



MVOTMA

Ministerio de Vivienda
Ordenamiento Territorial
y Medio Ambiente

DINAMA

Dirección Nacional
de Medio Ambiente

Monitoreo de Calidad del Agua Cuenca de la Laguna Merín

2018



DIRECCIÓN NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE

División Evaluación de la Calidad Ambiental

Departamento Seguimiento de Componentes del Ambiente

Diciembre de 2019



Área de Información, Planificación y Calidad Ambiental
Gerente: Marisol Mallo

División Evaluación de Calidad Ambiental – DECA
Director: Luis Reolón

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

Análisis y Redacción del Informe
Guillermo Cervetto

Responsable del Programa de Monitoreo
Alejandro Cendón

Otros técnicos participantes
Alejandro Cendón
Guillermo Cervetto
Javier Martínez
Jorge Rodríguez
Mario Acosta

Revisión
Magdalena Hill / Luis Reolón

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

INDICE

1. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivo general del programa.....	1
1.2. Descripción de la cuenca de la Laguna Merín	1
1.3. Hidrología	4
2. ASPECTOS METODOLÓGICOS – Plan de trabajo.....	11
2.1. Campañas de monitoreo	11
2.2. Metodología	16
2.2.1. Tratamiento de los datos.....	16
2.2.2. Índices.....	16
2.2.3. Información climática.....	18
3. RESULTADOS	19
3.1. Resumen Ejecutivo.....	19
3.2. Calidad de agua	20
3.2.1. Río Yaguarón	20
3.2.1.1. Variables <i>in situ</i>	20
3.2.1.1.1. Temperatura	20
3.2.1.1.2. Conductividad	21
3.2.1.1.3. Oxígeno Disuelto	22
3.2.1.1.4. pH	23
3.2.1.1.5. Transparencia.....	24
3.2.1.1.6. Turbidez	24
3.2.1.2. Nutrientes	25
3.2.1.2.1. Nutrientes Nitrogenados	25
3.2.1.2.2. Nutrientes Fosforados	27
3.2.1.2.2.1. Fósforo Reactivo.....	27
3.2.1.2.2.2. Fosforo Total (PT)	28
3.2.1.3. Sólidos	29
3.2.1.3.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)	29
3.2.1.3.2. Sólidos Totales	30
3.2.1.4. Variables Biológicas.....	31
3.2.1.4.1. Clorofila <i>a</i>	31
3.2.1.4.2. Feofitina <i>a</i>	31
3.2.1.4.3. Coliformes Termotolerantes (ColiTermo).....	31
3.2.1.5. AOX	31
3.2.1.6. Síntesis del río Yaguarón	32
3.2.2. Río Tacuarí	33
3.2.2.1. Variables <i>in situ</i>	33
3.2.2.1.1. Temperatura	33
3.2.2.1.2. Conductividad	34
3.2.2.1.3. Oxígeno Disuelto	35
3.2.2.1.4. pH	36
3.2.2.1.5. Transparencia.....	36
3.2.2.1.6. Turbidez	37

3.2.2.2. Nutrientes	37
3.2.2.2.1. Nutrientes Nitrogenados	37
3.2.2.2.2. Nutrientes Fosforados	40
3.2.2.2.2.1. Fósforo Reactivo (PO ₄)	40
3.2.2.2.2.2. Fosforo Total (PT)	41
3.2.2.3. Sólidos	42
3.2.2.3.1. Sólidos Suspendidos Totales	42
3.2.2.3.2. Sólidos Totales	42
3.2.2.4. Variables Biológicas	43
3.2.2.4.1. Clorofila <i>a</i>	42
3.2.2.4.2. Feofitina <i>a</i>	44
3.2.2.4.3. Coliformes Termotolerantes (ColiTermo)	44
3.2.2.5. AOX	45
3.2.2.6. Síntesis del río Tacuarí	45
3.2.3. Río Cebollatí	46
3.2.3.1. Variables <i>in situ</i>	46
3.2.3.1.1. Temperatura	46
3.2.3.1.2. Conductividad	46
3.2.3.1.3. Oxígeno Disuelto	48
3.2.3.1.4. pH	49
3.2.3.1.5. Transparencia	50
3.2.3.1.6. Turbidez	50
3.2.3.2. Nutrientes	51
3.2.3.2.1. Nutrientes Nitrogenados	51
3.2.3.2.2. Nutrientes Fosforados	53
3.2.3.2.2.1. Fósforo reactivo (PO ₄)	53
3.2.3.2.2.2. Fosforo Total (Pt)	55
3.2.3.3. Sólidos	56
3.2.3.3.1. Sólidos Suspendidos Totales	56
3.2.3.3.2. Sólidos Totales	56
3.2.3.4. Variables Biológicas	57
3.2.3.4.1. Clorofila <i>a</i>	57
3.2.3.4.2. Feofitina <i>a</i>	658
3.2.3.4.3. Coliformes Termotolerantes (ColiTermo)	580
3.2.3.5. AOX	59
3.2.3.6. Síntesis del río Cebollatí	59
3.2.4. Río Olimar	60
3.2.4.1. Variables <i>in situ</i>	60
3.2.4.1.1. Temperatura	60
3.2.4.1.2. Conductividad	60
3.2.4.1.3. Oxígeno Disuelto	62
3.2.4.1.4. pH	62
3.2.4.1.5. Transparencia	63
3.2.4.1.6. Turbidez	63
3.2.4.2. Nutrientes	64
3.2.4.2.1. Nutrientes Nitrogenados	64
3.2.4.2.2. Nutrientes Fosforados	66

3.2.4.2.2.1. Fósforo Reactivo (PO ₄)	66
3.2.4.2.2.2. Fosforo Total (Pt)	67
3.2.4.3. Sólidos	68
3.2.4.3.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)	68
3.2.4.3.2. Sólidos Totales	68
3.2.4.4. Variables Biológicas	69
3.2.4.4.1. Clorofila <i>a</i>	69
3.2.4.4.2. Feofitina <i>a</i>	69
3.2.4.4.3. Coliformes Termotolerantes (ColiTermo)	69
3.2.4.5. AOX	70
3.2.4.6. Síntesis del río Olimar	70
3.2.5. Arroyo San Luis	71
3.2.5.1. Variables <i>in situ</i>	71
3.2.5.1.1. Temperatura	71
3.2.5.1.2. Conductividad	71
3.2.5.1.3. Oxígeno Disuelto	72
3.2.5.1.4. pH	72
3.2.5.1.5. Transparencia	73
3.2.5.1.6. Turbidez	73
3.2.5.2. Nutrientes	73
3.2.5.2.1. Nutrientes Nitrogenados	73
3.2.5.2.2. Nutrientes Fosforados	75
3.2.5.2.2.1. Fósforo Reactivo (PO ₄)	75
3.2.5.2.2.2. Fósforo Total	76
3.2.5.3. Sólidos	77
3.2.5.3.1. Sólidos Suspendidos Totales	77
3.2.5.3.2. Sólidos Totales	877
3.2.5.4. Variables Biológicas	78
3.2.5.4.1. Coliformes Termotolerantes (ColiTermo)	780
3.2.5.5. Síntesis del arroyo San Luis	78
3.2.6. Arroyo San Miguel	79
3.2.6.1. Variables <i>in situ</i>	79
3.2.6.1.1. Temperatura	79
3.2.6.1.2. Conductividad	80
3.2.6.1.3. Oxígeno Disuelto (OD)	80
3.2.6.1.4. pH	81
3.2.6.1.5. Transparencia	82
3.2.6.1.6. Turbidez	82
3.2.6.2. Nutrientes	83
3.2.6.2.1. Nutrientes Nitrogenados	83
3.2.6.2.2. Nutrientes Fosforados	86
3.2.6.2.2.1. Fósforo Reactivo (PO ₄)	86
3.2.6.2.2.2. Fosforo Total (Pt)	87
3.2.6.3. Sólidos	88
3.2.6.3.1. Sólidos Suspendidos	88
3.2.6.3.2. Sólidos Totales	88
3.2.6.4. Variables Biológicas	89

3.2.6.4.1. Clorofila <i>a</i>	989
3.2.6.4.2. Feofitina <i>a</i>	90
3.2.6.4.3. Coliformes Termotolerantes (ColiTermo).....	90
3.2.6.5. AOX.....	90
3.2.6.6. Síntesis del río San Miguel.....	91
3.3. Fitosanitarios.....	91
3.4. Índices de calidad de agua.....	91
3.4.1. Aplicación del IET	91
3.4.2. Aplicación del IQA	93
3.5. Síntesis Cuenca Laguna Merín	95
4. REFERENCIAS.....	96

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Cuenca de la Laguna Merín.....	2
Fig. 2: Cuenca binacional de la Laguna Merín.....	3
Fig. 3: Hemicuenca uruguaya en grado 2.....	4
Fig. 4: Hemicuenca uruguaya.....	5
Fig. 5: Subcuenca río Yaguarón	6
Fig. 6: Subcuenca río Tacuarí.....	7
Fig. 7: Subcuenca río Cebollatí	8
Fig. 8: Subcuenca río Olimar Grande	9
Fig. 9: Subcuencas de los Aºs. San Luis y San Miguel	10
Fig. 10: Localización de las estaciones de muestreo en la cuenca de la Laguna Merín.	12
Fig. 11: Representación esquemática de variables analizadas en la CLM.....	14
Fig. 12: Fluctuaciones de la Temperatura en la cuenca del río Yaguarón durante 2018	20
Fig. 13: Fluctuaciones de la Conductividad en la cuenca del río Yaguarón durante 2018.....	21
Fig. 14: Fluctuaciones del Oxígeno disuelto en la cuenca del río Yaguarón durante 2018.....	22
Fig. 15: Fluctuaciones del pH en la cuenca del río Yaguarón durante 2018.....	23
Fig. 16: Fluctuaciones de la Transparencia en la cuenca del río Yaguarón durante 2018.....	24
Fig. 17: Fluctuaciones del Nitrógeno Total en la cuenca del río Yaguarón durante 2018.....	26
Fig. 18: Variación espacial y temporal de los nutrientes nitrogenados en el río Yaguarón durante 2018.....	26
Fig. 19: Proporción de los diferentes componentes del Nitrógeno Total en el río Yaguarón durante 2018.....	27
Fig. 20: Fluctuaciones de los Fosfatos en la cuenca del río Yaguarón durante 2018.....	28

