el otro año al revés de menor a mayor (Figuras 84 y 85).

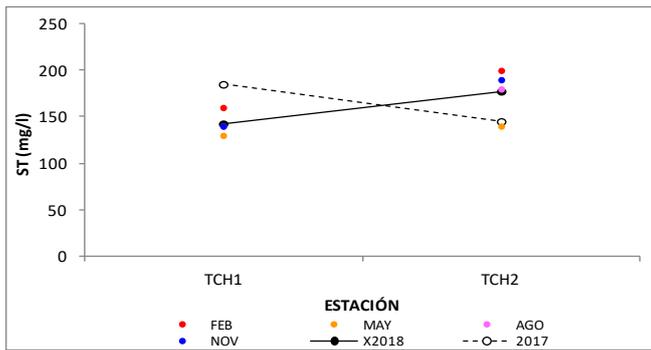


Figura 84. Variación de la concentración de sólidos totales, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

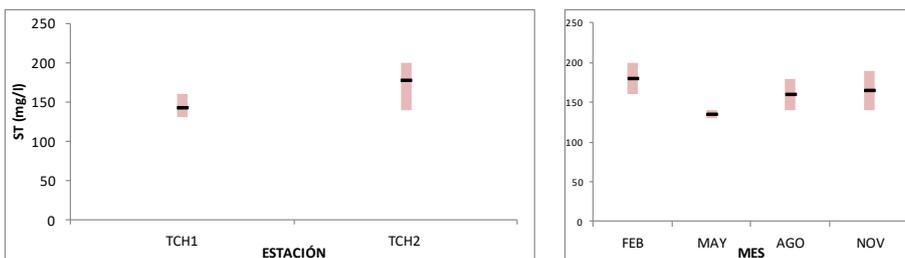


Figura 85. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.8 Sólidos totales fijos

El valor promedio fue 91 mg/l, el valor máximo 130 mg/l y el mínimo 59 mg/l (Figuras 86 y 87). Las líneas de tendencia de promedios de esta variable para los años 2017 y para el 2018 se cruzan lo que demuestra un

comportamiento bastante desigual, siendo un año de mayor a menos y para el otro año al revés de menor a mayor.

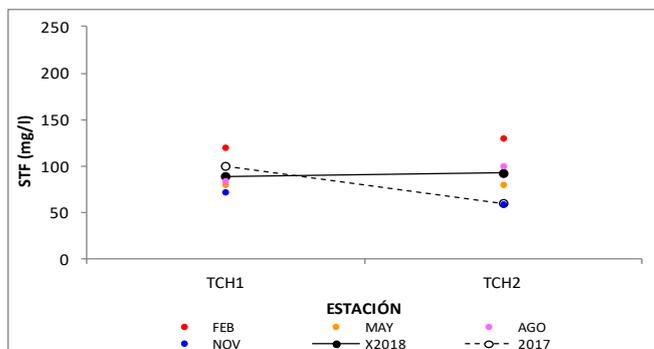


Figura 86. Variación de la concentración de sólidos totales fijos, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

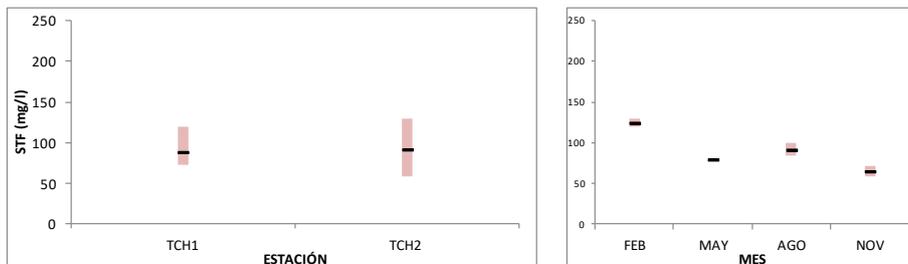


Figura 87. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.9 Sólidos totales volátiles

El valor promedio fue 69 mg/l, el máximo 130 mg/l y el mínimo 40 mg/l. Las líneas de tendencia para los promedios de esta variable son bien diferentes con un comportamiento constante en el año 2017 y en el 2018 el comportamiento vario de menor a mayor de la estación de monitoreo TCH1 aumento hacia la estación de monitoreo TCH2. (Figuras 88 y 89)

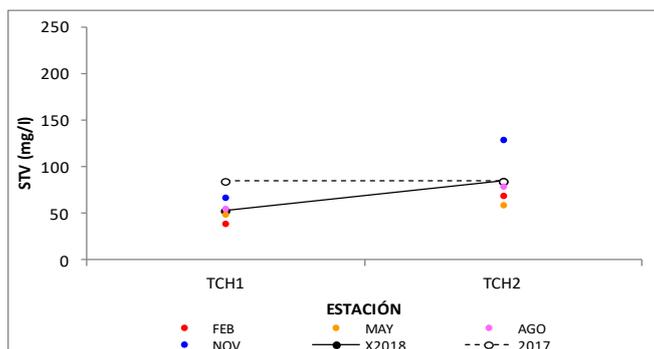


Figura 88. Variación de la concentración de sólidos totales volátiles, por estación de monitoreo, totales volátiles, promedios 2017 y 2018.

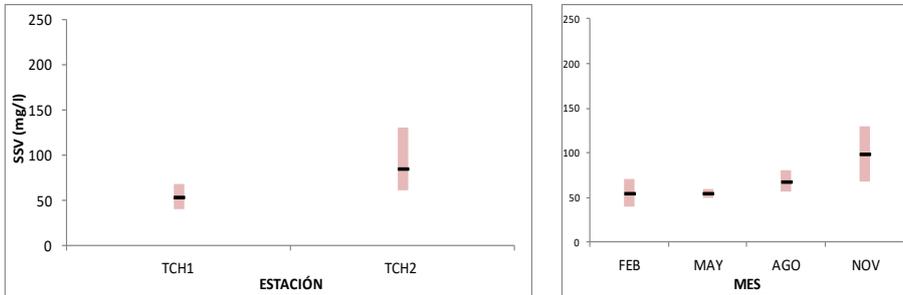


Figura 89. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.10 Sólidos suspendidos totales

Para esta variable el promedio fue 13 mg/l, el máximo 31 mg/l y el mínimo 6 mg/l. Si bien las líneas de tendencia de los promedios se cruzan en comportamientos que varían del año 2017 al 2018 esta variación se mantiene siendo los valores altos en la estación de monitoreo cerca de la ciudad de Tacuarembó y disminuyendo hacia la cuenca baja del río Tacuarembó chico (Figuras 90 y 91).

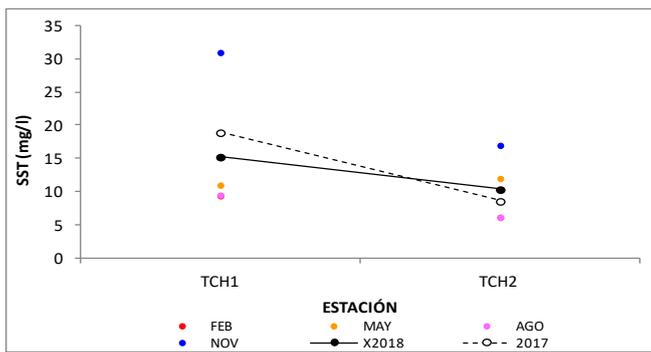


Figura 90. Variación de la concentración de sólidos suspendidos totales, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

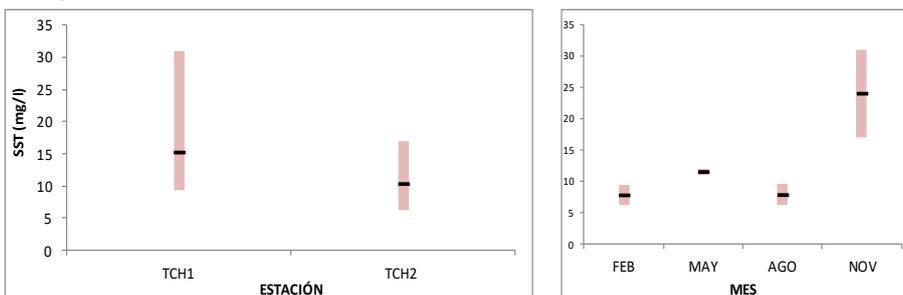


Figura 91. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.11 Turbiedad

Para esta variable el promedio fue 21,4 NTU, el máximo 45,4 NTU y el mínimo 9,76 NTU. Todos los valores cumplen con la normativa vigente. Las líneas de tendencia de los promedios se comportan de manera diferente para el año 2017 la misma va en aumento desde la estación de monitoreo cercana a la ciudad de Tacuarembó hacia la estación de monitoreo en la cuenca baja del río Tacuarembó chico. Y para el año 2018 la línea de tendencia es inversa que la del 2017 (Figuras 92 y 93).

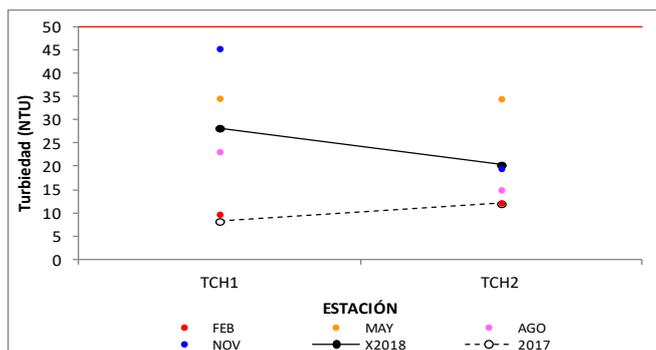


Figura 92. Variación de los niveles de turbiedad, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

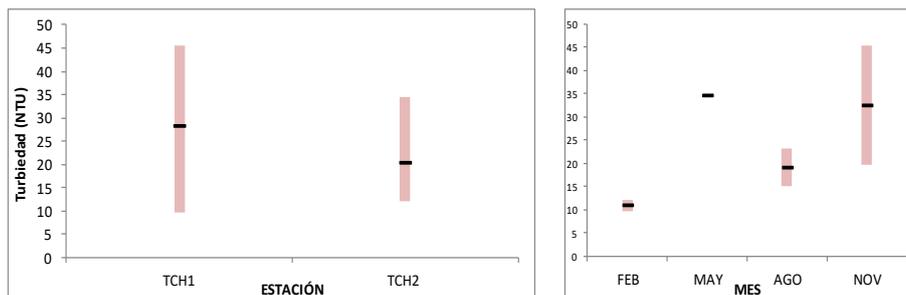


Figura 93. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.12 Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

El valor promedio fue 2,7 mg/l, el máximo 4,3 mg/l y el mínimo 1,5 mg/l (Figuras 94 y 95). Los valores más altos se dan en la estación de monitoreo cercana a la ciudad de Tacuarembó, descendiendo los mismos hacia la cuenca baja del río Tacuarembó chico. Los resultados se encuentran dentro de lo estipulado por del decreto 253/79 y modificativos, así como en el documento gesta agua.

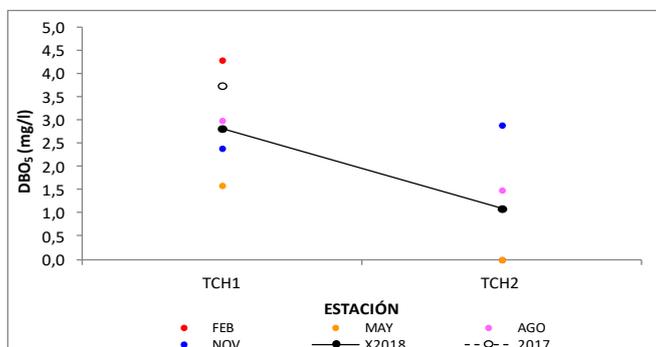


Figura 94. Variación de la concentración de la demanda biológica de oxígeno, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

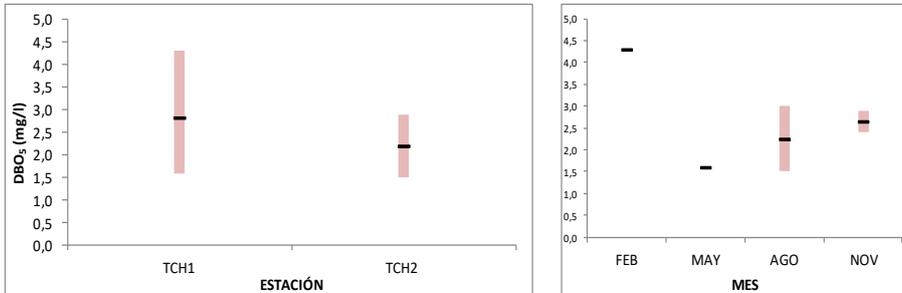


Figura 95. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.13 Demanda química de oxígeno (DQO)

El valor promedio fue 24 mg/l, el máximo 43 mg/l y el mínimo 7 mg/l (Figuras 96 y 97). Los valores más elevados se dan en la estación aguas debajo de la ciudad de Tacuarembó, descendiendo hacia la estación de monitoreo en ubicada en la cuenca baja del río Tacuarembó chico.

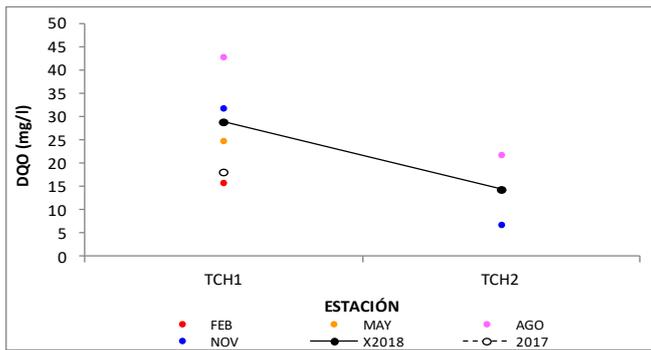


Figura 96. Variación de la concentración de la demanda química de oxígeno, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

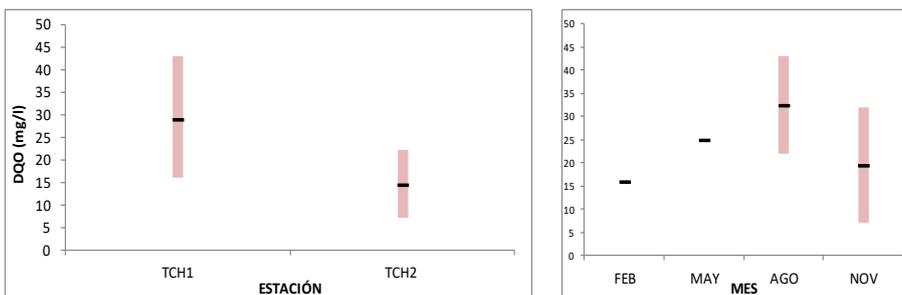


Figura 97. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.14 Fósforo total

El valor promedio fue 150 µg/l, el máximo 300 µg/l y el mínimo 97 µg/l (Figuras 98 y 99). Los valores de fósforo total no cumplen con los límites establecidos por el decreto 253/79 y modificativos (i.e. 25 µg/l). El valor más

alto para esta variable se obtuvo en la estación de monitoreo TCH2, en la cuenca baja del río Tacuarembó chico. Para el año 2018 los valores de fósforo han aumentado en referencia al 2017.