Fig. 21: Fluctuaciones del Fósforo total en la cuenca del río Yaguarón durante 2018.....	29
Fig. 22: Variación espacial y temporal de los Sólidos Suspendidos en el río Yaguarón durante 2018.	30
Fig. 23: Variación espacial y temporal de los Sólidos Totales en el río Yaguarón durante 2018.....	30
Fig. 24: Fluctuaciones de la Temperatura en la cuenca del río Tacuarí durante 2018.....	33
Fig. 25: Fluctuaciones de la Conductividad en la cuenca del río Tacuarí durante 2018.....	34
Fig. 26: Fluctuaciones del Oxígeno Disuelto en la cuenca del río Tacuarí durante 2018.....	35
Fig. 27: Fluctuaciones del pH en la cuenca del río Tacuarí durante 2018	36
Fig. 28: Fluctuaciones de la Turbidez en la cuenca del río Tacuarí durante 2018	37
Fig. 29: Fluctuaciones del Nitrógeno Total en la cuenca del río Tacuarí durante 2018.....	38
Fig. 30: Variación espacial y temporal de los nutrientes nitrogenados en el río Tacuarí durante 2018.....	39
Fig. 31: Proporción de los diferentes componentes del Nitrógeno Total en el río Tacuarí durante 2018. NH ₃ y Norg, valores calculados.....	39
Fig. 32: Fluctuaciones del Fósforo Reactivo en la cuenca del río Tacuarí durante 2018.....	40
Fig. 33: Fluctuaciones del Fósforo Total en la cuenca del río Tacuarí durante 2018	41
Fig. 34: Variación espacial y temporal de los Sólidos Suspendidos en el río Tacuarí durante 2018.	42
Fig. 35: Variación espacial y temporal de los Sólidos Totales en el río Tacuarí durante 2018.....	43
Fig. 36: Variación espacial y temporal de la clorofila <i>a</i> en el río Tacuarí durante 2018.....	43
Fig. 37: Fluctuaciones de los Coliformes Termotolerantes en la cuenca del río Tacuarí durante 2018	45
Fig. 38: Fluctuaciones de la Temperatura en la cuenca del río Cebollatí durante 2018.....	47
Fig. 39: Fluctuaciones de la Conductividad en la cuenca del río Cebollatí durante 2018.....	47
Fig. 40: Fluctuaciones del Oxígeno Disuelto en la cuenca del río Cebollatí durante 2018.....	48
Fig. 41: Fluctuaciones del pH en la cuenca del río Cebollatí durante 2018.....	49
Fig. 42: Fluctuaciones de la Turbidez en la cuenca del río Cebollatí durante 2018.....	50
Fig. 43: Variación espacial y temporal de los nutrientes nitrogenados en el río Cebollatí durante 2018.....	52
Fig. 44: Fluctuaciones del Nitrógeno Total en la cuenca del río Cebollatí durante 2018.....	53
Fig. 45: Proporción de los diferentes componentes del Nitrógeno Total en el río Cebollatí durante 2018.....	54

Fig. 46: Fluctuaciones del Fósforo Reactivo en la cuenca del río Cebollatí durante 2018.....	54
Fig. 47: Fluctuaciones del Fósforo Total en la cuenca del río Cebollatí durante 2018.....	55
Fig. 48: Variación espacial y temporal de los Sólidos Suspendedos Totales en el río Cebollatí durante 2018.....	56
Fig. 49: Variación espacial y temporal de los Sólidos Totales en el río Cebollatí durante 2018.....	57
Fig. 50: Variación espacial y temporal de la Clorofila <i>a</i> en el río Cebollatí durante 2018.....	58
Fig. 51: Fluctuaciones de los Coliformes Termotolerantes en la cuenca del río Cebollatí durante 2018	58
Fig. 52: Fluctuaciones de la Temperatura en la cuenca del río Olimar durante 2018 ...	60
Fig. 53: Fluctuaciones de la Conductividad en la cuenca del río Olimar durante 2018 .	61
Fig. 54: Fluctuaciones del Oxígeno Disuelto en la cuenca del río Olimar durante 2018.....	62
Fig. 55: Fluctuaciones del pH en la cuenca del río Olimar durante 2018	63
Fig. 56: Variación espacial y temporal de los nutrientes nitrogenados en el río Olimar durante 2018.	64
Fig. 57: Fluctuaciones del Nitrógeno Total en la cuenca del río Olimar durante 2018..	65
Fig. 58: Proporción de los diferentes componentes del Nitrógeno Total en el río Olimar durante 2018.	65
Fig. 59: Fluctuaciones del Fósforo Reactivo en la cuenca del río Olimar durante 2018.....	66
Fig. 60: Fluctuaciones del Fósforo Total en la cuenca del río Olimar durante 2018.....	67
Fig. 61: Variación espacial y temporal de los Sólidos Suspendedos Totales en el río Olimar durante 2018.....	68
Fig. 62: Variación espacial y temporal de los Sólidos Totales en el río Olimar durante 2018.	69
Fig. 63: Fluctuaciones de los Coliformes Termotolerantes en la cuenca del río Olimar durante 2018	70
Fig. 64: Fluctuaciones de la Temperatura en la cuenca del Aº. San Luis durante 2018.....	71
Fig. 65: Fluctuaciones de Conductividad en la cuenca del Aº. San Luis durante 2018.....	71
Fig. 66: Fluctuaciones del Oxígeno Disuelto en la cuenca del Aº. San Luis durante 2018.	72
Fig. 67: Fluctuaciones del pH en la cuenca del Aº. San Luis durante 2018.....	72
Fig. 68: Fluctuaciones de la Turbidez en la cuenca del Aº. San Luis durante 2018.	73
Fig. 69: Variación temporal de los nutrientes nitrogenados en el Aº. San Luis durante 2018.	74
Fig. 70: Fluctuaciones del Nitrógeno Total en la cuenca del Aº. San Luis durante 2018.	74
Fig. 71: Proporción de los diferentes componentes del Nitrógeno Total en el Ao. San Luis durante 2018.....	75

Fig. 72: Fluctuaciones del Fósforo Reactivo en la cuenca del Aº. San Luis durante 2018.	76
Fig. 73: Fluctuaciones del Fósforo Total en la cuenca del Aº. San Luis durante 2018.	76
Fig. 74: Variación temporal de los Sólidos Suspendedos Totales en el Aº. San Luis durante 2018.....	77
Fig. 75: Variación espacial y temporal de los Sólidos Totales en el Aº. San Luis durante 2018.....	78
Fig. 76: Fluctuaciones de los Coliformes Termotolerantes en la cuenca del Aº.San Luis durante 2018.....	78
Fig. 77: Fluctuaciones de la Temperatura en la cuenca del Aº. San Miguel durante 2018.....	79
Fig. 78: Fluctuaciones de la Conductividad en la cuenca del Aº. San Miguel durante 2018.....	80
Fig. 79: Fluctuaciones del Oxígeno Disuelto en la cuenca del Aº. San Miguel durante 2018.....	81
Fig. 80: Fluctuaciones del pH en la cuenca del Aº. San Miguel durante 2018.....	82
Fig. 81: Fluctuaciones de la Turbidez en la cuenca del Aº. San Miguel durante 2018...	83
Fig. 82: Variación temporal de los nutrientes nitrogenados en el Aº. San Miguel durante 2018.....	84
Fig. 83: Fluctuaciones del Nitrógeno Total en la cuenca del Aº. San Miguel durante 2018.....	85
Fig. 84: Proporción de los diferentes componentes del Nitrógeno Total en el Aº. San Miguel durante 2018.....	85
Fig. 85: Fluctuaciones del Fósforo Reactivo en la cuenca del Aº. San Miguel durante 2018.....	86
Fig. 86: Fluctuaciones del Fósforo Total en la cuenca del Aº. San Miguel durante 2018.....	87
Fig. 87: Variación temporal de los Sólidos Suspendedos Totales en el Aº. San Miguel durante 2018.....	88
Fig. 88: Variación espacial y temporal de los Sólidos Totales en el Aº. San Miguel durante 2018.....	89
Fig. 89: Variación de los Coliformes Termotolerantes en el arroyo San Miguel durante 2018.....	90
Fig. 90: Valor de la calidad del agua según el IET en cada estación analizada de la cuenca de la Laguna Merín.....	91
Fig. 91: Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo de la cuenca de la Laguna Merín.....	92
Fig. 92: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación del Índice de Estado Trófico (IET).	92
Fig. 93: Valor de la calidad del agua según el IQA en cada estación analizada de la cuenca de la Laguna Merín.....	93
Fig. 94: Resultado de la aplicación del IQA en las estaciones de monitoreo de la cuenca de la Laguna Merín.....	93
Fig. 95: Mapa de calidad de agua en la cuenca de la laguna Merín, en base a la aplicación del Índice IQA.	94

Fig 96: Valor de la calidad del agua según el índice GEMS en cada estación analizada de la cuenca de la Laguna Merín.	98
Fig. 97: Resultado de la aplicación del índice GEMS en las estaciones de monitoreo de la cuenca de la Laguna Merín.	99
Fig. 98: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación del Índice GEMS de calidad de agua.	99

INDICE DE TABLAS

Tabla I: Cuenca de la Laguna Merín.....	2
Tabla II: Hemicuenca uruguaya de la CLM.....	3
Tabla III: Identificación y ubicación de las estaciones de muestreo.	11
Tabla IV: Parámetros analizados	13
Tabla V: Variables consideradas en el monitoreo de la CLM y estaciones en las que son muestreadas	15
Tabla VI: Cálculos utilizados para representar los valores numéricos de los resultados yuxtapuestos a los límites de la técnica.	16
Tabla VII: Valoración del estado trófico de ríos a partir del IET, elaborado según los valores de fósforo total	17
Tabla VIII: Parámetros de calidad de agua del IQA y peso respectivo	17
Tabla IX: Escala cromática asociada a las categorías de calidad de agua del IQA	18
Tabla X: Escala cromática asociada a las categorías de calidad del agua del índice GEMS.....	18
Tabla XI. Relación Clo a/Feo a en la estación de cierre del río Yaguarón durante 2018.....	31
Tabla XII: Relación Clo a/Feo a en la estación de cierre del río Tacuarí durante 2018.....	44
Tabla XIII. Relación Clo a/Feo a en la estación de cierre del río Cebollatí durante 2018.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cuadro sinóptico de los porcentajes de cumplimiento e incumplimiento de diferentes variables con respecto a su valor estándar, en las estaciones muestreadas en la cuenca de la Laguna Merín en 2018.....	98
Anexo 2: Cuadro sinóptico de los porcentajes de cumplimiento e incumplimiento de los diferentes plaguicidas muestreados, con respecto a su valor estándar, en las estaciones muestreadas en la cuenca de la Laguna Merín en 2018.....	99
Anexo 3: Variables muestreados <i>in situ</i> en la cuenca de la Laguna Merín durante 2018.....	100
Anexo 4: Nutrientes y Sólidos muestreados en la cuenca de la Laguna Merín durante 2018.....	101
Anexo 5: Variables biológicas y AOX muestreados en la cuenca de la Laguna Merín durante 2018.	102
Anexo 6: Fitosanitarios muestreados en la cuenca de la Laguna Merín durante 2018.....	103
Anexo 7: Fitosanitarios muestreados en la cuenca de la Laguna Merín.....	104
Anexo 8: Meteorología y Pluviometría: Estación meteorológica de Melo	105
 Fig. A: Temperatura, presión y humedad atmosféricas en el mes previo al muestreo..	106
Fig. B: Intensidad y dirección del viento durante los 30 días previos a cada campaña de muestreo.	107
Fig. C: Registros de precipitación en la cuenca de la Laguna Merín durante los 30 días previos a cada campaña.	108
Fig. D: Precipitación y viento predominante durante la misma, en los 30 días previos a cada campaña de muestreo.	109
 Tabla A: Valores extremos y promedio de diferentes variables meteorológicas en la estación meteorológica de Melo.....	110

1. INTRODUCCION

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 Medio Ambiente y de proponer e instrumentar la Política Nacional en la materia, generando pautas que garanticen un desarrollo sostenible.

El Departamento Seguimiento de Componentes del Ambiente (DSCA) tiene como uno de sus cometidos formular, ejecutar y evaluar los programas de monitoreo de calidad de los diferentes cuerpos de agua del país.

En este contexto, el DSCA lleva a cabo el monitoreo de calidad de agua en la hemicuenca en territorio uruguayo de la Laguna Merín.

Desarrollar este plan ha implicado un esfuerzo muy significativo, cada campaña implicó 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. Este Programa pone a disposición de los ciudadanos la información generada, así como los aspectos técnicos vinculados a la obtención de la misma.

La calidad del agua superficial es una de las variables ambientales más importantes a ser monitoreada y es de valor como un indicador de la mejora o el deterioro ambiental para poder tomar acciones a corto plazo.

La incorporación del Programa de Estudio de la Cuenca de la Laguna Merín (CLM) en 2014 ha permitido iniciar el relevamiento de los diferentes ríos que conforman esta región. A su vez, constituye un aporte relevante al conocimiento de las características ambientales que se suma a los trabajos que DINAMA viene realizando en otras cuencas del país.

Las tendencias crecientes o decrecientes en parámetros claves pueden alertar sobre la aproximación a umbrales críticos que requieren acciones de remediación.

El sistema hídrico de la Laguna Merín es de gran importancia para el país, tanto por su extensión como por los usos actuales y potenciales de los recursos de su cuenca. En la actualidad la cuenca de la Laguna Merín es utilizada con distintos fines siendo los más destacados: agua para consumo humano, agua para riego, extracción de áridos, turismo, balneario, pesca artesanal y deportiva. Asimismo, es cuerpo receptor de los efluentes de las ciudades asentadas en sus márgenes y de sus afluentes.

1.1. Objetivo general del programa

Las actividades desarrolladas en este programa de monitoreo de la cuenca de la Laguna Merín, tienen como principal objetivo, establecer una línea de base de la calidad del agua de la hemicuenca dentro del territorio nacional y definir un programa de tendencia de la calidad del agua, que permita evaluar a corto y mediano plazo el comportamiento del sistema y contar con suficiente información para evaluar el posible impacto producido por futuros emprendimientos que se instalen en la misma.

1.2. Descripción de la cuenca de la Laguna Merín

La cuenca de la laguna Merín es una cuenca binacional, ubicada en el sur brasileño y el este uruguayo, cuenta con una superficie aproximada de 62.250 km² (Fig. 1). La Laguna Merín es un cuerpo de agua dulce en la frontera entre Brasil y Uruguay. Es el segundo cuerpo de agua dulce en tamaño de Sudamérica, tras el Lago Titicaca.

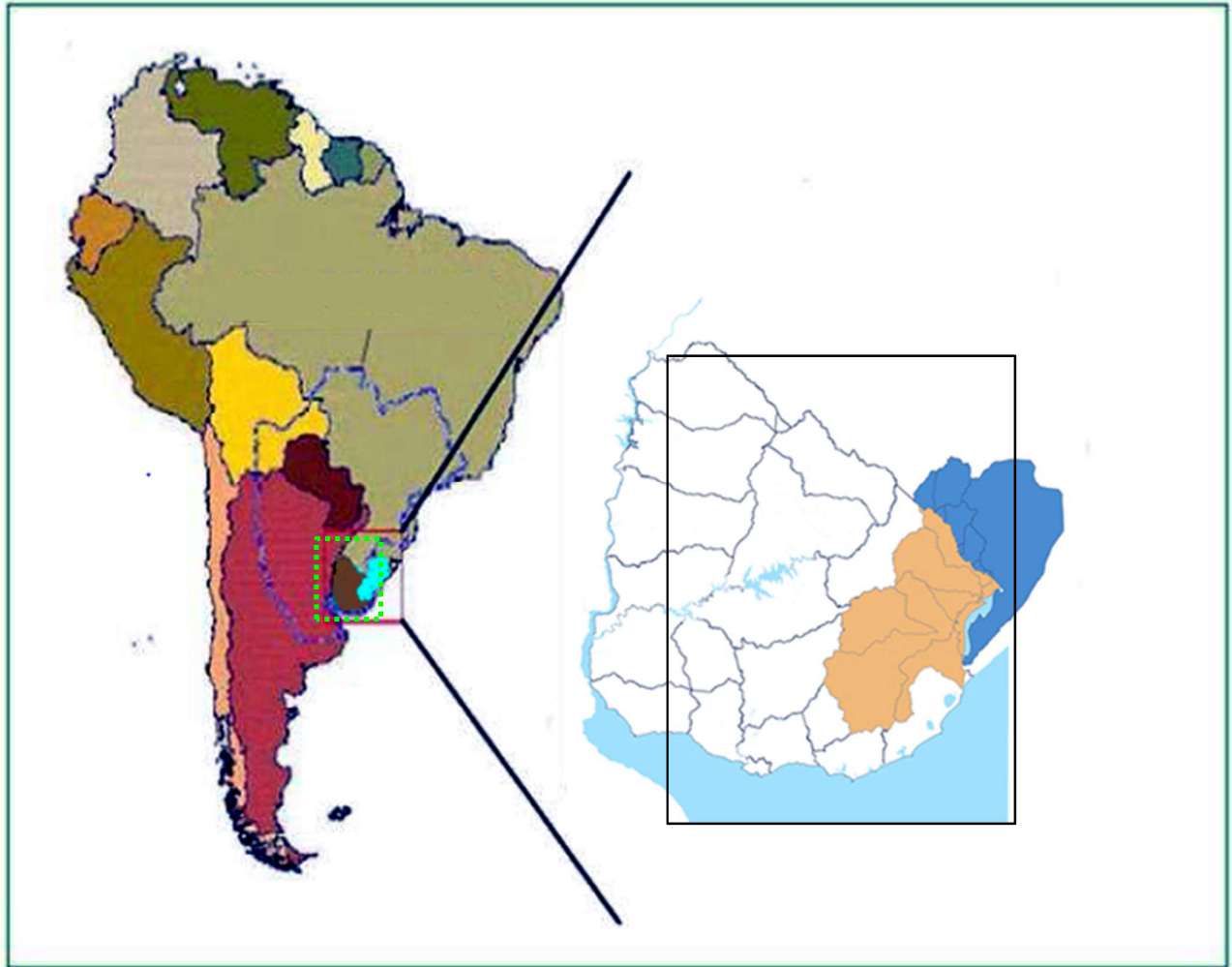


Fig. 1: Cuenca de la Laguna Merín

La región que incluye el presente estudio, la Cuenca Binacional de la Laguna Merín, se encuentra en el sector este del cono sudamericano (en la costa atlántica de América del Sur); y está dividida en una hemicuenca uruguaya (33000 km²) y una hemicuenca brasileña (29250 km²) (Figs. 2 y 3; Tabla. I), entre los 31° y 34°S y los 51° y 55°W.

Tabla I: Cuenca de la Laguna Merín. Áreas correspondientes a cada hemicuenca

PAÍS	Área de cuenca, Km ² (%)
URUGUAY	33.000 (53%)
BRASIL	29.000 (47%)
TOTAL	62.250 (100%)



Fig. 2: Cuenca binacional de la Laguna Merín. Fuente: ONU 2009

La laguna Merín es producto de la acumulación hídrica en una depresión tectónica. El espejo lagunar tiene una superficie aproximada de 3.750 Km², y una profundidad máxima de 30 m. En conjunto con la Laguna de los Patos (situada en el estado brasileño de Rio Grande do Sul), forma un sistema lacustre costero. Si bien los principales cursos fluviales desembocan en esta laguna litoral e interior, la misma no es definida como cuenca endorreica ya que a través del canal natural de San Gonzalo (al NW), las aguas de la Laguna Merín se comunican con la Laguna de los Patos en Brasil; a su vez, esta última está en conexión con el Océano Atlántico.