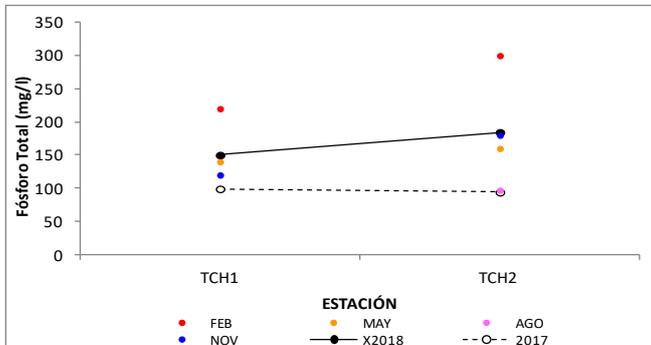


Figura 98. Variación del fósforo total, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

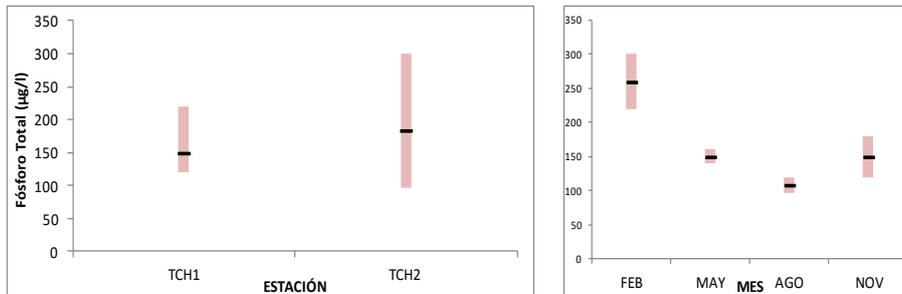


Figura 99. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.15 Fósforo reactivo soluble

El valor promedio fue 68 µg/l, el máximo 290 µg/l y el mínimo 4 µg/l (Figuras 100 y 101). Se observa gran disponibilidad de este nutriente en la zona de estudio, pudiendo potencialmente promover el crecimiento de plantas y algas. Asimismo los valores promedio del año 2018 son mayores que los del 2017.

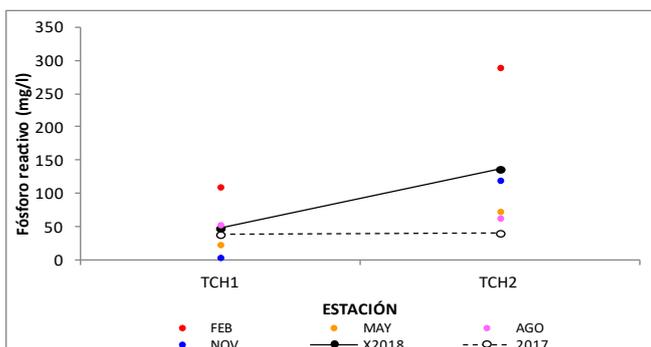


Figura 100. Variación del fósforo reactivo soluble, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

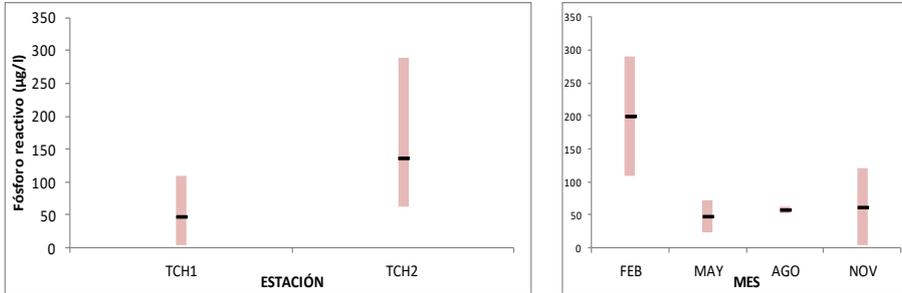


Figura 101. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.16 Nitrógeno Total

El valor promedio fue 1,45 mg/l, el máximo 2,10 mg/l y el mínimo 0,95 mg/l (Figuras 102 y 103). Las líneas de los valores promedios difieren en sus respectivas tendencias siendo los valores del año 2018 constantes y para el 2017 varía de menor a mayor. Habiendo aumentado los valores de nitrógeno.

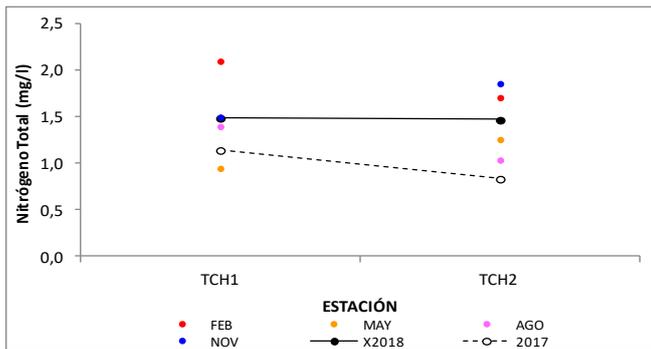


Figura 102. Variación de la concentración de nitrógeno total, por estación de monitoreo, promedios 2017 y

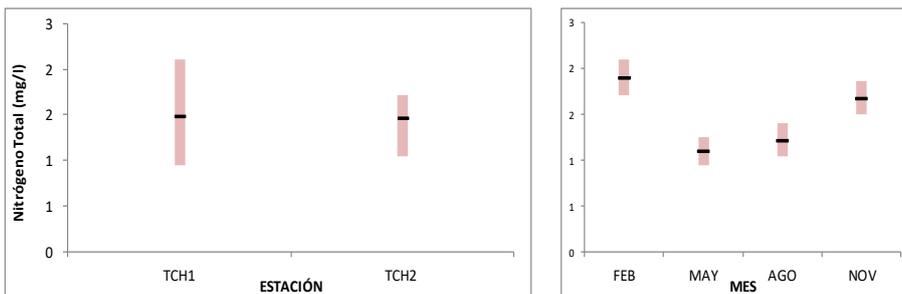


Figura 103. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.17 Nitrógeno amoniacal

El valor promedio fue 0,07 mg/l, el máximo 0,73 mg/l y el mínimo 0,03 mg/l (Figuras 104 y 105). Si comparamos esta variable con los límites estipulados en el documento Gesta Agua V 12-2014, los valores obtenidos

cumplen, exceptuando un valor. Las líneas de promedios de los años 2018 y 2017 son casi similares lo que demuestra un comportamiento similar para los dos años.

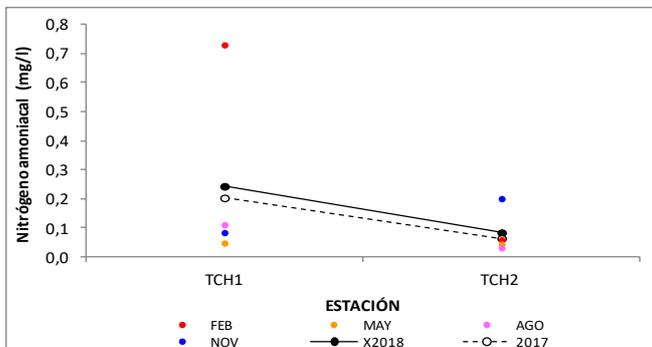


Figura 104. Variación de nitrógeno amoniacal, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

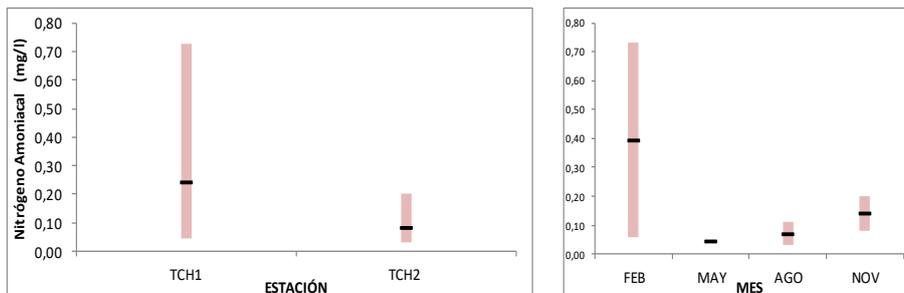


Figura 105. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.18 Amoniaco

El valor promedio fue 0,0018 mg/l, el máximo 0,0198 mg/l y el mínimo 0,00005 mg/l (Figuras 106 y 107), si bien la serie de datos en el mes de febrero estuvo casi al límite de lo estipulado en el decreto 253/79 y modificativos, todos los valores cumplen con este decreto. La línea de tendencia de los promedios anuales fue mayor para el año 2018 que para el 2017.

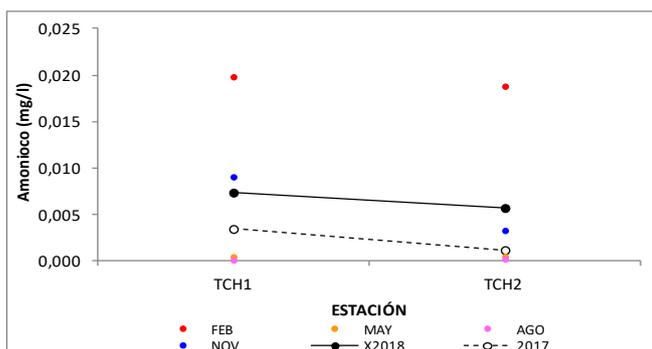


Figura 106. Variación de amoníaco, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

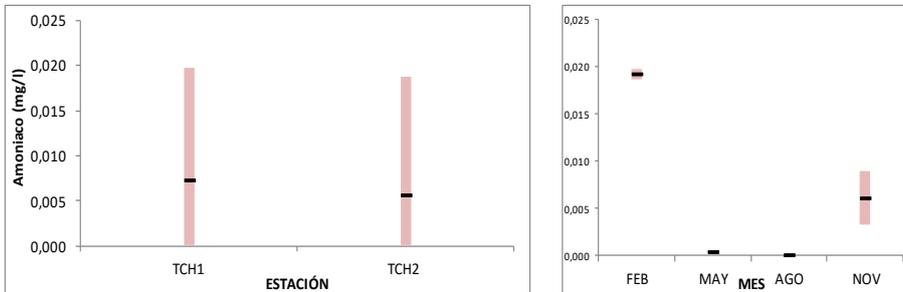


Figura 107. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.19 Nitrito

El valor promedio fue 0,016 mg/l, el máximo 0,045 mg/l y el mínimo 0,031 mg/l (Figuras 108 y 109). La amplitud más variada de datos se dio en la de monitoreo que se encuentra aguas debajo de la ciudad de Tacuarembó. Los resultados cumplen con lo estipulado en el documento de gesta agua.

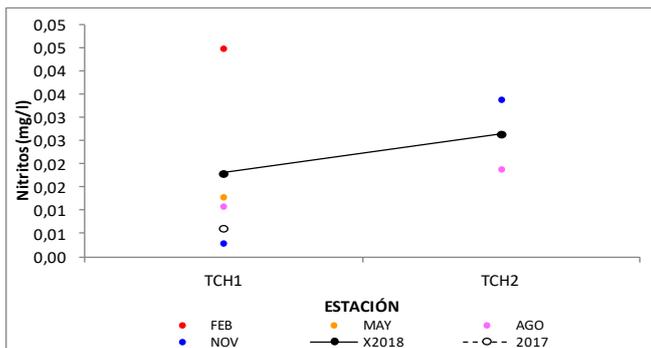


Figura 108. Variación de nitrito, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

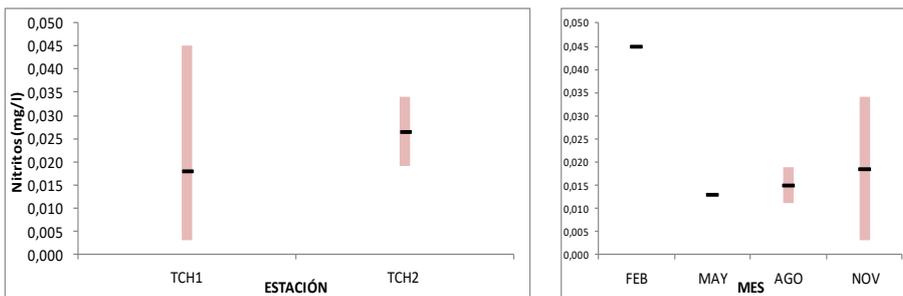


Figura 109. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.20 Nitrate

El valor promedio fue 0,3 mg/l, el máximo 0,51 mg/l y el mínimo 0,03 mg/l (Figuras 110 y 111). Los resultados cumplen con lo estipulado en el decreto 253/79 y modificativos, y en referencia a lo estipulado en el documento Gesta Agua V 12-2014, existe solo un valor por encima de este documento, en cuanto a los valores

promedios existe un comportamiento desigual de los mismos siendo de mayor a menor para el año 2018 y a la inversa para el 2017.

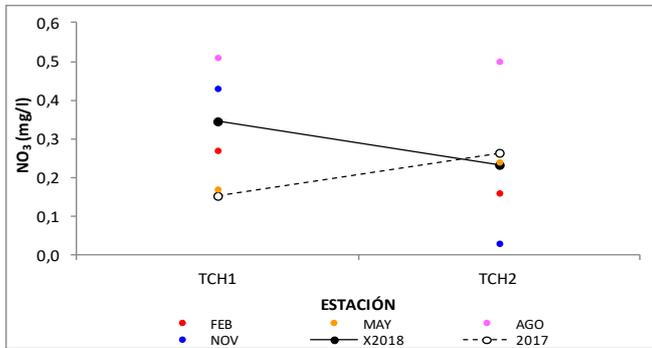


Figura 110. Variación de nitrato, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

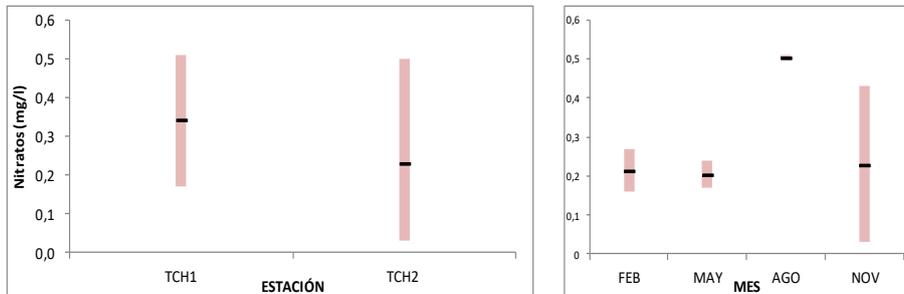


Figura 111. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.21 Clorofila α

El valor promedio fue 1,5 $\mu\text{g/l}$, el máximo 4,7 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 0,7 $\mu\text{g/l}$ (Figuras 112 y 113). Las líneas tendencia de los promedios para el año 2018 descienden desde la estación de monitoreo aguas debajo de la ciudad de Tacuarembó hacia la estación de monitoreo ubicada en la cuenca baja del río Tacuarembó chico.

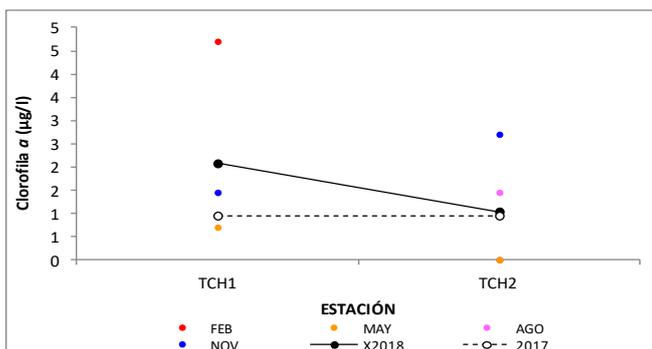


Figura 112. Variación de clorofila α , por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

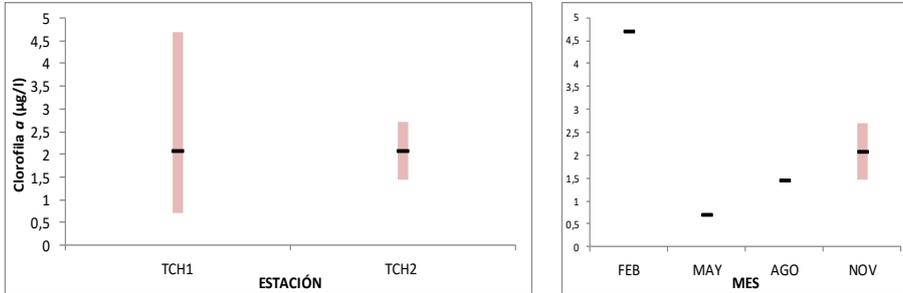


Figura 113. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.22 Sustancias fenólicas

El valor promedio fue 3,2 µg/l, el máximo 8,9 µg/l y el mínimo 1,6 µg/l (Figuras 114 y 115). 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, exceptuando un solo valor que se dio en la época de otoño. El valor más alto registrado para esta variable se observó en la estación de monitoreo TCH2, en la estación de monitoreo de la cuenca baja del río Tacuarembó chico. Si bien las líneas de tendencia de cada año son diferentes estas aumentan hacia la cuenca baja.