La hemicuenca uruguaya, drenada principalmente por los ríos Cebollatí, Yaguarón, Olimar, Tacuarí y San Luis, ocupa una extensión de 27892 Km² (MVOTMA, 2017), distribuidos como se observa en la tabla II.

Tabla II: Hemicuenca uruguaya de la CLM. Área estimada de cada subcuenca y porcentaje relativo a la hemicuenca. La diferencia refiere a áreas no drenadas por los principales tributarios.

Subcuenca	Área	
	Km ²	%
Yaguarón	1650	6
Tacuarí	4684	17
Cebollatí	12117	43
Olimar	5320	19
San Miguel	1223	4
San Luis	860	3
TOTAL	25854	93
TOTAL CLM	27892	100

El tributario más importante en el sector brasileño es el río Piratini, que con un área de cuenca de 5760 Km² drena, aproximadamente, el 20 % de la hemicuenca brasileña.

1.3. Hidrología

Los principales tributarios de la laguna Merín, reciben el aporte de numerosos afluentes, formando una tupida red de drenaje de la cuenca (Fig. 4).

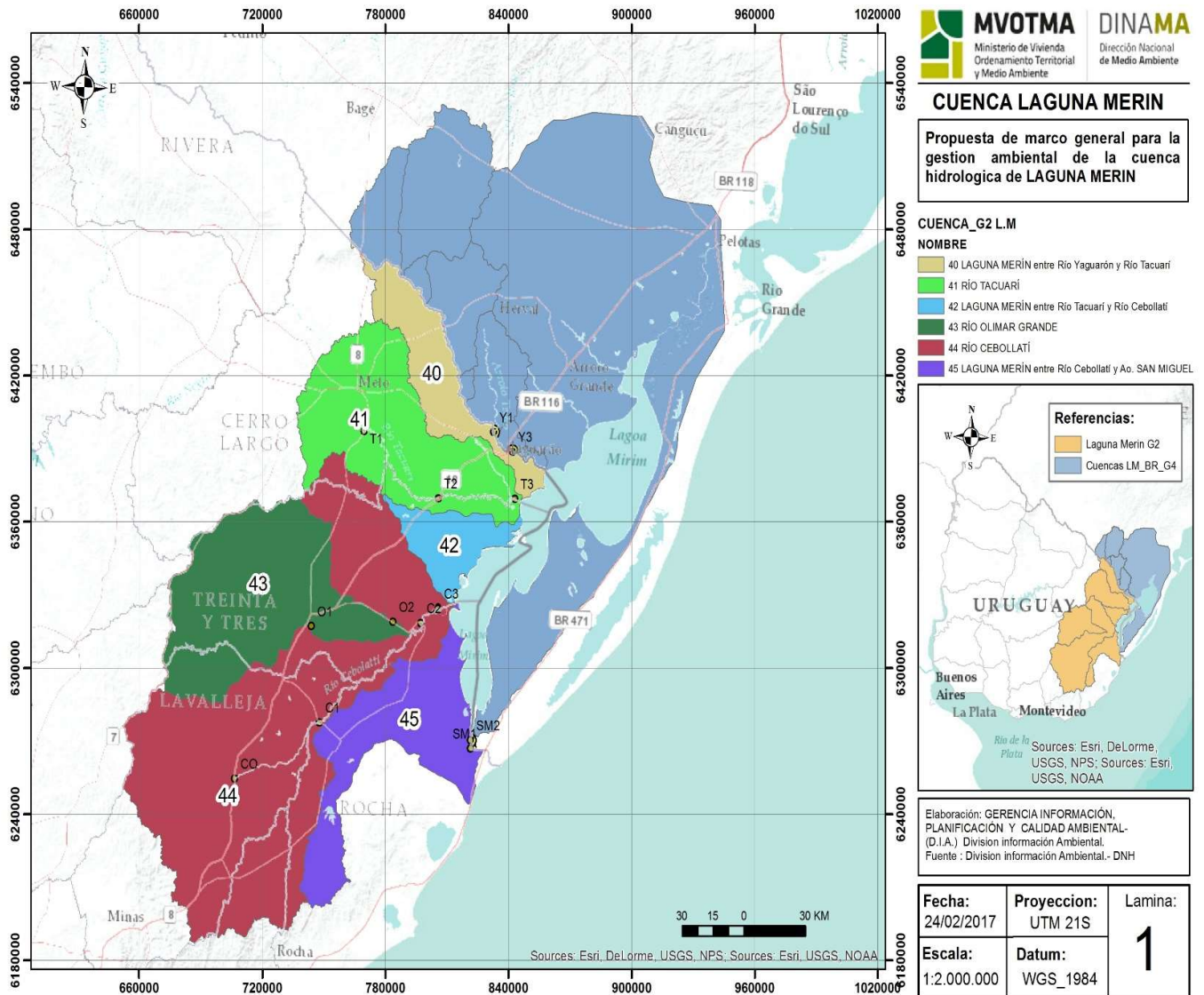


Fig. 3: Hemicuenca uruguaya en grado 2

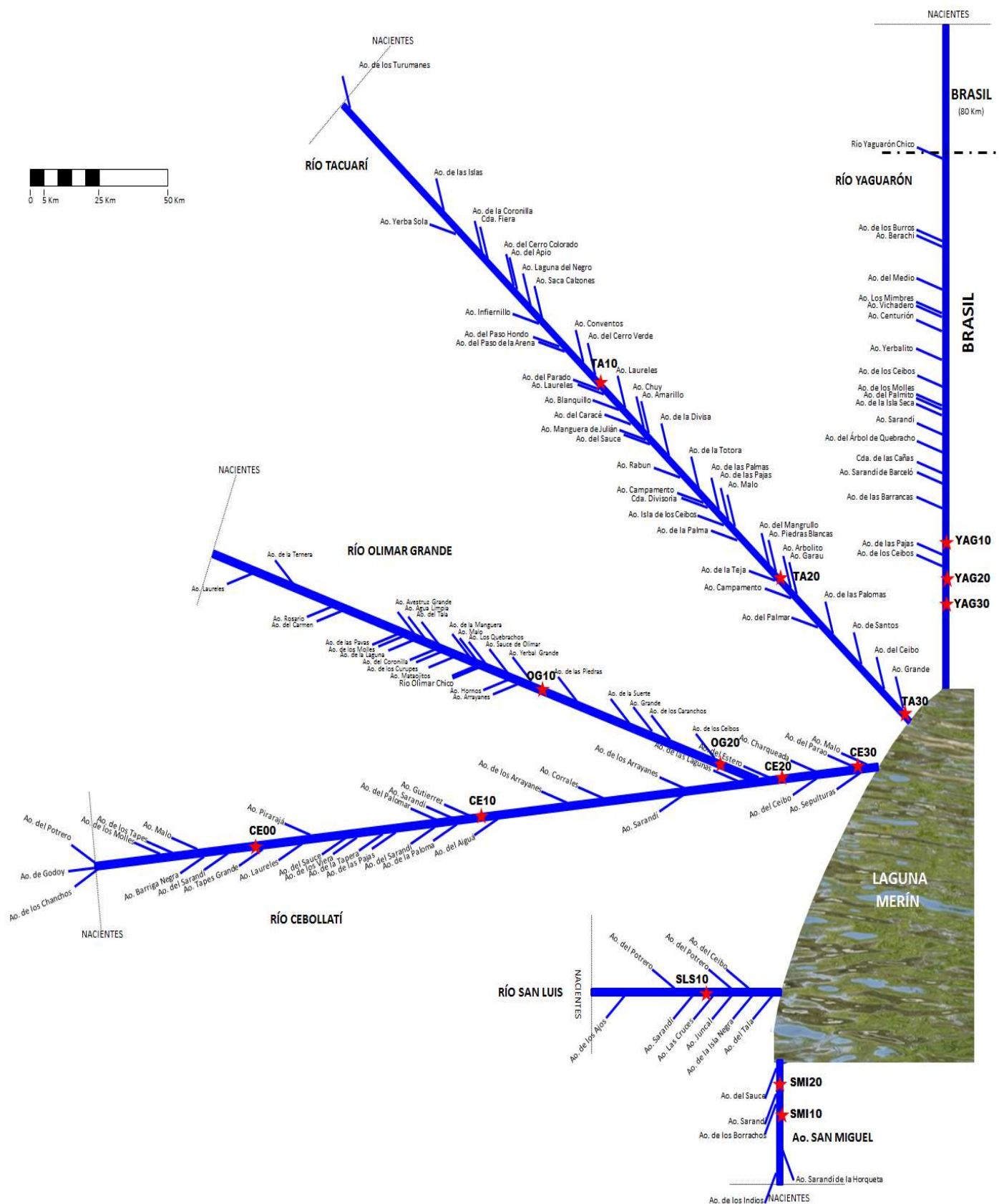


Fig. 4: Hemicuenca uruguaya. Esquema de la CLM. Principales tributarios de la laguna y sus afluentes. Ubicación de las estaciones de monitoreo

1) Subcuenca del río Yaguarón

El río Yaguarón (Fig. 5) tiene sus nacientes en el sur de Brasil, cerca de la ciudad de Candiota y hace las veces de límite entre éste país y Uruguay hasta su desembocadura en la laguna Merín. La cuenca del Río Yaguarón está ubicada en el área de la frontera entre Brasil y Uruguay, entre las latitudes 31°18' y 32°44' Sur, y las longitudes 53°08' y 54°14' Oeste. La cuenca se extiende sobre 7.491 kilómetros cuadrados de los cuales el 78% se encuentra en territorio brasileño y el 22% en territorio uruguayo. Su longitud es de aproximadamente 135 Km y su profundidad media de 2.5m. Sus principales afluentes son el arroyo de las Cañas, el arroyo Sarandí de Barcelo, el arroyo Sarandí y el río Yaguarón Chico.

Para diferentes mediciones realizadas por DINAGUA entre enero y agosto de 2016, el río Yaguarón registra un caudal mínimo de 1 m³/s, un máximo de 4,5 m³/s y un promedio de 2,3 m³/s.