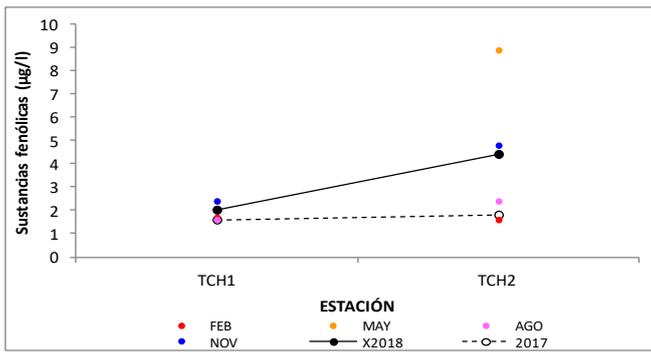


Figura 114. Variación de sustancias fenólicas, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

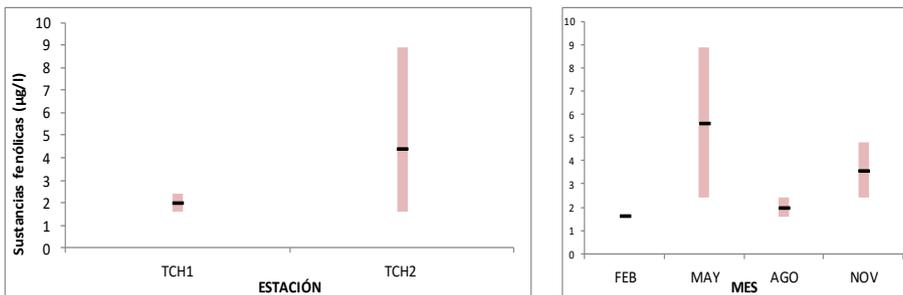


Figura 115. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.2.2.23 Relación de Adsorción de Sodio (RAS)

El valor promedio fue 0,4, el máximo 0,8 y el mínimo 0,2 (Figuras 116 y 117), todos los valores se encuentran dentro de lo estipulado en el documento de gesta agua, por lo que se puede afirmar que estas aguas son aptas para riego no provocando agregado de sal al suelo, en lo que refiere a este índice.

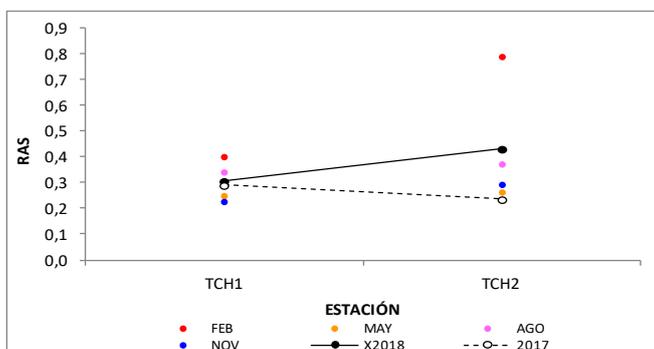


Figura 116. Variación de la relación de adsorción de sodio, por estación, promedios 2017 y 2018.

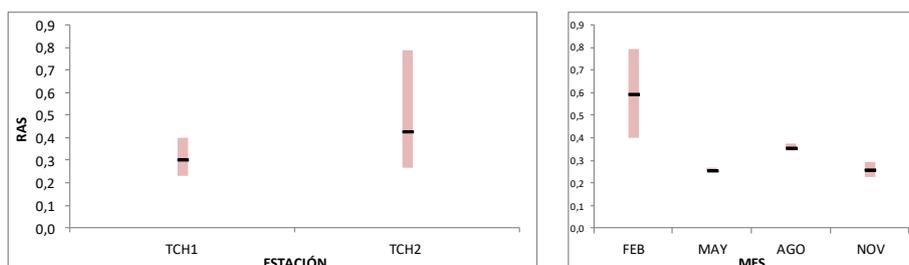


Figura 117. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

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. Por lo cual estamos ante una buena señal de salud de la subcuenca del río Tacuarembó chico en referencia a estas variables.

3.3 Cuenca del arroyo Cuñapirú

3.3.1 Parámetros de medición *in situ*

3.3.1.1 Temperatura

La temperatura presenta una distribución relativamente homogénea entre las estaciones. En la cuenca, el rango de variación de la temperatura va desde 28,6 °C de máxima a 10,3 °C de mínima, con un promedio total de 20 °C (Figuras 118 y 119). Los valores de esta variable no presentaron apartamientos de factores climáticos. Registrando su máxima en la estación de monitoreo CU3.

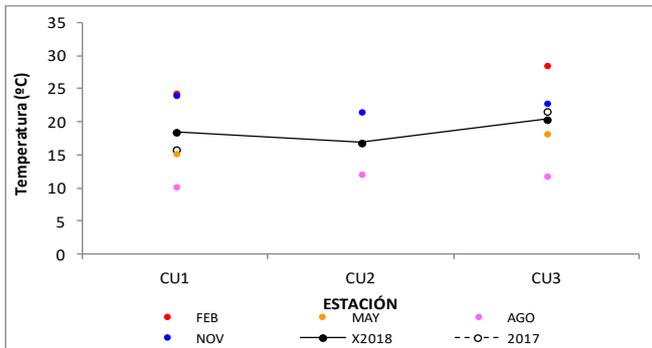


Figura 118. Variación de la temperatura del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

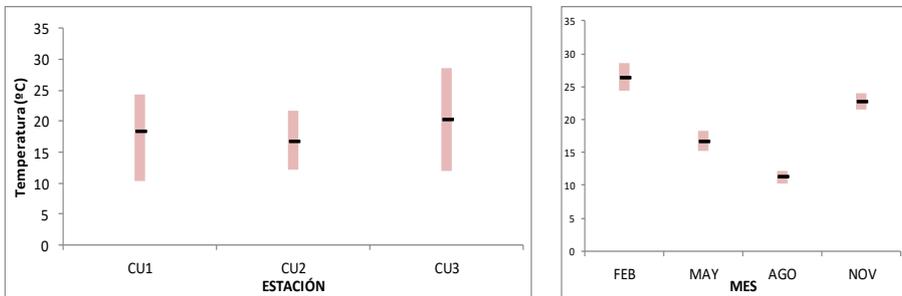


Figura 119. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.1.2 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 273,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 49,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente (Figuras 120 y 121). La variación máxima de conductividad se dio en la estación de monitoreo CU1 que se encuentra ubicada en la ciudad de Rivera.

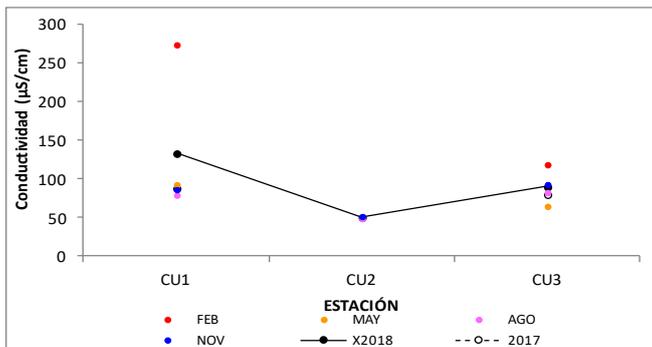


Figura 120. Variación de la conductividad del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

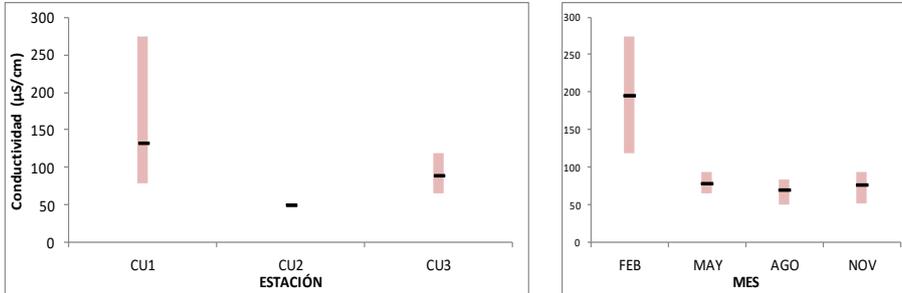


Figura 121. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.1.3 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 7,47 con un máximo de 8,06 y un mínimo de 6,76. El valor más alto se observó en la estación de monitoreo CU3 (Figura 65).

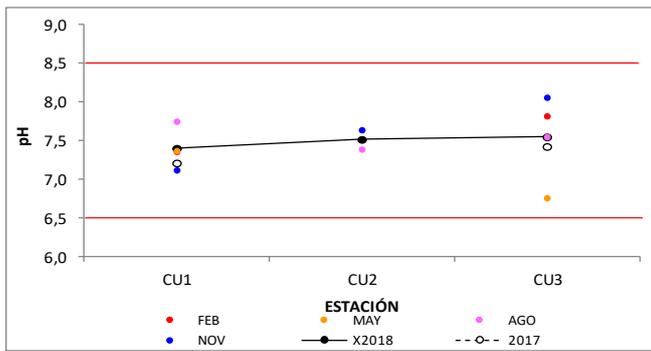


Figura 122. Variación del pH del agua por estaciones de monitoreo, , promedios 2017 y 2018.

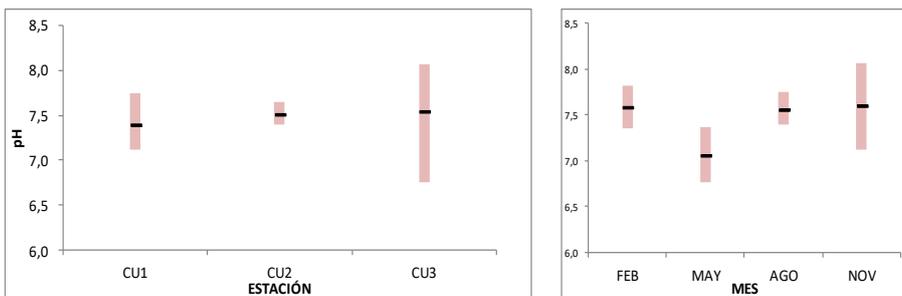


Figura 123. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.1.4 Oxígeno disuelto

Las estaciones de monitoreo presentan un valor promedio de 8,31 mg/l, un máximo de 10,63 mg/l y un mínimo de 4,38 mg/l (Figuras 124 y 125). Todos los valores registrados excepto uno cumplen con el decreto 253/79 y modificativos, para Clase 3, que establece un valor mínimo de 5.0 mg/l. siendo este en la estación de monitoreo de la ciudad de Rivera.

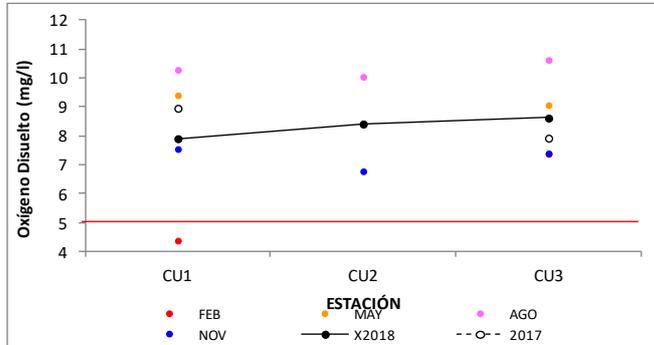


Figura 124. Variación del oxígeno disuelto en el agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

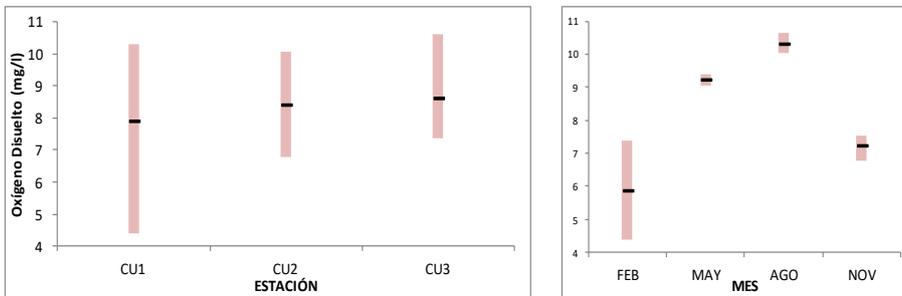


Figura 125. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2 Resultados analíticos

3.3.2.1 Coliformes termotolerantes

El promedio de coliformes termotolerantes fue de 80 UFC/ 100 ml, con un máximo de 2500 UFC/ 100 ml y un mínimo de 10 UFC/ 100 ml. Los datos analíticos indican que la estación de monitoreo CU3 cumple en todas las campañas con el decreto 253/79 y modificativos, así como con el documento de gesta agua. Lo mismo para la estación de monitoreo CU2. Lo contrario sucede con la estación CU1 que tiene un valor por encima del decreto 253/79 y modificativos y dos valores por sobre el documento de gesta agua solamente cumplen 2 valores con el límite de 1000 UFC/ 100 ml es decir el 50% de los datos, cabe resaltar que si bien estos datos cumple están muy cercanos al valor del límite del documento gesta agua, asimismo se informa que esta es una estación de monitoreo de impacto de la ciudad de Rivera sobre el arroyo Cuñapirú (Figuras 126 y 127).

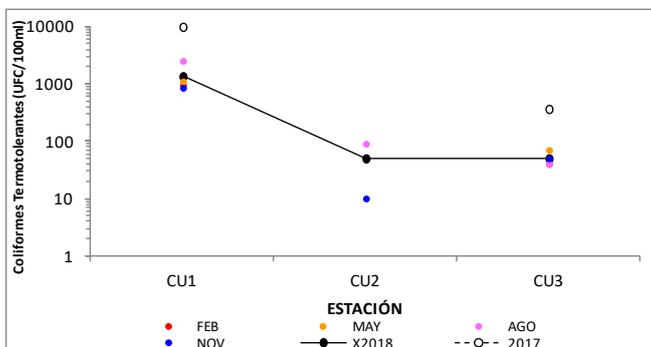


Figura 126. Variación de los coliformes termotolerantes, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

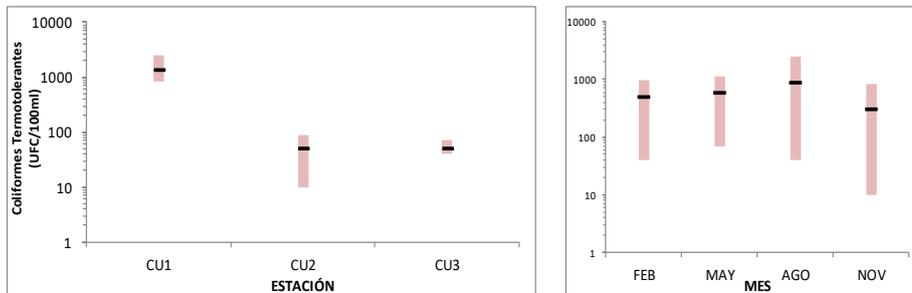


Figura 127. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.2 Calcio

La concentración de calcio presentó un promedio de 8 mg/l, un máximo de 25 mg/l y un mínimo de 1,8 mg/l (Figuras 128 y 129). El rango de valores más amplio se observaron en la estación de monitoreo CU1 ubicada dentro de la ciudad de Rivera. La estación CU3 mostró valores inferiores.

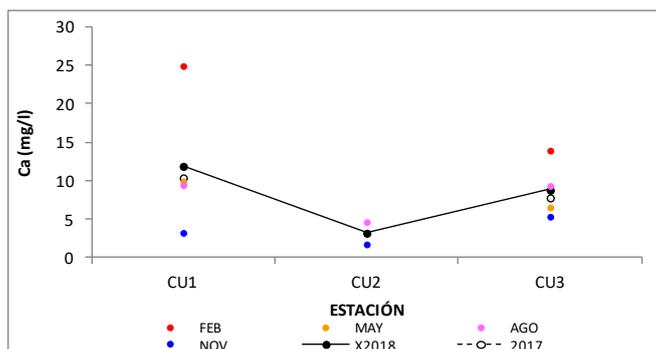


Figura 128. Variación del Calcio del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

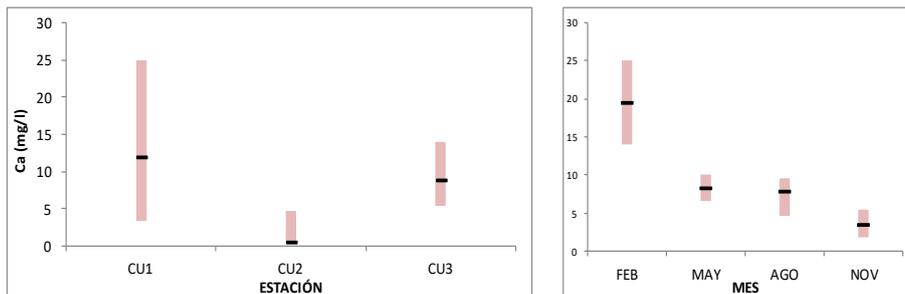


Figura 129. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.3 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 (Figuras 130 y 131). 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).

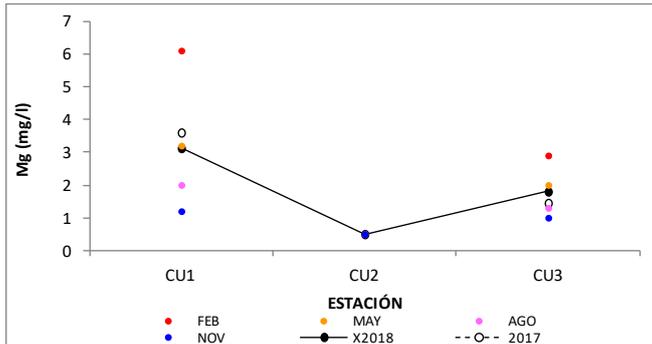


Figura 130. Variación del magnesio del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

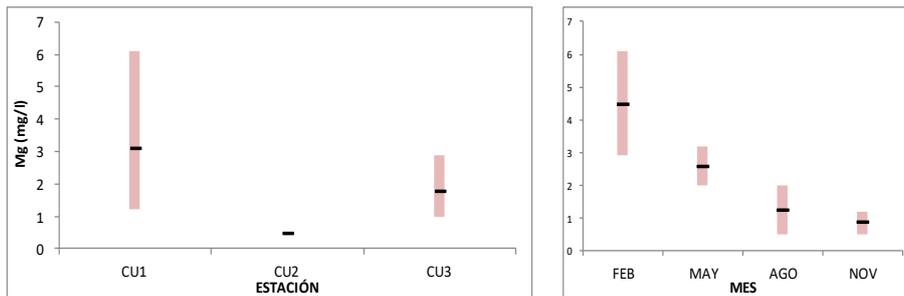


Figura 131. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.4 Sodio

Este ion presentó un valor máximo de 13 mg/l, un mínimo de 2 mg/l y un promedio de 4,7 mg/l (Figuras 132 y 133) es interesante el comportamiento de este ion ya que en las estaciones de la cuenca alta y baja tiene mayor amplitud en cuanto a sus valores y disminuye hacia la cuenca media del arroyo Cuñapirú.

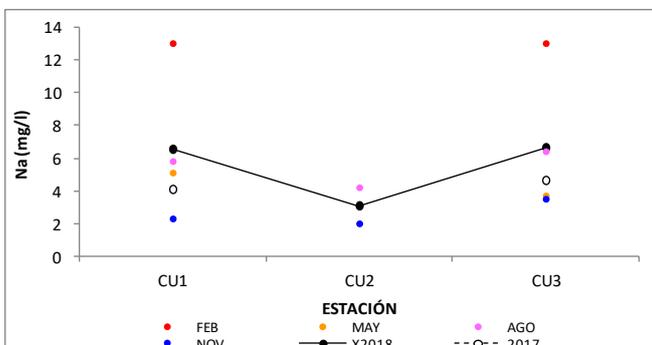


Figura 132. Variación del sodio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

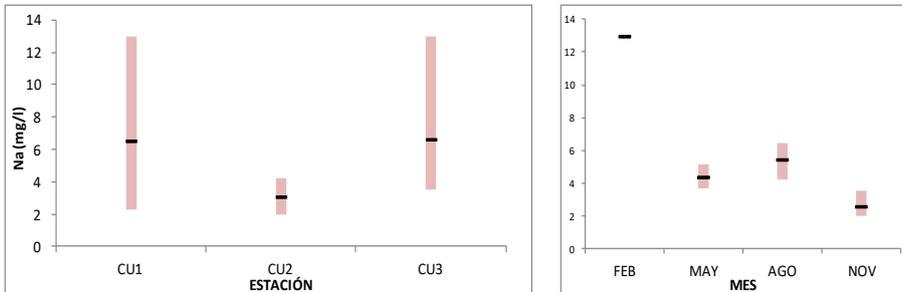


Figura 133. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.5 Potasio

Este ion presentó un valor máximo de 3,5 mg/l, un mínimo de 0,93 mg/l y un promedio de 1,8 mg/l (Figuras 134 y 135). La mayor amplitud de valores se dio en la estación de monitoreo CU1, para la estación de monitoreo CU3 también se registró bastante variación de amplitud de valores pero de menor cuantía que la CU1 y para la estación de monitoreo CU2 la amplitud fue muchísimo menor que el de las dos estaciones antedichas.

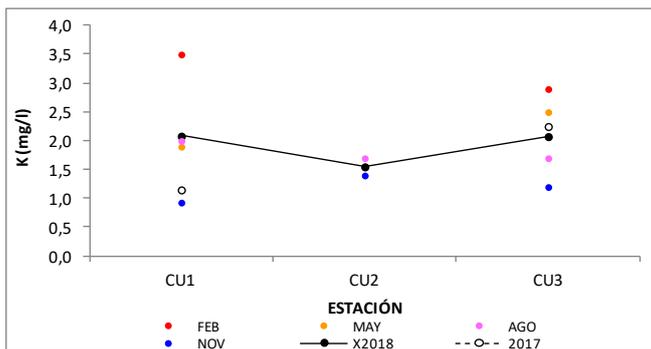


Figura 134. Variación del potasio, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

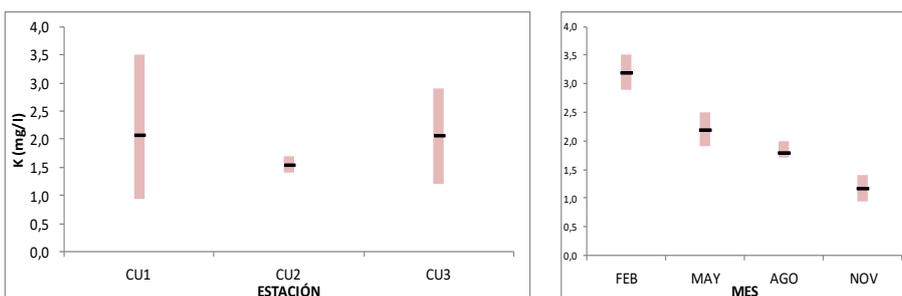


Figura 135. Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.6 Alcalinidad

Los valores de alcalinidad presentaron un promedio de 36,5 mg CaCO₃/l, con máximo de 85 mg CaCO₃/l y un mínimo de 18 mg CaCO₃/l (Figuras 136 y 137). El comportamiento de esta variable en cuanto a su amplitud de valores se da en su mayor expresión en la estación de monitoreo CU1 en la ciudad de Rivera, bajando para la estación de la cuenca media y nuevamente subiendo para la estación de monitoreo que se encuentra en la cuenca baja del arroyo Cuñapirú. Estos valores de alcalinidad indican que el agua de estas estaciones es levemente dura.

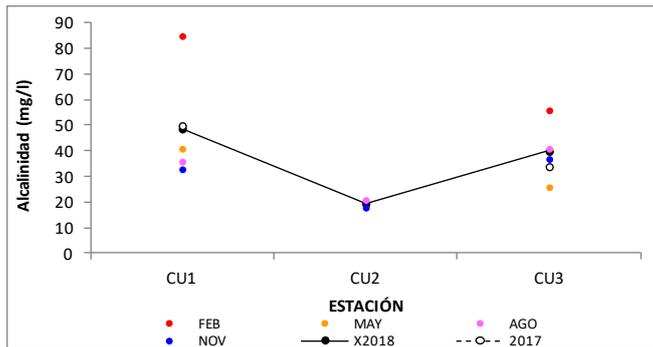


Figura 136. Variación de la alcalinidad total del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

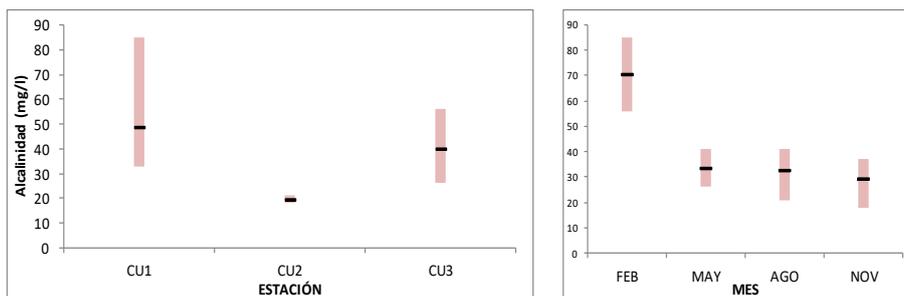


Figura 137. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.7 Sólidos totales

El valor promedio fue de 140 mg/l, el máximo 190 mg/l y el mínimo 88 mg/l (Figuras 138 y 139). El comportamiento de esta variable en la cuenca varía de mayor a menor y de menor a mayor, siendo la cuenca alta y la cuenca baja los aportes mayoritarios en cuanto a sólidos totales.

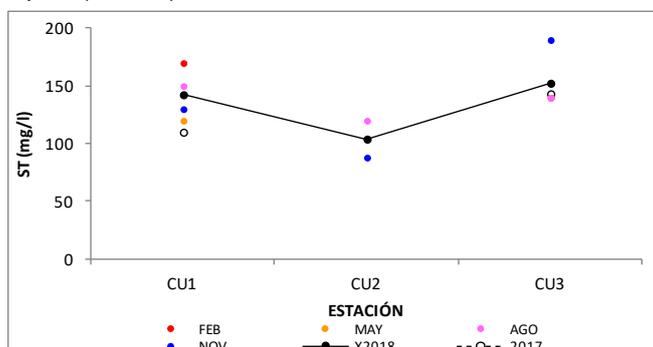


Figura 138. Variación de los sólidos totales del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

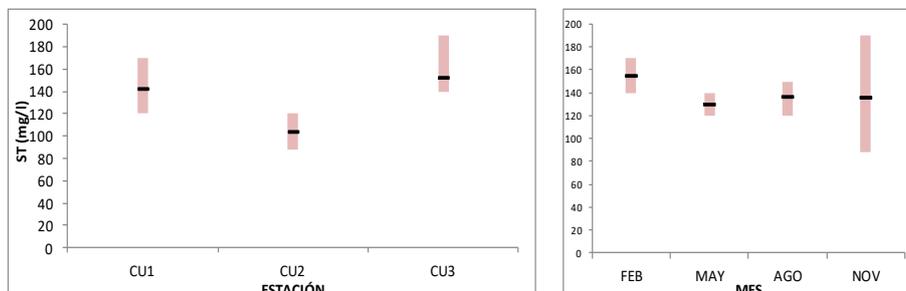


Figura 139. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.8 Sólidos totales fijos

El valor promedio fue de 68 mg/l, el máximo 120 mg/l, el mínimo 20 mg/l (Figuras 140 y 141). El comportamiento de esta variable en la cuenca varía de mayor a menor y de menor a mayor, siendo la cuenca alta y la cuenca baja los aportes mayoritarios en cuanto a sólidos totales fijos.

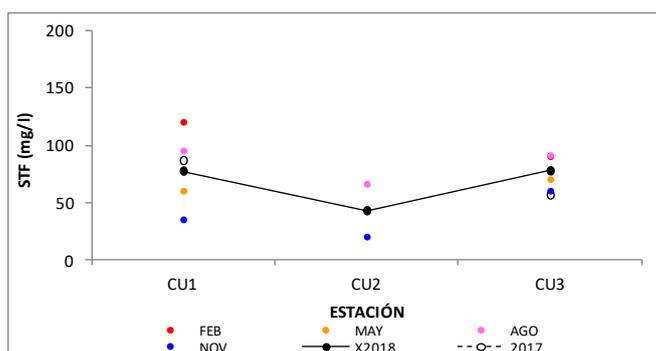


Figura 140. Variación de los sólidos totales fijos del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

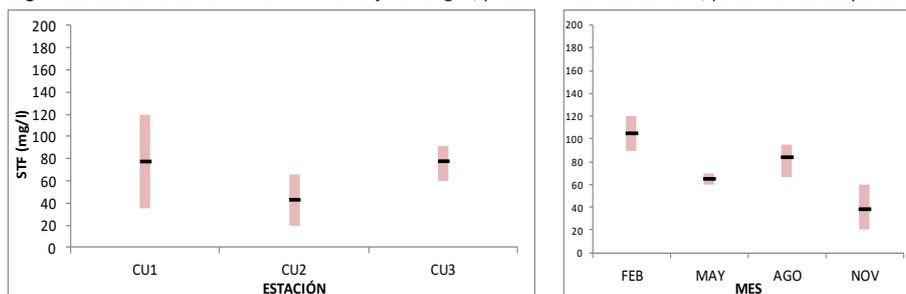


Figura 141. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.9 Sólidos totales volátiles

El valor promedio fue de 58 mg/l, el máximo 130 mg/l y el mínimo 49 mg/l (Figuras 142 y 143). El comportamiento de esta variable en la cuenca varía relativamente poco siendo la línea de promedios en la cuenca alta y en la cuenca media casi idénticos, se nota un leve aumento hacia la cuenca baja del arroyo Cuñapirú.

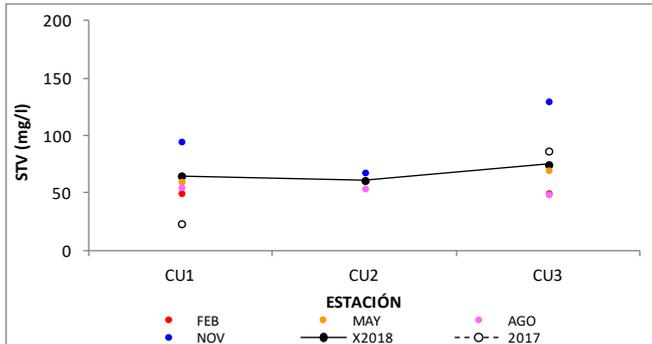


Figura 142. Variación de los sólidos totales volátiles del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

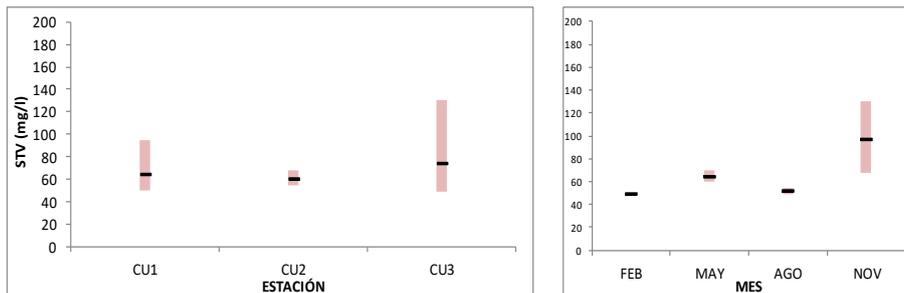


Figura 143. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.10 Sólidos suspendidos totales

El valor promedio fue de 11 mg/l, el máximo 31 mg/l y el mínimo 5 mg/l (Figuras 144 y 145). El comportamiento de esta variable en la cuenca varía de menor a mayor siendo los valores máximos obtenidos en la cuenca baja del arroyo Cuñapirú.