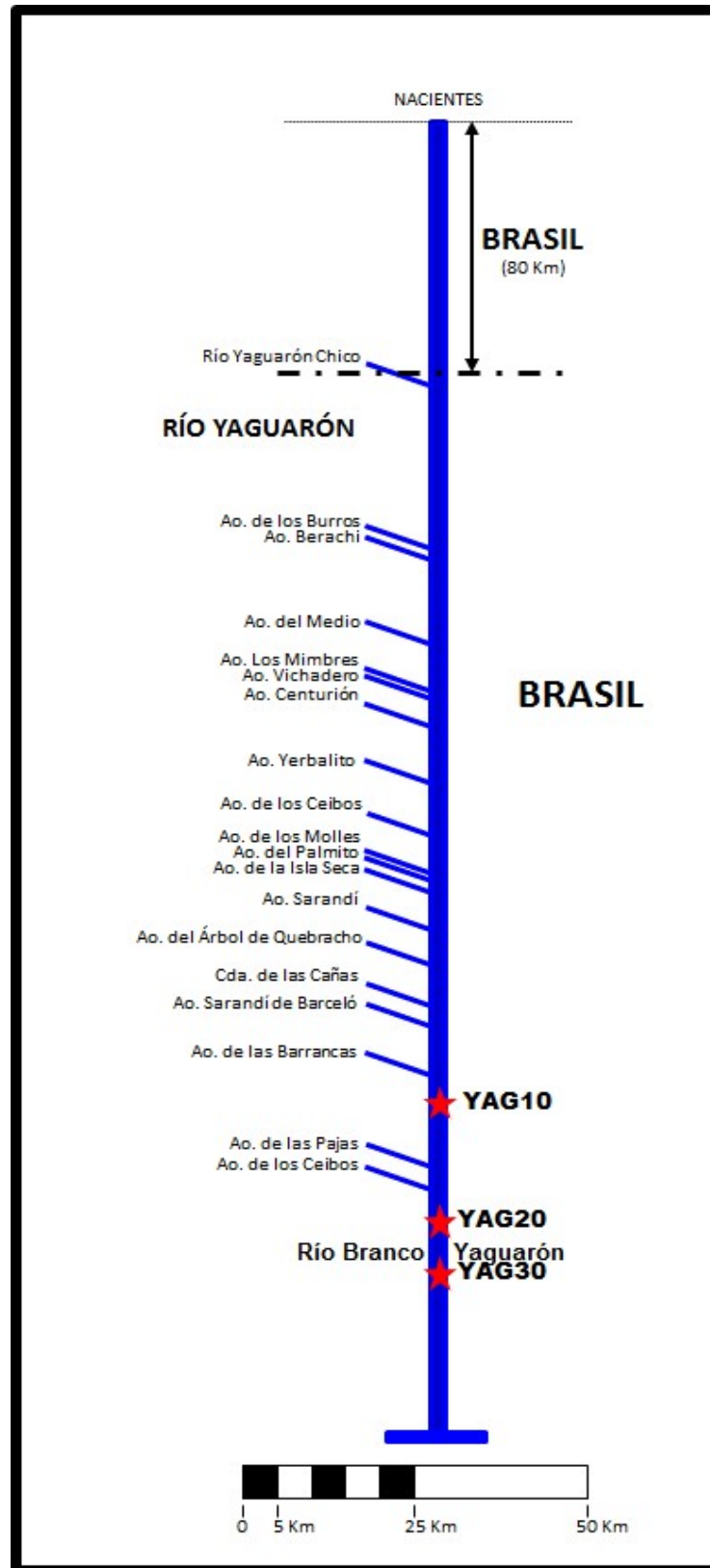


Fig. 5: Subcuenca río Yaguarón

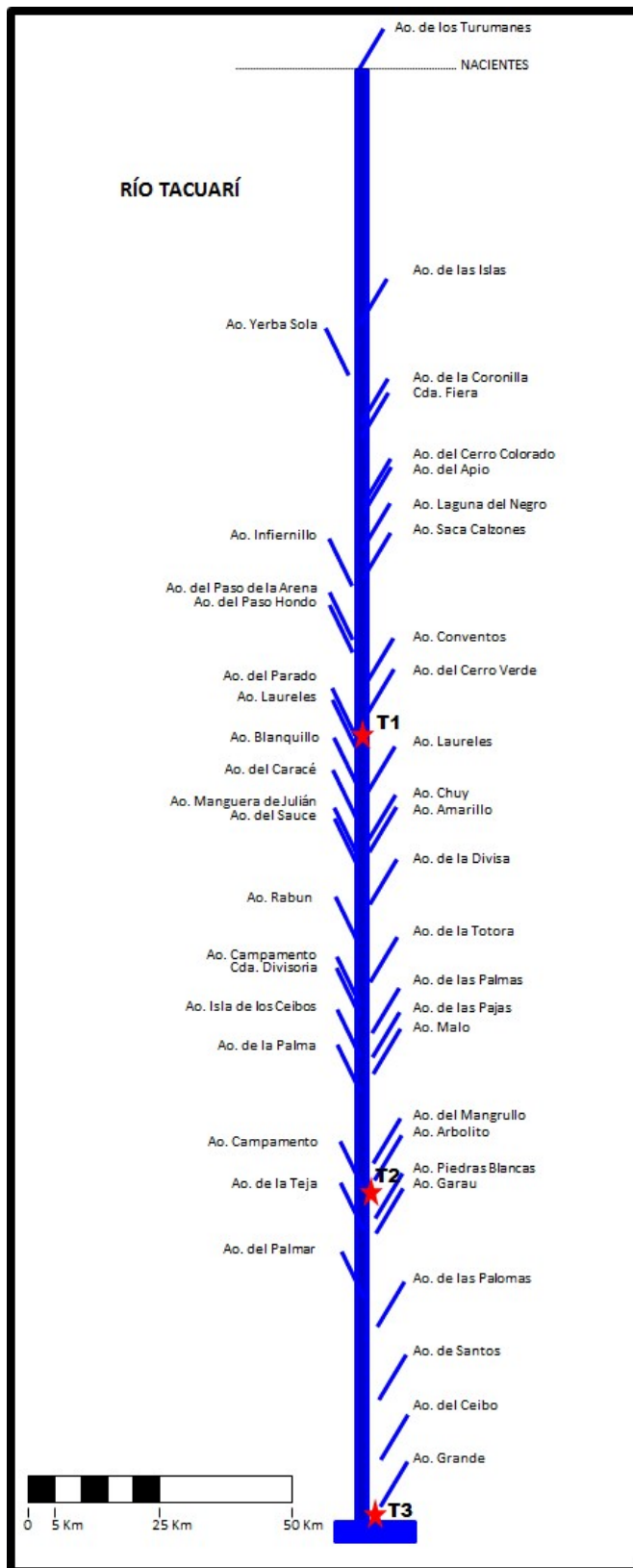


Fig. 6: Subcuenca río Tacuarí

2) Subcuenca del río Tacuarí (Fig. 6)

El Tacuarí nace, a 103 m de altitud, en la Cuchilla Guazunambí, un ramal de la Cuchilla Grande en el Departamento de Cerro Largo y lo recorre de noroeste a sudeste hasta el límite con el Departamento de Treinta y Tres para luego desembocar en la Laguna Merín.

Sus principales afluentes son: por la margen izquierda el Ao. Del Ceibo, Ao. De Santos, Ao. Chuy y Ao. Conventos. Por la margen derecha el Ao. Del Palmar, Ao. Del Parado y Ao. Infiernillo.

El cauce principal mide 230 Km, mientras que la cuenca abarca aproximadamente 3.600 km². Su caudal promedio durante 2016 fue de 86 m³/s, mientras que el mínimo y el máximo fueron de 1 m³/s y 1664 m³/s respectivamente.

3) Subcuenca del río Cebollatí

El río Cebollatí (Fig. 7) es el principal afluente de la laguna Merín y es uno de los ríos más largos del Uruguay, con un curso de 235 km.

Nace en la Cuchilla Cerro Partido (Departamento de Lavalleja) y transcurre en dirección SW-NW hasta desembocar en la Laguna Merín. Es el límite entre los departamentos de Rocha y Treinta y Tres y es navegable por barcos de escaso calado desde la desembocadura de uno de sus afluentes, el río Olimar, hasta la laguna Merín donde desemboca. Nace a partir de la confluencia de tres arroyos, el Ao. de los Chanchos, el Ao. de Godoy y el Ao. del Potrero, en el Departamento de Lavalleja. Sus principales tributarios son: por su margen izquierda el Ao. del Parao, el Ao. Corrales y, fundamentalmente, el río Olimar Grande; por su margen derecha el Ao. del Aiguá, el Ao. Laureles y el Ao. Tapes Grande. La nutrida red de tributarios del río Cebollatí drena una cuenca de alrededor de 30.000 km². Según datos extraídos de DINAGUA entre enero y setiembre de 2016, su caudal promedio, en la Picada de Corbo, cercana a Pirarajá, es de 437 m³/s, mientras que los caudales mínimo y máximo reportados son de 15 y 15279 m³/s respectivamente.