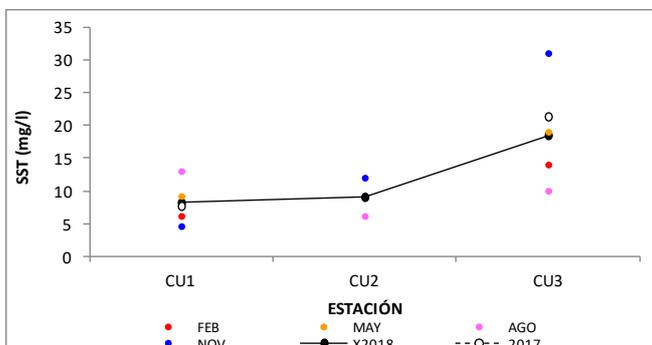


Figura 144. Variación de los sólidos suspendidos totales del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

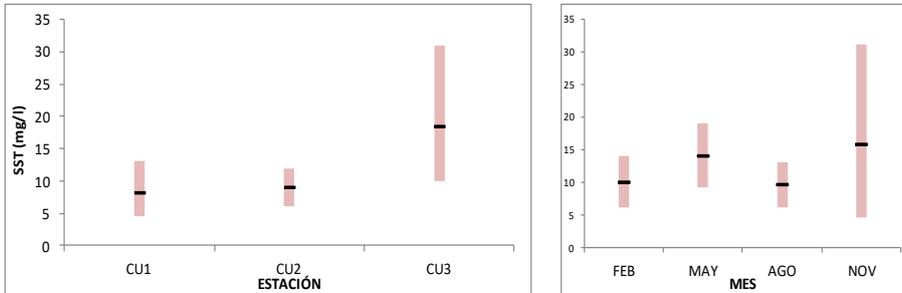


Figura 145. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.11 Turbiedad

El valor promedio fue 30,8 NTU, el máximo 40,7 NTU y el mínimo 8,88 NTU (Figura 146 y 147). Los datos obtenidos cumplen con lo estipulado dentro del decreto 253/79 y modificativos, así como con el documento de gesta agua.

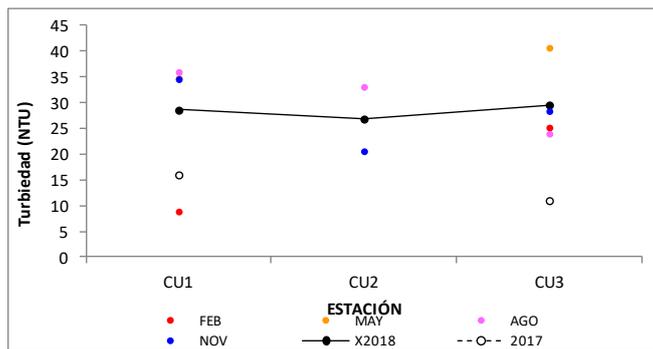


Figura 146. Variación de los niveles de turbiedad del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

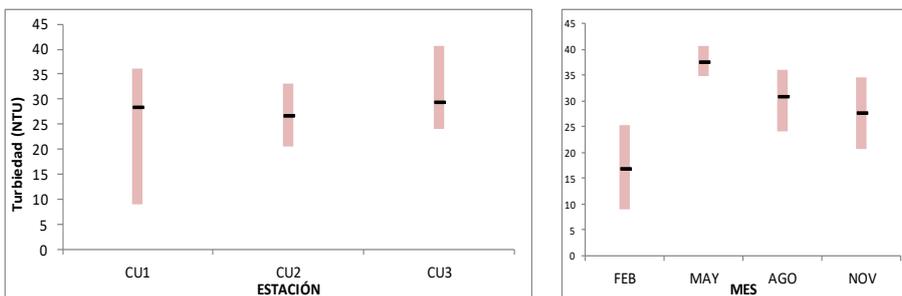


Figura 147. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.12 Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

El valor promedio fue 2,9 mg/l, el máximo 4,9 mg/l y el mínimo 0,86 mg/l (Figuras 148 y 149). Todos los datos analíticos obtenidos dan cumplimiento con lo estipulado en el decreto 253/79 y modificativos, así como con el documento de gesta agua.

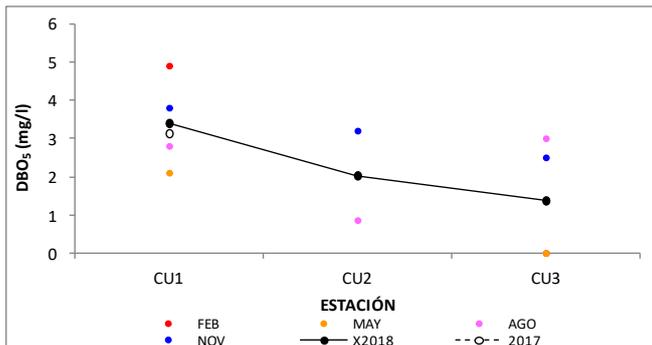


Figura 148. Variación de la DBO₅ del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

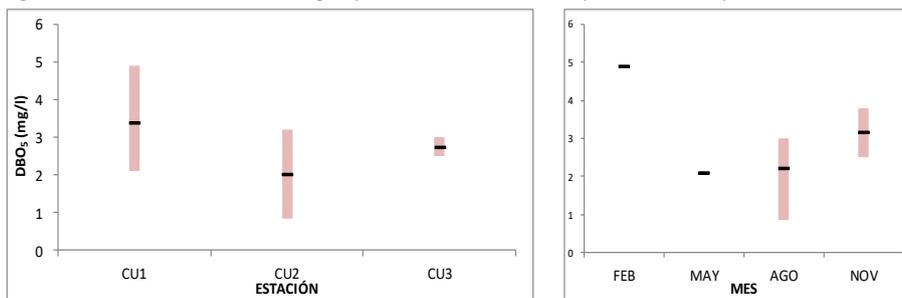


Figura 149. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.13 Demanda química de oxígeno (DQO)

El valor promedio fue 24 mg/l, el máximo 38 mg/l y el mínimo 7 mg/l (Figuras 150 y 151). Los datos obtenidos indican que los valores van aumentando hacia la estación de monitoreo de la cuenca media del arroyo Cuñapirú para luego descender hacia la cuenca baja.

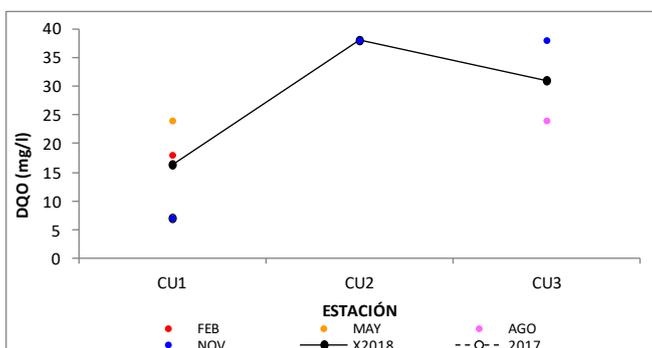


Figura 150. Variación de la DQO del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

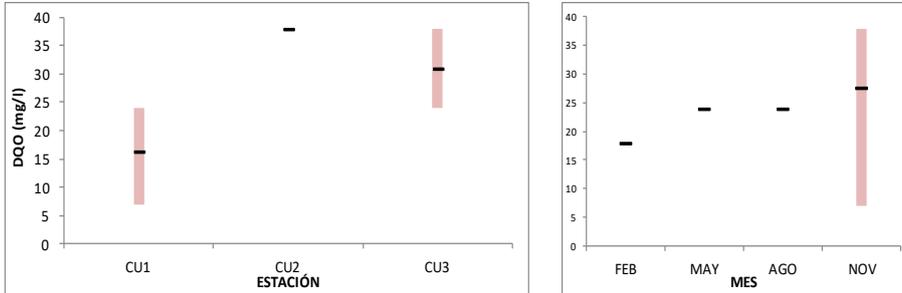


Figura 151. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.14 Fósforo total

El valor promedio fue 145 $\mu\text{g/l}$, el máximo 230 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 95 $\mu\text{g/l}$ (Figuras 152 y 153). Los valores de fósforo total no cumplen con los límites establecidos por el decreto 253/79 y modificativos (i.e. 25 $\mu\text{g/l}$). Ni con el documento de gesta agua, Los registros más altos se dieron en la estación de monitoreo CU1, en la ciudad de Rivera. La línea de promedios para esta variable desciende desde la cuenca alta del arroyo Cuñapirú hacia la cuenca baja.

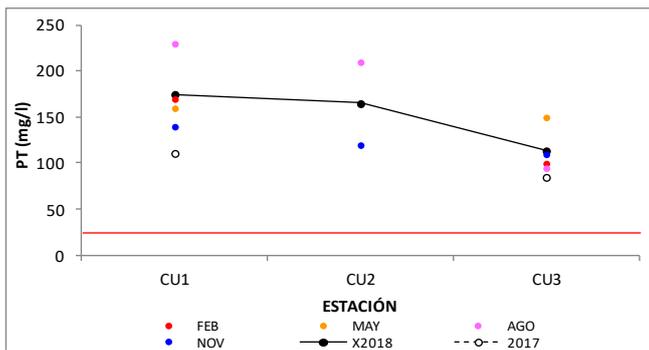


Figura 152. Variación del fósforo total del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

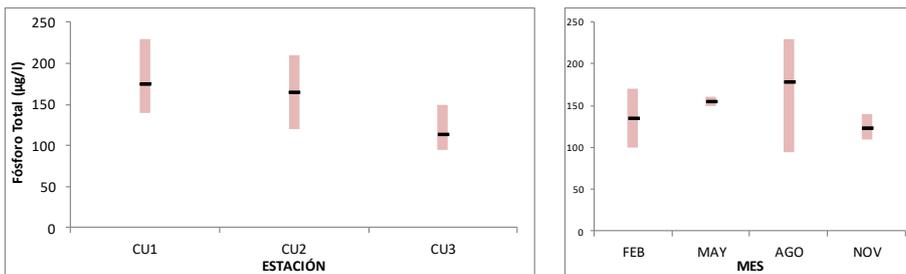


Figura 153. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.15 Fósforo reactivo soluble

El valor promedio fue 58,5 $\mu\text{g/l}$, el máximo 95 $\mu\text{g/l}$, el mínimo 38 $\mu\text{g/l}$ (Figuras 154 y 155). 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.

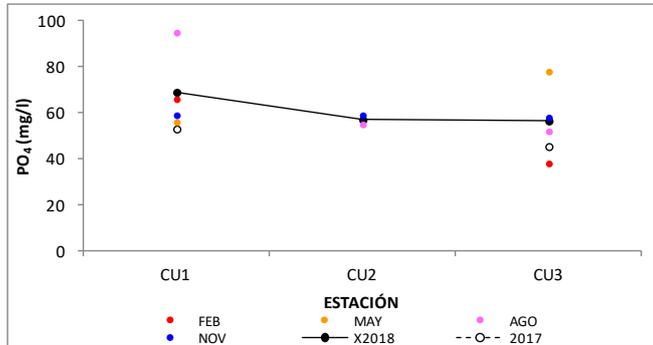


Figura 154. Variación del fósforo reactivo del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

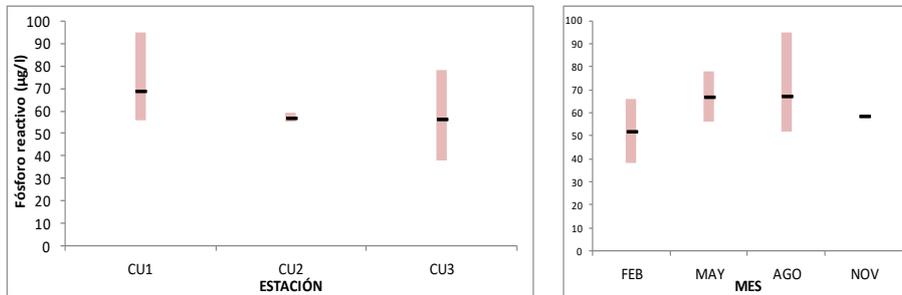


Figura 155. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.16 Nitrógeno total

El valor promedio fue 1,4 mg/l, el máximo 2,81 mg/l y el mínimo 1,17 mg/l (Figuras 156 y 157). 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 amplitud en su variabilidad.

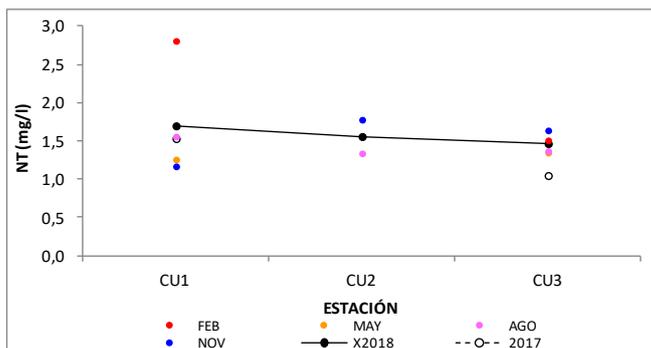


Figura 156. Variación del nitrógeno total del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

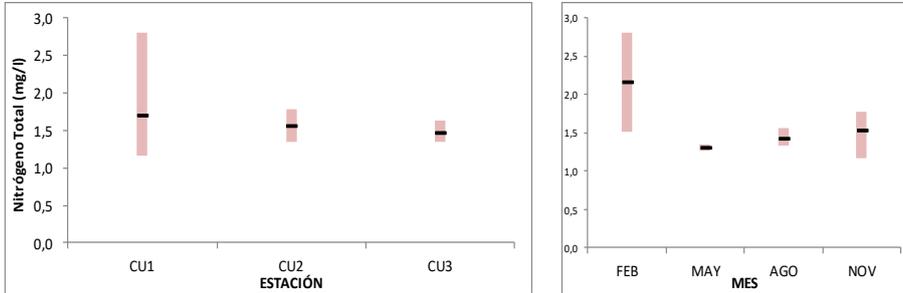


Figura 157. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.17 Nitrógeno amoniacal

El valor promedio fue 0,09 mg/l, el máximo 1,10 mg/l y el mínimo 0,033 mg/l (Figuras 158 y 159). Estos valores cumplen en su mayoría con los límites estipulados por el documento Gesta Agua V 12-2014, menos un valor puntual que se dio en la estación de monitoreo CU1 en la ciudad de Rivera. También se puede observar que los valores con más amplitud se dieron en esta estación de monitoreo.

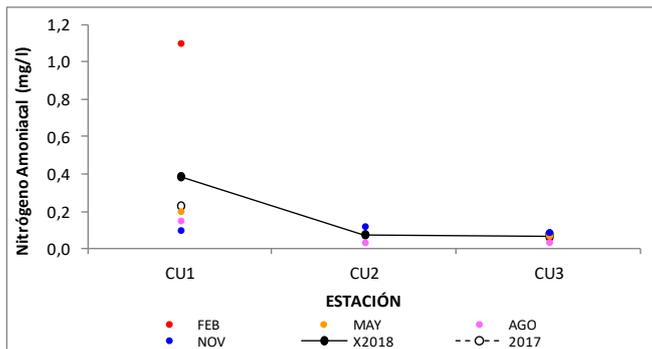


Figura 158. Variación del nitrógeno amoniacal del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

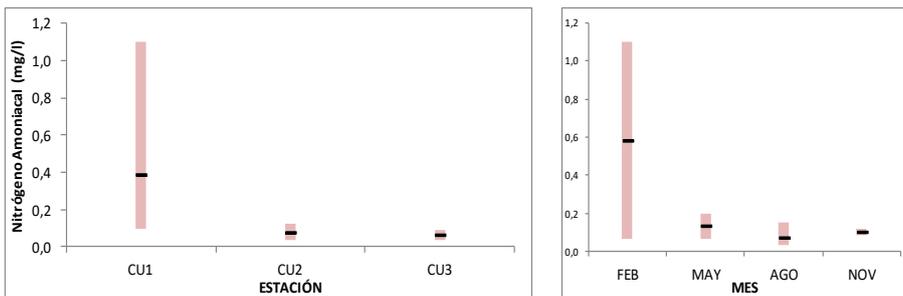


Figura 159. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.18 Amoniaco

El valor promedio fue 0,0015 mg/l, el máximo 0,0144 mg/l y el mínimo 0,0001 mg/l (Figuras 160 y 161). Estos valores cumplen en su mayoría con los límites estipulados por el decreto 253/79 y modificativos. También se puede observar que los valores con más amplitud se dieron en la estación de monitoreo CU1 la cual está ubicada en la ciudad de Rivera.

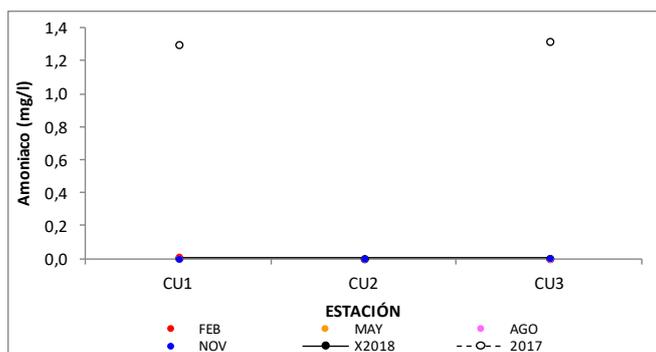


Figura 160. Variación del amoníaco del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

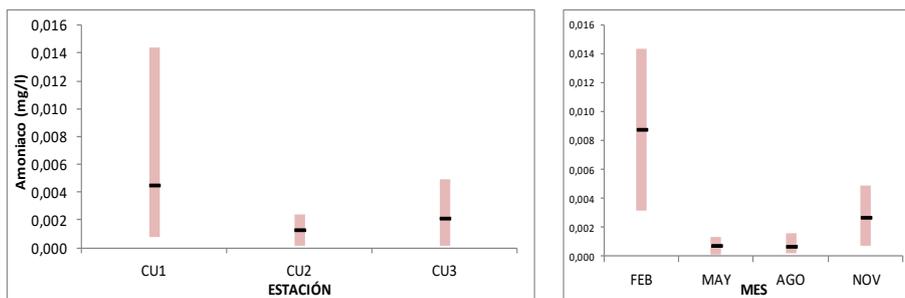


Figura 161. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.19 Nitrito

El valor promedio fue 0,008 mg/l, el máximo 0,130 mg/l y el mínimo 0,003 mg/l (Figuras 162 y 163). En estos valores se observa que los valores con más amplitud se dieron en la estación de monitoreo CU1 la cual está ubicada en la ciudad de Rivera. Luego la línea de promedios desciende hacia la cuenca media y baja del arroyo Cuñapirú.

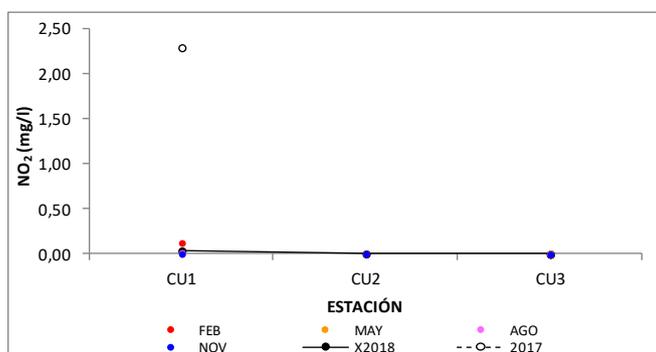


Figura 162. Variación del nitrito del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

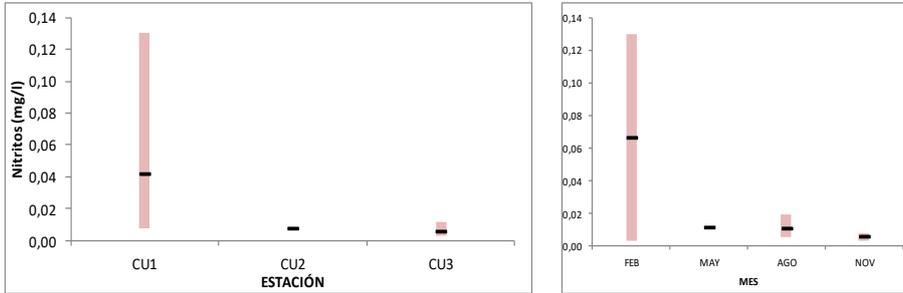


Figura 163. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.20 Nitrato

El valor promedio fue 0,30 mg/l, el máximo 0,99 mg/l y el mínimo 0,02 mg/l (Figuras 164 y 165). Los resultados cumplen con lo estipulado en el decreto 253/79 y modificativos y en el documento Gesta Agua V 12-2014. Los resultados con más amplitud se dieron en la estación de monitoreo CU1, en la ciudad de Rivera, descendiendo hacia la cuenca baja del arroyo Cuñapirú.

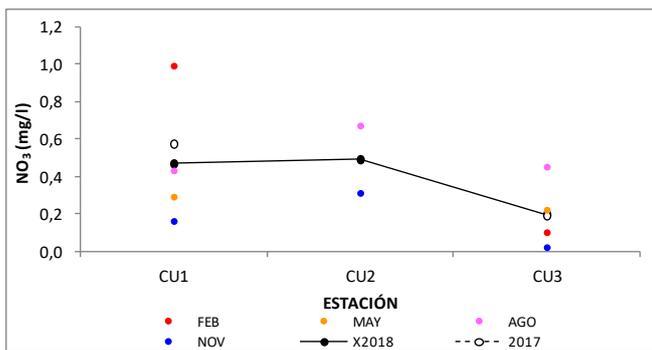


Figura 164. Variación del nitrato del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

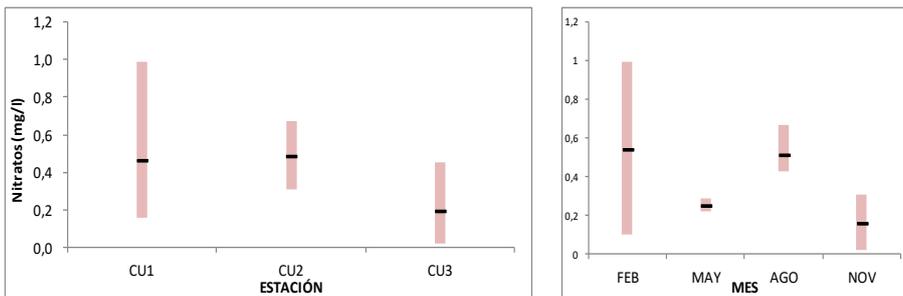


Figura 165. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.21 Clorofila α

El valor promedio fue 1,5 $\mu\text{g/l}$, el máximo 11 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 0,7 $\mu\text{g/l}$ (Figuras 166 y 167). Los valores con más amplitud se dieron en la estación de monitoreo CU1 en la ciudad de Rivera, para luego bajar en la cuenca media y subir levemente en la estación de monitoreo de la cuenca baja del arroyo Cuñapirú.

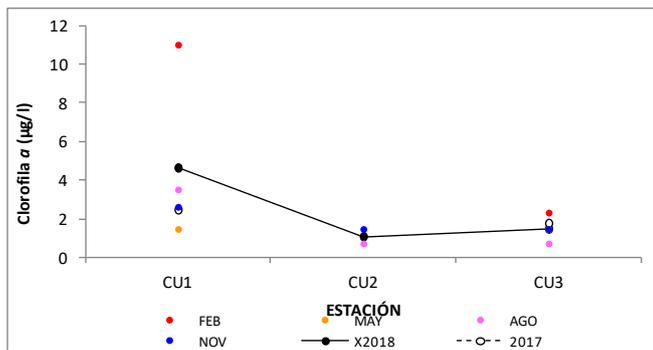


Figura 166. Variación de la clorofila α del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

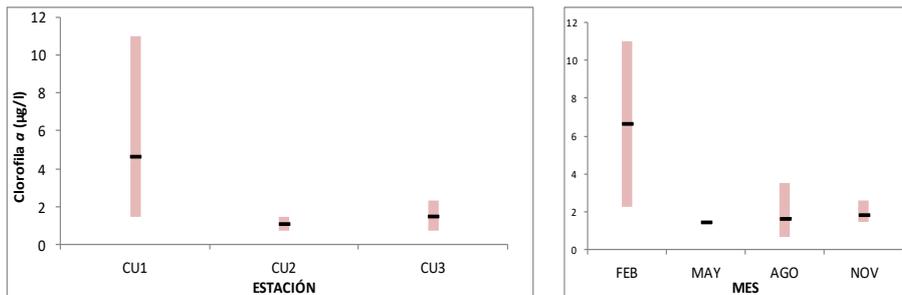


Figura 167. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.22 Sustancias fenólicas

El valor promedio fue 1,3 $\mu\text{g/l}$, el máximo 3,4 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo 0,5 $\mu\text{g/l}$ (Figuras 168 y 169). 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.

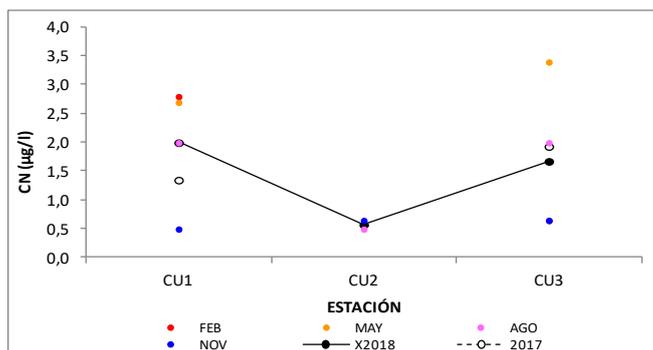


Figura 168. Variación de las sustancias fenólicas del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

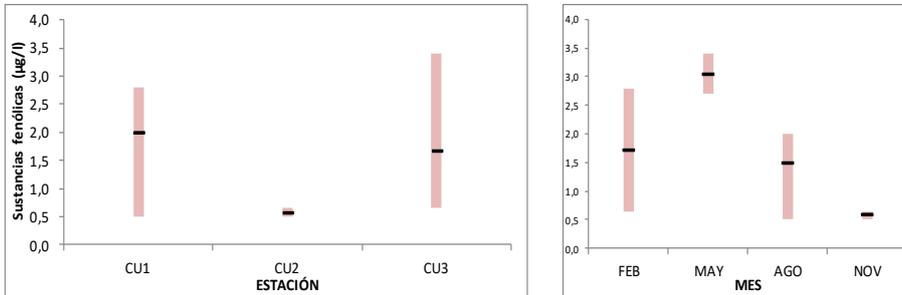


Figura 169. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

3.3.2.23 Relación de adsorción de sodio

El valor promedio fue 0,40, el máximo 0,83 y el mínimo 0,28 (Figuras 170 y 171). Para los valores de esta la relación cabe resaltar que en todas las estaciones el índice dio aceptable por lo cual no hay peligro para el uso de estas aguas para riego en cuanto a la adsorción de sodio.

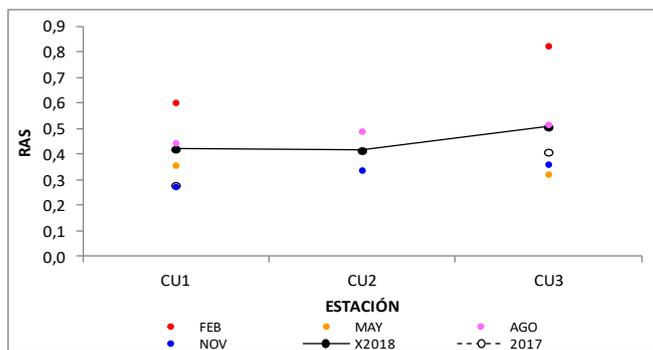


Figura 170. Variación de la relación de la adsorción de sodio del agua, por estación de monitoreo, promedios 2017 y 2018.

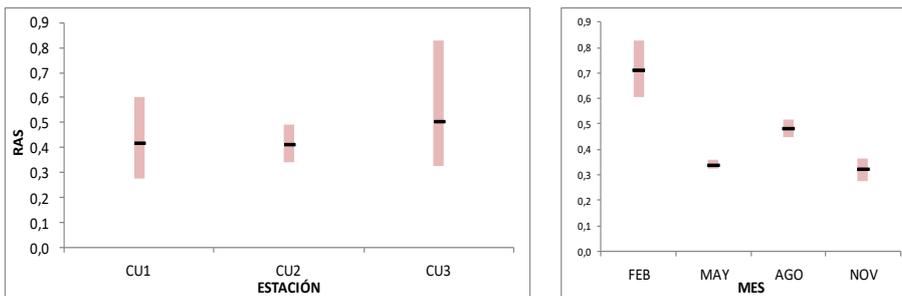


Figura 171. . Izquierda: máximos, mínimos y promedios por estación de monitoreo. Derecha máximos, mínimos y promedios por campaña de monitoreo.

OBSERVACIÓN

Para las variables Feofitina, mercurio (Hg), compuestos orgánicos halogenados (AOX), cianuro total (CNT), glifosato, ácido Aminometilfosfónico (AMPA) no se anexan gráficas ya que todos los valores analíticos dan por

debajo de los límites de detección o de cuantificación. En referencia a estas variables la salud con la que cuenta el arroyo Cuñapirú es buena.

3.4 Arroyos Caraguatá y Yaguari

Los resultados de las siguientes cuencas se presentan sin análisis estadístico gráfico, debido a que sólo existe una estación de monitoreo en cada una de las cuencas.

3.4.1 Parámetros de medición *in situ*

3.4.1.1 Temperatura

La temperatura se comportó acorde a la variación estacional esperada (Figura 172). El promedio de temperatura para el arroyo Caraguatá año 2018 fue de 20,9 °C y el del año 2017 fue de 19,7 °C y el promedio de temperatura para el arroyo Yaguari fue de 20,5 °C para el año 2018 y de 19,6 °C para el 2017. Vale decir que las temperaturas del 2017 fueron levemente más bajas que las del 2018.

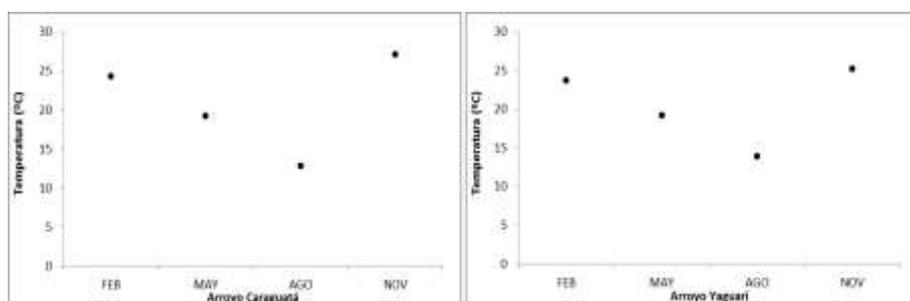


Figura 172. Variación de la temperatura en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.1.2 Conductividad

La dinámica de la conductividad lo largo del año 2018 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 febrero (Figura 173). El promedio de conductividad del arroyo Caraguata del año 2018 fue de 198,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el promedio del año 2017 fue de 98,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El promedio de conductividad para el arroyo Yaguari en el 2018 fue de 147,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y para el año 2017 fue de 80,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esto significa que hubo bastante variabilidad de promedios de un año al otro en las dos cuencas.