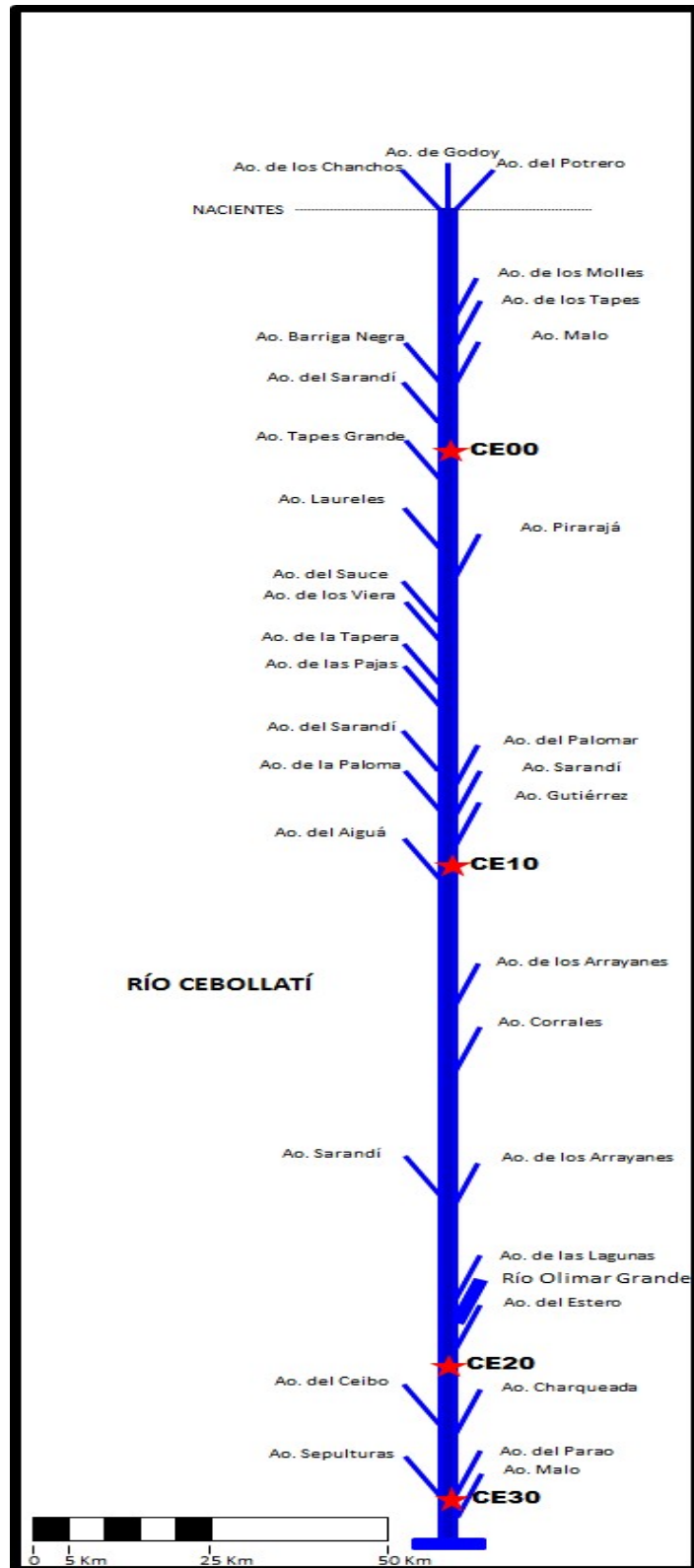


Fig. 7: Subcuenca río Cebollatí

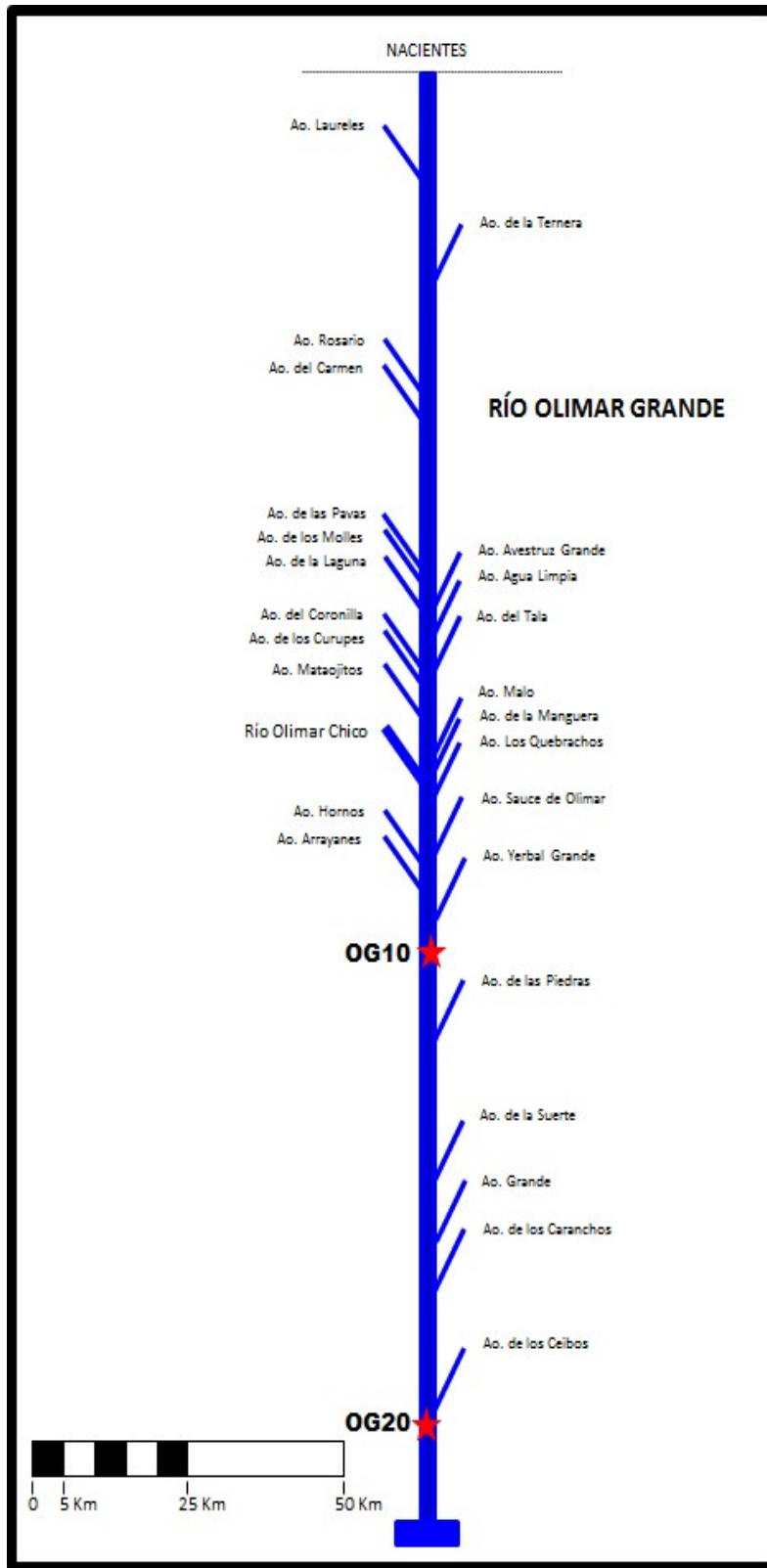


Fig. 8: Subcuenca río Olimar Grande

4) Subcuenca río Olimar Grande

El Olimar (Fig. 8) es un río cuyo curso se ubica enteramente dentro del departamento de Treinta y Tres. Tiene sus nacientes en las inmediaciones de la ciudad de Santa Clara, en la Cuchilla Grande al oeste del departamento y recorre el territorio hacia el este, recibiendo las aguas del río Olimar Chico y de los arroyos de las Pavas y del Carmen en su margen derecha y de los Ceibos, Yerbai y Avestruz Grande por su margen izquierda. Desemboca en el río Cebollatí, del cual es el principal afluente. Tiene una longitud de 160 Km, y la extensión de su cuenca es de 5.320 km². Según los datos de DINAGUA, su caudal promedio, en la ciudad de Treinta y Tres durante 2016, es de 150 m³/s, mientras que su mínimo y máximo fueron 2 y 5126 m³/s respectivamente.

5) Región sur, subcuenca entre río Cebollatí y Ao. San Miguel

Es una zona baja y densamente irrigada. El Ao. San Miguel (Fig. 9) es un pequeño curso de agua, ubicado en el Departamento de Rocha, ejerciendo como frontera internacional con el Brasil. Tiene una longitud aproximada a los 35 Km y sus principales tributarios son los Ao. del Sauce y de los Indios en su margen izquierda y el Ao. Sarandí de la Horqueta en su margen derecha.

El aportador de mayor tamaño en esta Subcuenca es el río San Luis (Fig. 9). Este, enteramente ubicado en el Departamento de Rocha, es afluente de la laguna Merín y recibe las aguas de varios arroyos bastante extensos, como el de la Isla Negra y el Sarandí en su margen derecha y el del Ceibo, el del Potrero y el de la India Muerta por su margen izquierda. Con una longitud de alrededor de 70 Km, su cuenca es bastante extensa, alcanzando 1223 km².

La porción media de esta Subcuenca es drenada por el Ao. Barranco de Pelotas, que tras 57 Km de recorrido, naciendo en la cuchilla de la Carbonera, desagua directamente a la Laguna Merín.

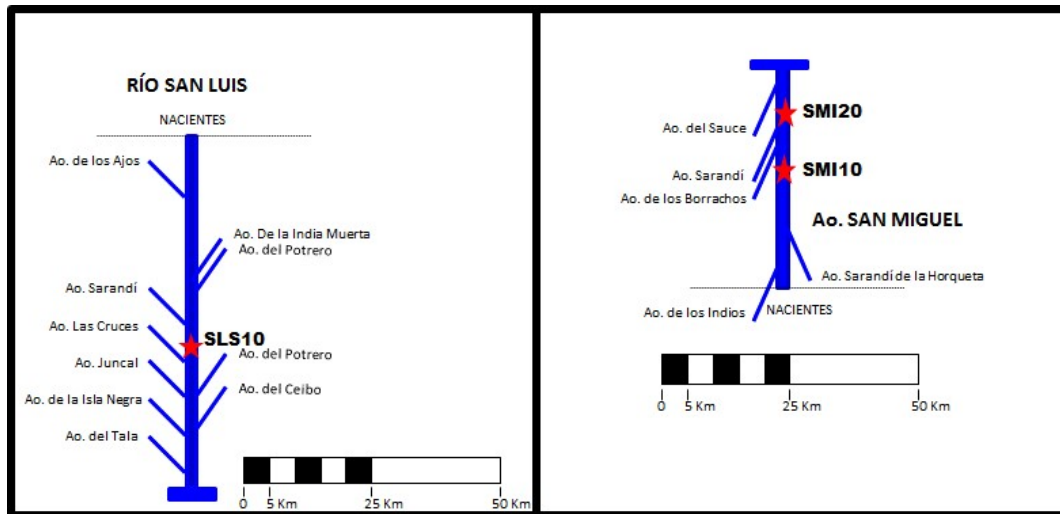


Fig. 9: Subcuenca del Ao. San Luis (izquierda) y Subcuenca del río San Miguel (derecha).