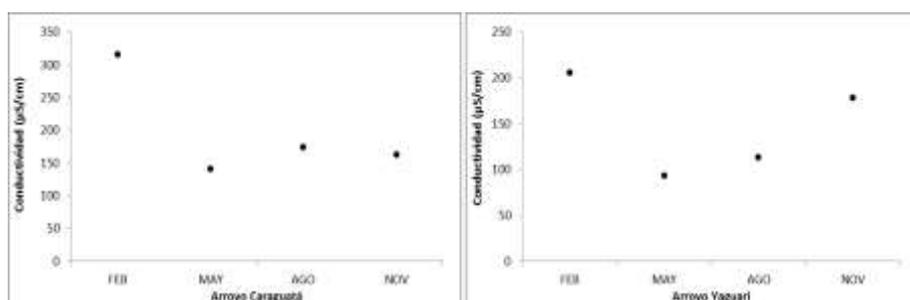


Figura 173. Variación de la conductividad en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.1.3 pH

Para los valores registrados en esta variable debemos decir que existe un valor puntual, que dio por encima de lo estipulado en la reglamentación en la cuenca del arroyo Caraguatá y otro que dio en el límite inferior exacto

en la cuenca del arroyo Yaguarí (Figura 174). El promedio del año 2018 para el arroyo Caraguatá fue 7,68 y para el 2017 fue de 7,36. Para el arroyo Yaguarí el promedio del año 2018 fue 7,22 y para el año 2017 fue de 7,15. Observando los promedios entre los años en el 2018 el agua de las cuencas fue un poco más básica que el agua en el 2017 si bien los promedios se encuentran dentro de la reglamentación.

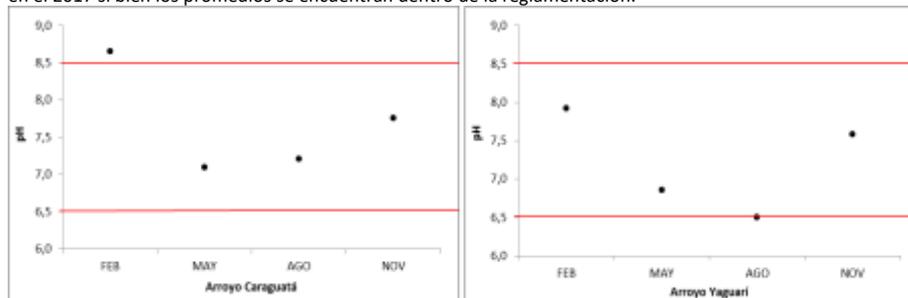


Figura 174. Variación del pH en las en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.

3.4.1.4 Oxígeno disuelto

Los valores de concentración de oxígeno disuelto muestran que todos los valores están dentro de lo estipulado en la reglamentación (Figura 175). El valor promedio del año 2018 para el arroyo Caraguatá fue de 8,55 mgO₂/L y para el año 2017 fue de 8,01 mgO₂/L. El promedio para el arroyo Yaguarí del año 2018 fue de 7,90 mgO₂/L y el promedio en el año 2017 fue de 7,49 mgO₂/L. Lo cual indica que en el año 2018 existió más presencia de oxígeno disuelto que en el año 2017.

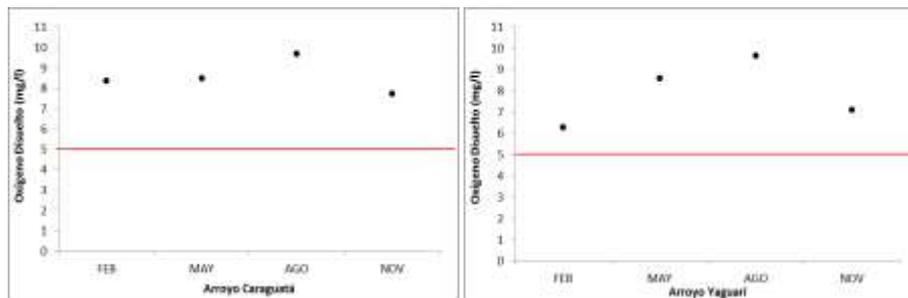


Figura 175. Variación del oxígeno disuelto en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguarí, a lo largo del año.

3.4.2 Resultados analíticos

3.4.2.1 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. Y con el documento gesta agua cuyo valor estándar es de 1000 UFC/ 100 ml. (Figura 176). El valor promedio del año 2018 para el arroyo Caraguatá fue de 137,5 UFC/ 100 ml y para el año 2017 fue de 322,5 UFC/ 100 ml. El promedio para el arroyo Yaguarí del año 2018 fue de 85 UFC/ 100 ml y el promedio en el año 2017 fue de 102,5 UFC/ 100 ml. Lo cual indica que en el año 2018 existió menos presencia de coliformes termotolerantes.

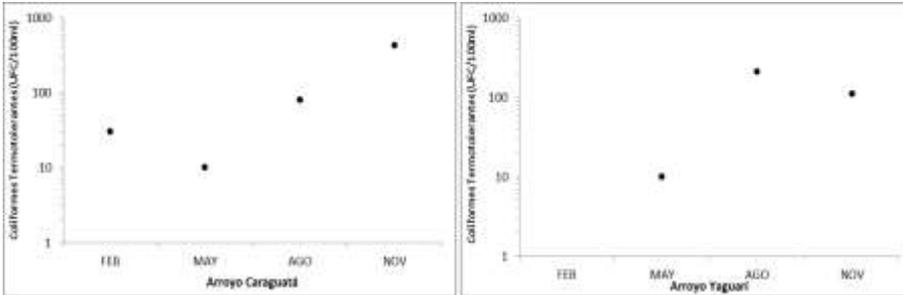


Figura 176. Variación de los coliformes termotolerantes en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.2 Calcio

La dinámica de la concentración de calcio a lo largo del año 2018 fue bastante diferente en las dos cuencas, en la del arroyo Caraguatá vario bastante en el año y en la cuenca del arroyo Yaguari la variación fue menor. El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de este ion mayoritario fue de 17,8 mg/L para el año 2018 y de 8,03 mg/L para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 12 mg/L y de 6,4 mg/L para el año 2017. Por lo cual hubo más presencia de este ion en el año 2018 en las dos cuencas (Figura 177).

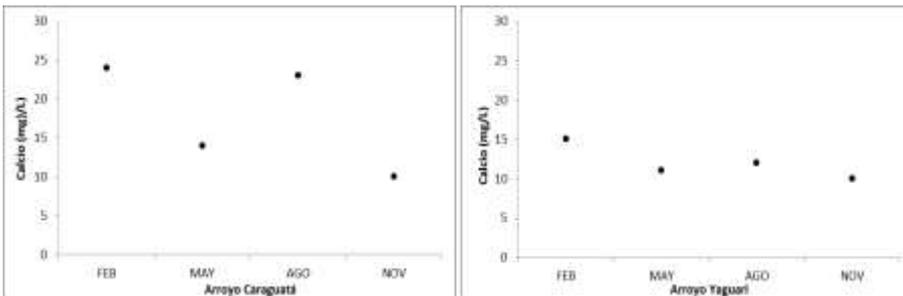


Figura 177. Variación de la concentración de calcio en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.3 Magnesio

La dinámica de la concentración de magnesio fue bastante diferente en las dos cuencas, en la del arroyo Caraguatá vario bastante en el año y en la cuenca del arroyo Yaguari la variación fue menor. El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de este ion mayoritario fue de 5,1 mg/L para el año 2018 y de 1,9 mg/L para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 4,1 mg/L y de 1,7 mg/L para el año 2017. Por lo cual hubo más presencia de este ion en el año 2018 en las dos cuencas (Figura 178).

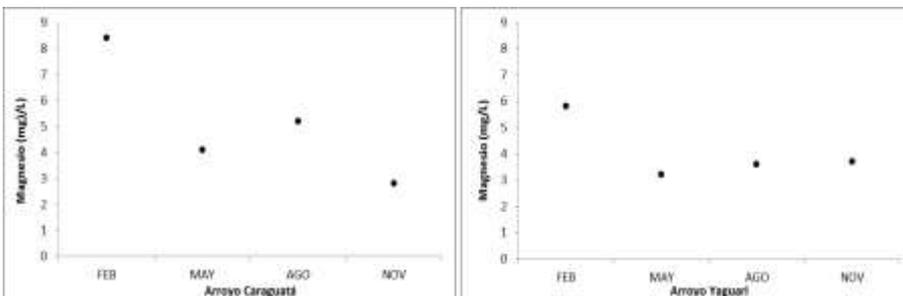


Figura 178. Variación de la concentración de magnesio en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.4 Sodio

La dinámica de la concentración de magnesio fue bastante similar en las dos cuencas, en la del arroyo Caraguatá vario bastante en febrero y en la cuenca del arroyo Yaguari la variación fue menor pero el valor más alto también se dio en febrero. El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de este ion mayoritario fue de 15,3 mg/L para el año 2018 y de 5,2 mg/L para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 9,4 mg/L y de 4,7 mg/L para el año 2017. Por lo cual hubo más presencia de este ion en el año 2018 en las dos cuencas (Figura 179).

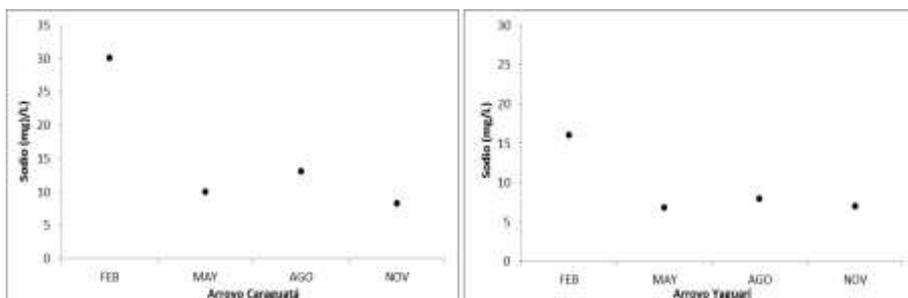


Figura 179. Variación del sodio en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.5 Potasio

La dinámica de la concentración de potasio fue bastante similar en las dos cuencas, dándose el valor más alto en el mes de mayo. El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de este ion mayoritario fue de 2 mg/L para el año 2018 y de 2,4 mg/L para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 1,7 mg/L y de 2,7 mg/L para el año 2017. Por lo cual hubo más presencia de este ion en el año 2017 en las dos cuencas (Figura 180).

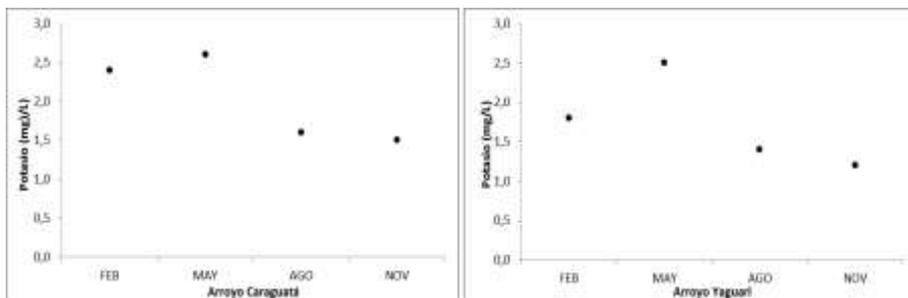


Figura 180. Variación del potasio en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.6 Alcalinidad

El valor más alto en el mes de febrero. El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de esta variable fue de 89,8 mg/L de CaCO₃ para el año 2018 y de 48,5 mg/L de CaCO₃ para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 64,3 mg/L de CaCO₃ y de 36,75 mg/L de CaCO₃ para el año 2017. Por lo cual las aguas de ambas cuencas más duras en el año 2018 (Figura 181).

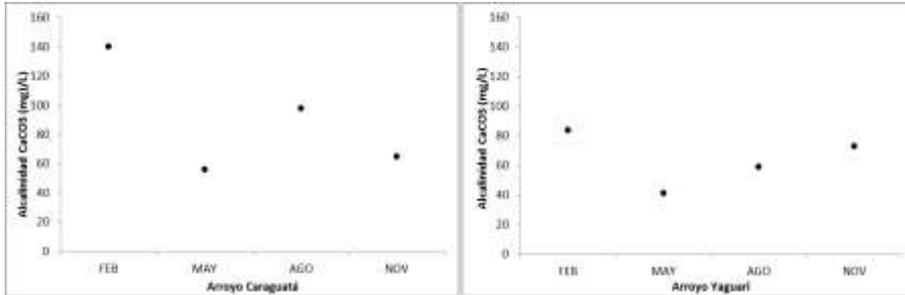


Figura 181. Variación de la alcalinidad total en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.7 Sólidos totales

El valor más alto en el mes de febrero. El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de esta variable fue de 175 mg/L para el año 2018 y de 150 mg/L para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 155 mg/L y de 138 mg/L para el año 2017. Por lo cual hubo levemente más presencia de sólidos totales en el año 2018 en ambas cuencas (Figura 182).

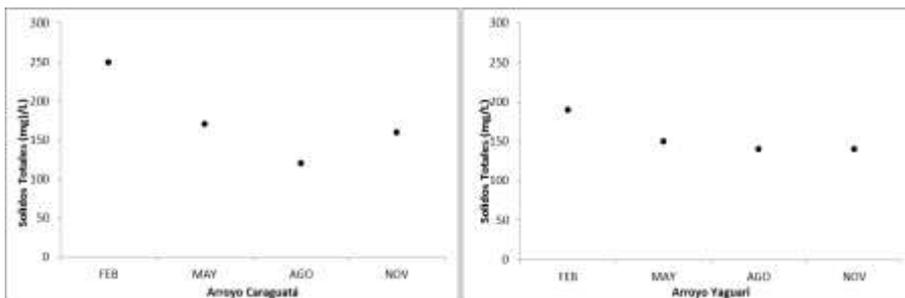


Figura 182. Variación de los sólidos totales total en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.8 Sólidos totales fijos

El valor más alto en el mes de febrero. El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de esta variable fue de 101 mg/L para el año 2018 y de 88 mg/L para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 92 mg/L y de 78 mg/L para el año 2017. Por lo cual hubo levemente mas presencia de solidos totales fijos en el año 2018 en ambas cuencas (Figura 183).

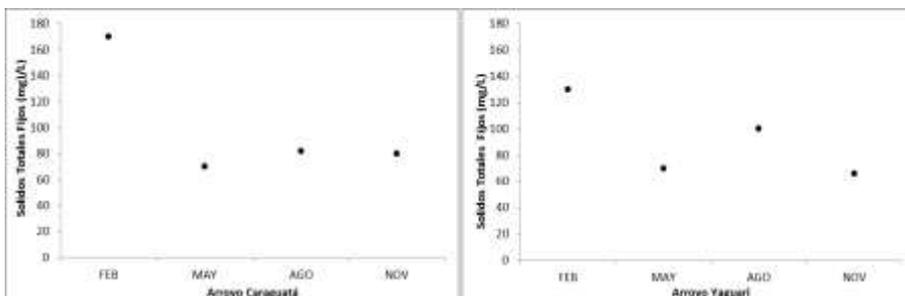


Figura 183. Variación de los sólidos totales fijos en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.9 Sólidos totales volátiles

El valor más alto en el mes de mayo. El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de esta variable fue de 75 mg/L para el año 2018 y de 63 mg/L para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 64 mg/L y de 60 mg/L para el año 2017. Por lo cual hubo levemente mas presencia de solidos totales volatiles en el año 2018 en ambas cuencas (Figura 184).

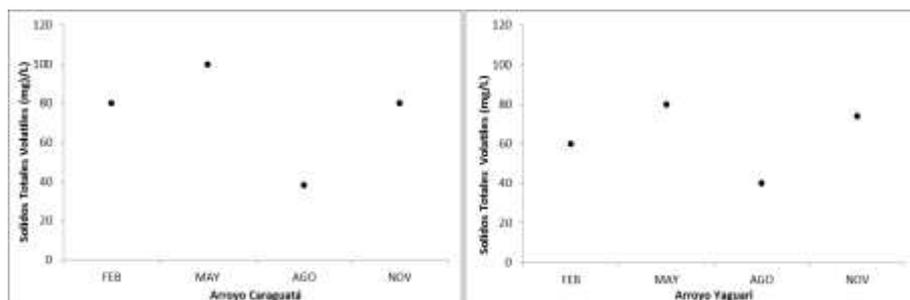


Figura 184. Variación de los sólidos totales volátiles en los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.10 Sólidos suspendidos totales

El valor más alto se dio en el mes de febrero. El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de esta variable fue de 18 mg/L para el año 2018 y de 28 mg/L para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 22 mg/L y de 18 mg/L para el año 2017. En este caso se dieron valores mas altos en promedio para diferentes años siendo la cuenca del arroyo Caraguatá en el 2018 mal altos y para la cuenca del arroyo Yaguari el valor mas alto se dio en el 2017 (Figura 185).

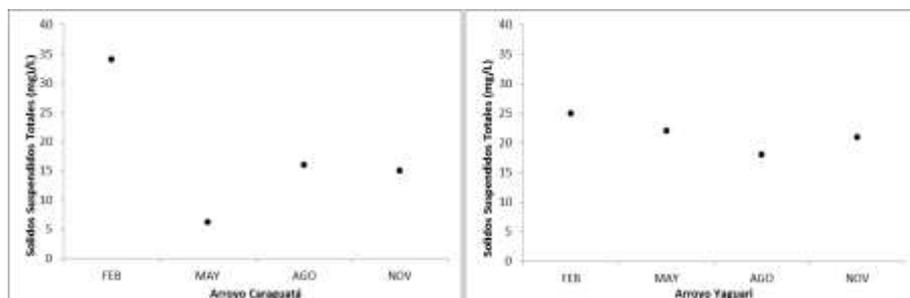


Figura 185. Variación de los sólidos suspendidos totales los arroyos Caraguatá y arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.11 Fósforo total

El valor más alto se dio en el mes mayo. El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de esta variable fue de 111,3 $\mu\text{g/l}$ para el año 2018 y de 91,5 $\mu\text{g/l}$ para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 120 $\mu\text{g/l}$ y de 92,75 $\mu\text{g/l}$ para el año 2017. Los valores más altos de los promedios se dieron en el año, siempre por encima del límite establecido por el decreto 253/79 y modificativos (i.e. 25 $\mu\text{g/l}$) y también por el documento de gesta agua para sistemas loticos (i.e. 70 $\mu\text{g/l}$) (Figura 186).

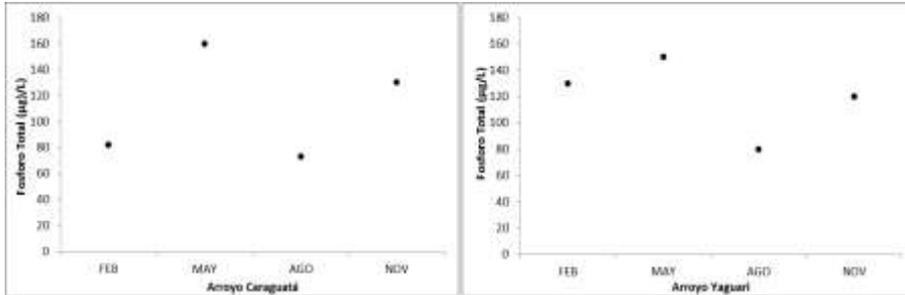


Figura 186. Variación del fósforo total en los arroyos Caraguatá y Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.12 Fósforo reactivo soluble

El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de esta variable fue de 48 µg/l para el año 2018 y de 40,8 µg/l para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 58,8 µg/l y de 23,7 µg/l para el año 2017 (Figura 187). En ambas cuencas fue mayor la disponibilidad de esta variable 2018.

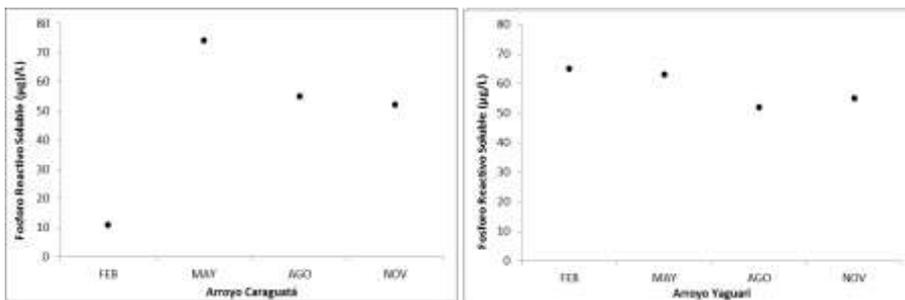


Figura 187. Variación del fósforo reactivo soluble en los arroyos Caraguatá y Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.13 Nitrógeno total

El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de esta variable fue de 1,4 mg/l para el año 2018 y de 0,9 mg/l para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 1,2 mg/l y de 1,2 mg/l para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Caraguatá el valor más alto del promedio fue en el año 2018 y para el arroyo Yaguari fue igual en ambos años. (Figura 188).

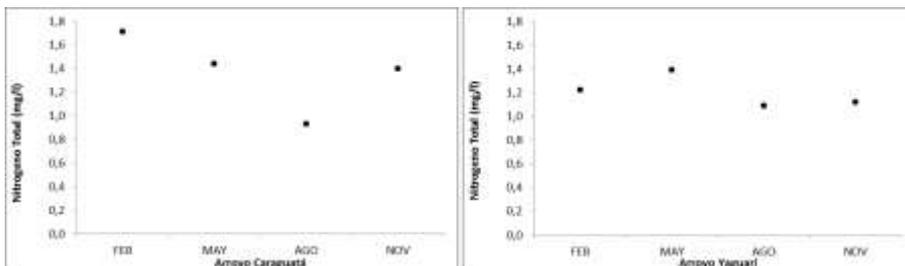


Figura 188. Variación del nitrógeno total en los arroyos Caraguatá y Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.14 Nitrógeno amoniacal

El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de esta variable fue de 0,045 mg/l para el año 2018 y de 0,043 mg/l para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 0,074 mg/l y de 0,065 mg/l para el año 2017. Si bien los valores mayores se dieron en el año 2018 para ambas cuencas esta es mínima (Figura 189).

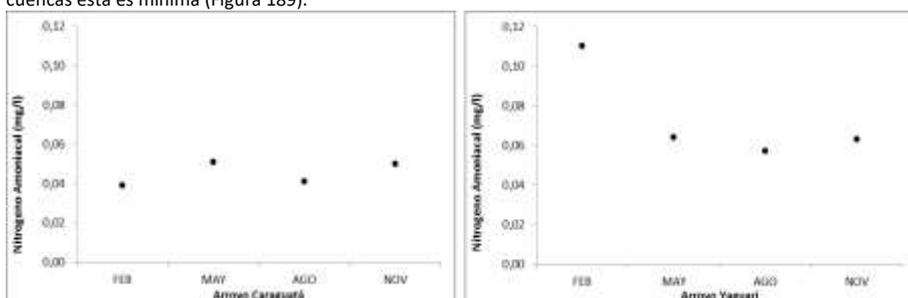


Figura 189. Variación del nitrógeno amoniacal en las cuencas del arroyo Caraguatá y el arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.15 Amoniaco

El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de esta variable fue de 0,026 mg/l para el año 2018 y de 0,0005 mg/l para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 0,0016 mg/l y de 0,3825 mg/l para el año 2017 (Figura 190).

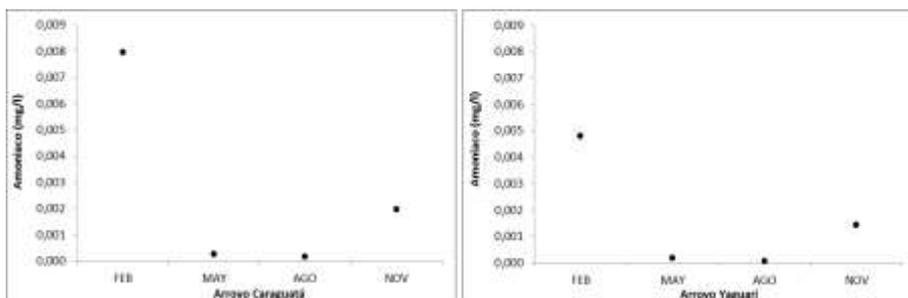


Figura 190. Variación del amoniaco en las cuencas del arroyo Caraguatá y el arroyo Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.16 Nitrito

El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de esta variable fue de 0,0037 mg/l para el año 2018 y de 1,3517 mg/l para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 0,006 mg/l y de 0,0027 mg/l para el año 2017 (Figura 191).

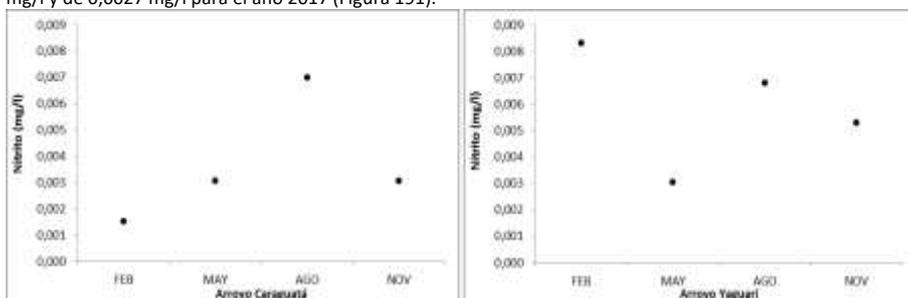


Figura 191. Variación del nitrito en los arroyos Caraguatá y Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.17 Nitrito

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 (Figura 192).

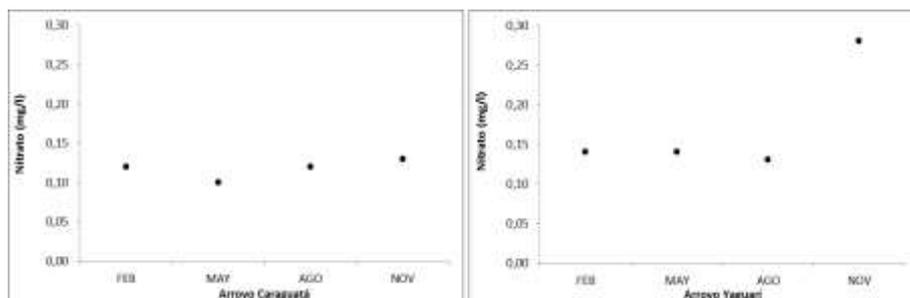


Figura 192. . Variación del nitrato en los arroyos Caraguatá y Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.18 Clorofila a

El valor promedio para la cuenca del arroyo Caraguatá de esta variable fue de 6,6 $\mu\text{g/l}$ para el año 2018 y de 2,1 $\mu\text{g/l}$ para el año 2017. Para la cuenca del arroyo Yaguari el valor promedio del año 2018 fue de 2,1 $\mu\text{g/l}$ y de 1,7 $\mu\text{g/l}$ para el año 2017 (Figura 193). Encontrándose los valores más altos en ambas cuencas en el año 2018.

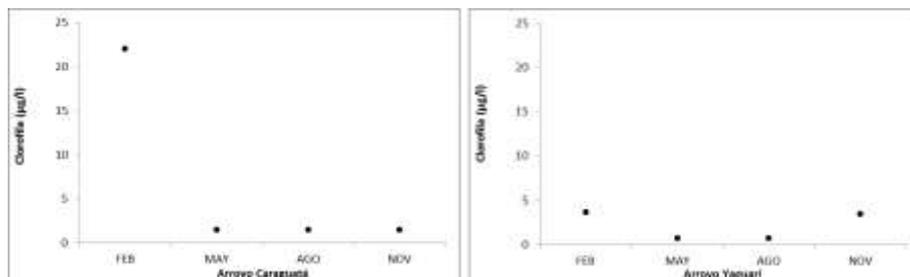


Figura 193. Variación de la clorofila a en en los arroyos Caraguatá y Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.19 Feofitina

En referencia a esta variable cabe destacar que los valores cercanos a 2 son los límites de detección de la técnica analítica el único valor detectado fue en la cuenca del arroyo Caraguatá (Figura 194).

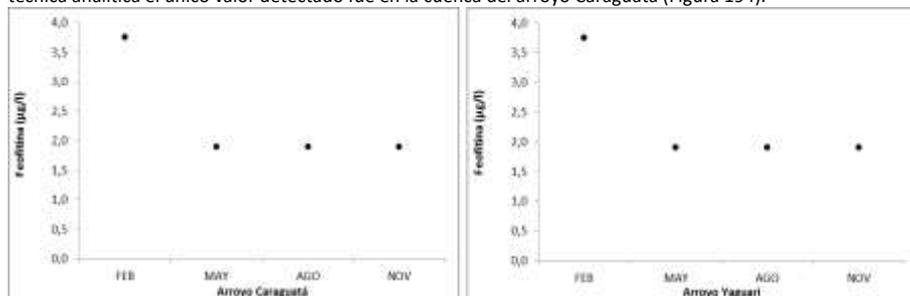


Figura 194. Variación de la feofitina en en los arroyos Caraguatá y Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.20 Sustancias fenólicas

Los valores de concentración de las sustancias fenólicas se encontraron por debajo del límite establecido por el decreto 253/79 y modificativos, pero en referencia al límite del documento Gesta Agua V 12-2014, en tres ocasiones se detectó presencia de esta variable por encima de lo estipulado. Dos en la cuenca del arroyo Caraguatá y una vez en la cuenca del arroyo Yaguari (Figura 195).

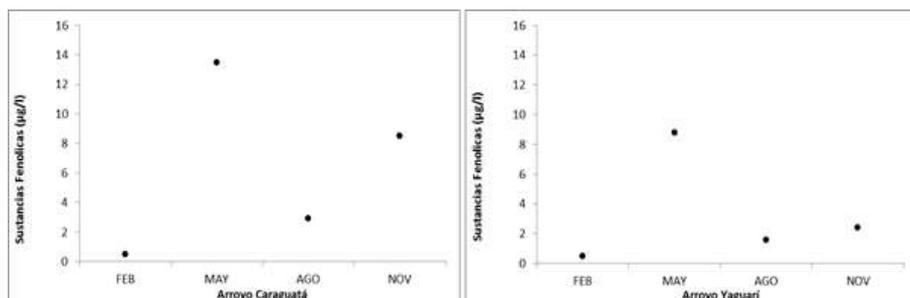


Figura 195. Variación de la concentración de sustancias fenólicas en los arroyos Caraguatá y Yaguari, a lo largo del año.

3.4.2.21 Relación de adsorción de sodio

Por los valores que ha arrojado el cálculo del RAS cabe señalar que estas aguas son aptas para darles uso de riego de cultivos, ya que no hay peligro por el agregado de sodio al suelo. (Fig. 196)

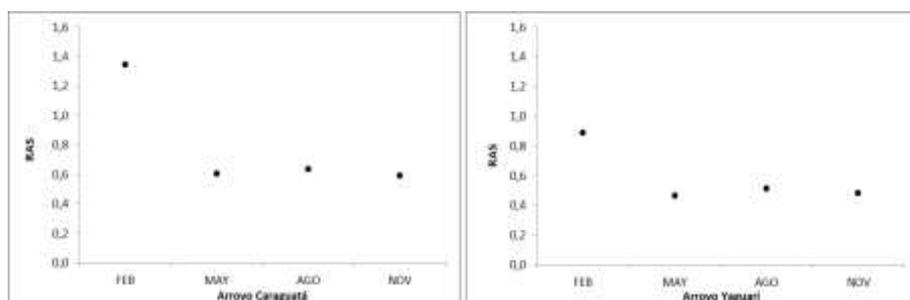


Figura 196. Variación de la concentración de la relación de adsorción de sodio en los arroyos Caraguatá y Yaguari, a lo largo del año.

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.

4 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.

La modificaciones realizadas en el monitoreo del año 2017 al monitoreo del año 2018. Se dejan ver en la calidad de los datos obtenidos, si bien para algunas variables existe algún valor puntual fuera de los límites de la reglamentación la calidad de los cursos de agua de la cuenca del río Tacuarembó es buena, a excepción de la variable fosforo Total

5 ANEXOS

5.1 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

5.2 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

6 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.