6) Región Este, Subcuenca entre ríos Tacuarí y Cebollatí

Esta zona, de alrededor de 2000 Km², ubicada entre los ríos Tacuarí y Cebollatí, involucra diferentes cursos de agua, de menor porte, que desaguan directamente a la laguna, y no a un curso más importante. Es drenada mayormente por el Ao. Sarandí Grande y su principal tributario el Ao. Sarandí Chico. Asimismo, los Aos. De Ayala y Zapata, con sus numerosos afluentes complementan el desagüe de esta zona en la laguna.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS – Plan de trabajo

La metodología de trabajo utilizada se basó en el Programa Internacional del Sistema Global de Monitoreo Ambiental (GEMS/Agua), adaptándose a las capacidades nacionales disponibles (recursos humanos, equipos, materiales, técnicas, etc.).

2.1. Campañas de monitoreo

En el período 2018 se realizaron 3 campañas de las cuatro planificadas (marzo, junio, y diciembre), siendo suspendida la restante por problemas logísticos. Se muestrearon 15 estaciones en 6 cursos de agua, 5 de ellos afluentes directos de la Laguna Merín: Cebollatí, Tacuarí, Yaguarón San Miguel, y Aº. San Luis. El sexto río considerado, el Olimar desagua en la porción final del río Cebollatí (Fig. 10, Tabla III). La colecta de muestras se realizó superficialmente desde la costa, puentes o desde embarcación, según las características de la estación. Se priorizaron las zonas cercanas a las desembocaduras, consideradas cierre de cuenca, ya que el objetivo del trabajo es evaluar su posible influencia en la calidad de agua de la Laguna Merín.

Tabla III: Identificación y ubicación de las estaciones de muestreo. Tributario a la Laguna Merín, nombre de la estación y su georreferenciación.

TRIBUTARIO	ESTACIÓN	LATITUD (S)	LONGITUD (W)
CEBOLLATÍ	CE00	33º 49' 46.52"	54º 46' 08.14"
	CE10	33º 36' 47.14"	54º 19' 44.96"
	CE20	33º 13' 56.53"	53º 48' 37.39"
	CE30	33º 10' 38.00"	53º 43' 18.00"
OLIMAR	OG10	33º 15' 27.38"	54º 22' 55.87"
	OG20	33º 13' 53.68"	53º 57' 24.40"
TACUARÍ	TA10	32º 31' 50.08"	54º 07' 50.25"
	TA20	32º 46' 09.67"	53º 44' 06.38"
	TA30	32º 45' 34.55"	53º 20' 19.19"
YAGUARÓN	YAG10	32º 31' 07.00"	53º 27' 28.00"
	YAG20	32º 34' 11.00"	53º 24' 58.00"
	YAG30	32º 35' 13.00"	53º 21' 30.00"
SAN MIGUEL	SMI10	33º 41' 20.00"	53º 31' 56.00"
	SMI20	33º 39' 32.00"	53º 32' 01.00"
SAN LUIS	SL10	33º 35' 57.00"	53º 42' 53.00"

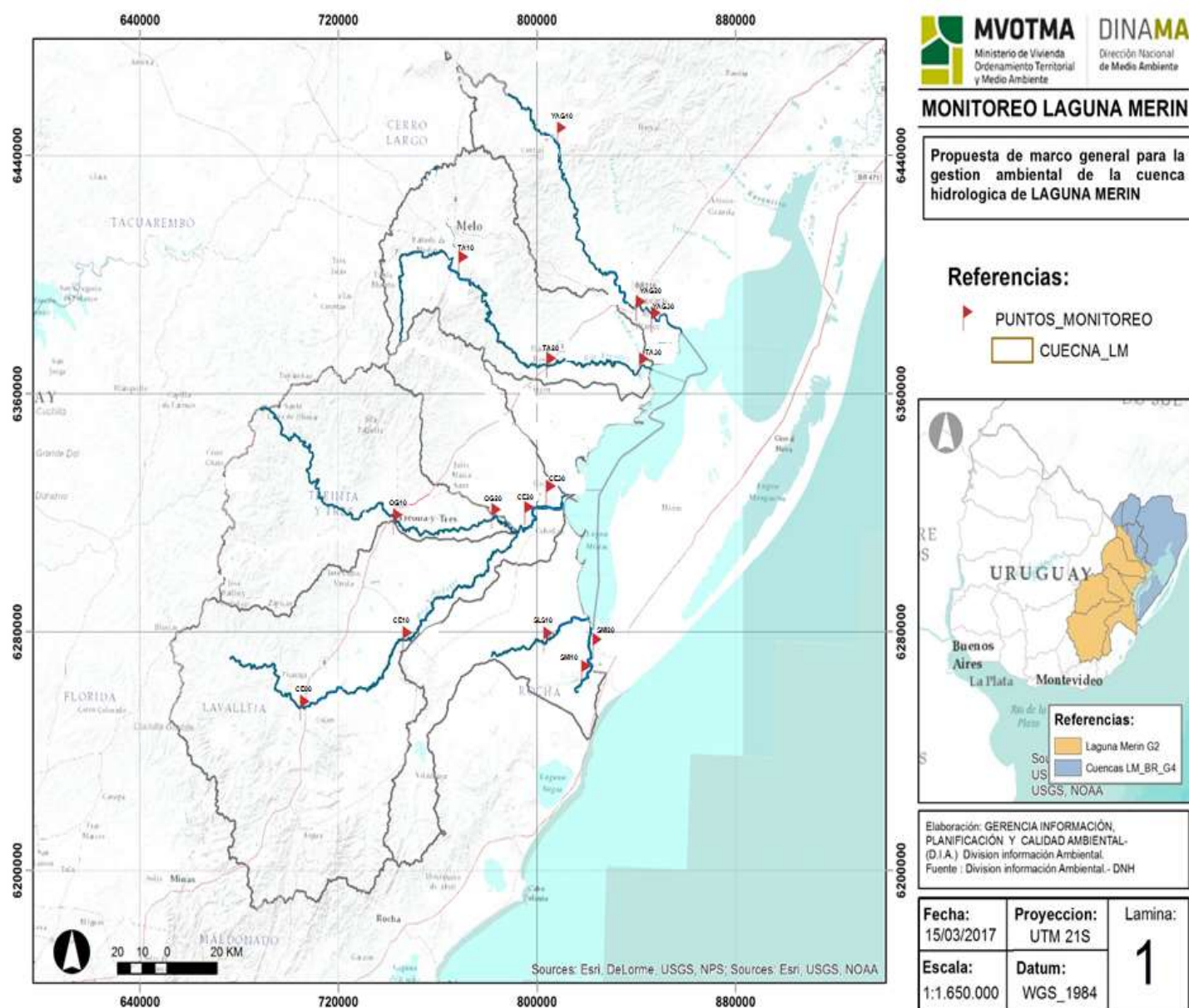


Fig. 10: Localización de las estaciones de muestreo en la cuenca de la Laguna Merín. CE00-30, río Cebollatí; OG10-20, río Olimar; SLS10, Ao. San Luis; SMI10-20, río San Miguel; TA10-30, río Tacuarí y YAG10-30, río Yaguarón (el río Yaguarón y el Ao. San Miguel son frontera internacional con Brasil).

Se determinaron parámetros ambientales clásicos y posibles contaminantes antrópicos, según procedimientos de referencia de DINAMA (Tabla IV, Fig. 11). Algunos parámetros se determinaron sólo en las estaciones de muestreo más cercanas a la desembocadura (CE30, OG20, TA30, YAG30 y SMI20, Tabla V). En el caso del Ao. San Luis, no fueron determinados: clorofila *a*, feofitina *a*, AOX, ni pesticidas (Tabla V).

Los resultados fueron comparados con la legislación vigente para los parámetros regulados en el Decreto 253/979 y modificativos, que reglamenta el Código de Aguas del Uruguay (Tabla IV). Los ríos estudiados están comprendidos dentro de las aguas superficiales de Clase 3 de dicho decreto. Para los demás parámetros se consideraron los valores de referencia del Borrador de Trabajo GESTA Agua (2014) como estándares de calidad. A pesar de que los valores de GESTA no son oficiales, podrían serlo en futuras legislaciones. Para el caso de los AOX, al no haber regulación en ninguna norma nacional, se utiliza el valor de 25 µg/l, propuesto por la República Federal de Alemania (LAWA, 1998).

Tabla IV: Parámetros analizados, su unidad, abreviatura utilizada en el texto, límites según la normativa vigente (Decreto 253/79) para aguas superficiales de clase 3 y normativa propuesta en GESTA agua (2014) aplicada en este trabajo.

	Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dec. 253/79	GESTA 2014	Mesa Técnica	Otros*
Características Físicoquímicas	Conductividad	Cond	µS/cm				
	Oxígeno disuelto	OD	mg/l	≥ 5			
	Porcentaje de saturación de oxígeno	% OD	%				
	Potencial de hidrógeno	pH	--	6,5 - 8,5			
	Temperatura	Tem	°C				
	Transparencia	Trans	cm				
	Turbidez	Turb	NTU	< 50			
	Compuestos halogenados adsorbibles	AOX	µg/l				< 25 **
	Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l				
	Sólidos totales	ST	mg/l				
Nutrientes	Sólidos totales fijos	STF	mg/l				
	Sólidos totales volátiles	STV	mg/l				
	Fósforo reactivo soluble	PO ₄ ³⁻	µg/l			< 35	
	Fósforo total	PT	µg/l	≤ 25	≤ 70		
	Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/l	≤ 10	≤ 5		
	Nitritos	NO ₂ ⁻	mg/l		≤ 0,1		
	Nitrógeno amoniacal	NH ₄ ⁺	mg/l		≤ 0,5		
Biológicas	Amonio libre	NH ₃ ⁻	mg/l	≤ 0,02 °			
	Nitrógeno total	NT	mg/l			< 1	
	Clorofila <i>a</i>	Clo <i>a</i>	µg/l			< 30	
	Feofitina <i>a</i>	Feo <i>a</i>	µg/l				
Fitosanitarios	Coliformes termotolerantes	CT	UFC/100 ml	≤ 2000 *			
	Endosulfán α	Endoα	µg/l		sumados ≤ 0,02		
	Endosulfán β	Endoβ	µg/l				
	Endosulfán SO ₄	EndoSO ₄	µg/l				
	Glifosato	Glifosato	µg/l		≤ 0,65		
	Ácido amino-metil-fosfónico	AMPA	µg/l				
	Diclorodifenildicloroetano forma p,p' (metabolito de DDT)	DDD	µg/l		sumados ≤ 0,001		
	Diclorodifenildicloroetileno forma p,p' (metabolito de DDT)	DDE	µg/l				
	Diclorodifeniltricloroetano forma p,p'	DDT	µg/l				
	Endrin	Endrin			≤ 0,004		
	Metil paratión	Met-parat			≤ 0,04		
	Etil paratión	Et-parat					
	Aldrin	Aldrin			sumados ≤ 0,004		
	Dieldrin	Dieldrin					
	Atrazina	Atrazina	µg/l		≤ 1,8		
	Clordano cis	Clor-cis	µg/l		sumados ND		
	Clordano trans	Clor-trans	µg/l				
	Clorpirifos	Clorpirifos	µg/l		< 0,035		
	Heptacloro	HCl	µg/l		sumados ND		
	Heptacloro epóxido	HCIEpox	µg/l				
	Lindano	Lindano	µg/l		≤ 0,01		
	Malation	Malation	µg/l				
	Metoxicloro	Metoxicloro	µg/l		≤ 0,03		
	Mirex	Mirex	µg/l		ND		

** República Federal de Alemania.

Mesa Técnica = Mesa Técnica del Agua. 2017.

* No se deberá exceder el límite de 2000 UFC/100 ml en ninguna de al menos 5 muestras, debiendo la media geométrica de las mismas estar por debajo de 1000 UFC/100 ml.

° Es calculado a partir de la concentración de amoníaco como se describe en la sección metodología.

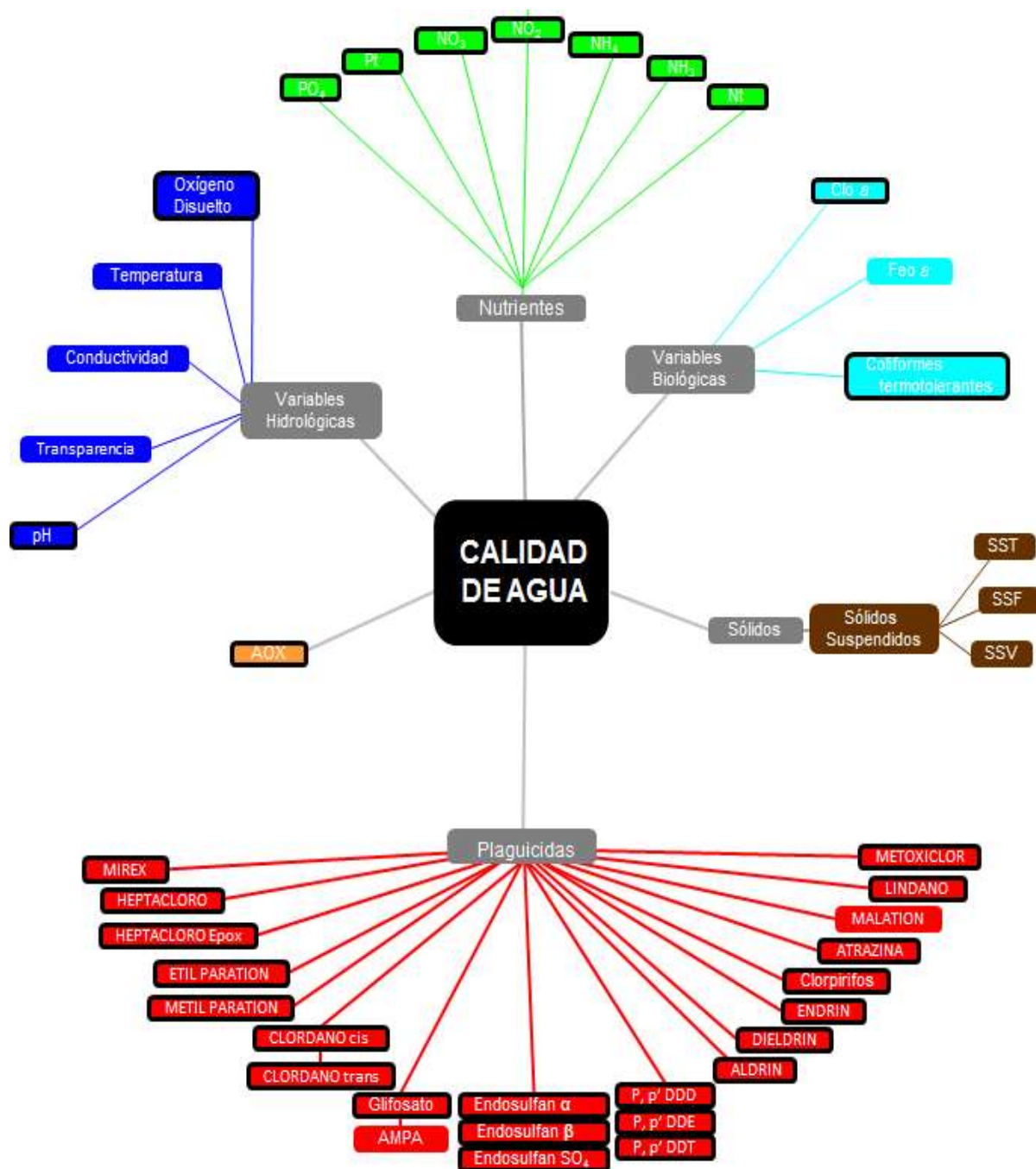


Fig. 11: Representación esquemática de variables analizadas en la CLM. Con recuadro negro se marcan las variables con estándares contemplados en el Decreto 253, grupo GESTA Agua y Mesa Técnica del Agua.

Tabla V: Variables consideradas en el monitoreo de la CLM y estaciones en las que son muestreadas

		CEBOLLATI				OLIMAR		TACUARI			YAGUARÓN			SAN MIGUEL		SAN LUIS
		C0	C1	C2	C3	O1	O2	T1	T2	T3	Y1	Y2	Y3	SM1	SM2	SL1
Físico-químicas	Temperatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Conductividad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Oxígeno Disuelto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Saturación O ₂	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	pH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Transparencia			X	X	X	X			X	X	X	X		X	X
	SST	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	SSF	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	SSV	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	AOX				X		X			X			X		X	
Nutrientes	Nitratos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Nitritos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Nitrógeno Amoniacal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Amonio Libre	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Nitrógeno Total	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Fosfatos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Fósforo Total	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Biológicas	Clorofila a				X		X			X			X		X	
	Feofitina a				X		X			X			X		X	
Fitosanitarios	Colif. Termotolerantes	X			X	X	X	X		X			X		X	X
	Endosulfan α				X		X			X			X		X	
	Endosulfan β				X		X			X			X		X	
	Endosulfan SO ₄				X		X			X			X		X	
	Glifosato				X		X			X			X		X	
	AMPA				X		X			X			X		X	
	p,p' DDD				X		X			X			X		X	
	p,p' DDE				X		X			X			X		X	
	p,p' DDT				X		X			X			X		X	
	Aldrin				X		X			X			X		X	
	Diendrin				X		X			X			X		X	
	Endrin				X		X			X			X		X	
	Etil paration				X		X			X			X		X	
	Metil paration				X		X			X			X		X	
	Atrazina				X		X			X			X		X	
	Clorpirifos				X		X			X			X		X	
	Lindano				X		X			X			X		X	
	Malation				X		X			X			X		X	
	Clordano trans				X		X			X			X		X	
	Clordano cis				X		X			X			X		X	
	Heptacloro				X		X			X			X		X	
	Heptacloro Epox				X		X			X			X		X	
	Metoxiclor				X		X			X			X		X	
	Mirex				X		X			X			X		X	

2.2. Metodología

2.2.1. Tratamiento de los datos

En el caso de algunas variables, buena parte de los resultados están comprendidos en el entorno de los límites de la técnica. Para facilitar el tratamiento de estos datos se toman por convención las analogías que se observan en la Tabla VI.

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

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

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

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

El nitrógeno orgánico fue determinado a partir de la fórmula:

$$N_{org} = +Nt - NO_3 - NO_2 - NH_4$$

2.2.2. Índices

Los 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.

La finalidad del Índice de Estado Trófico (IET) es clasificar los cuerpos de agua en diferentes grados de trofia, o sea, clasifica la calidad del 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 total, deben ser entendidos como una medida del potencial de eutrofización, ya que este nutriente es el principal causante de este proceso. Para el cálculo de este índice se utiliza la fórmula de Lamparelli (2004):

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

El IET presenta la escala de calidad del agua según la concentración de las variables que muestra la tabla VII. Entre todas, se seleccionó el fosforo total como la variable más explicativa.

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

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

El Índice de Calidad de Agua (IQA) fue desarrollado por CETESB (Brasil), siendo una modificación del Water Quality Index (WQI) desarrollado por la NSF (EEUU), aunque los parámetros y las ponderaciones tienen leves variaciones. Las variables utilizadas para el cálculo del IQA son 8: pH, % saturación de oxígeno, DBO₅, turbidez, fósforo total, nitrógeno total, sólidos totales y coliformes termotolerantes, que para este estudio son reemplazados por E. coli. La fórmula utilizada por Quintans (2015) para el cálculo de este índice es la siguiente:

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

Donde:

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

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






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

Tabla VIII: Parámetros de calidad de agua del IQA y peso respectivo

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

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

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

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

2.2.3. Información climática

Las condiciones climáticas fueron relevadas a partir de la estación del Servicio de Información Meteorológica OGIMET, estación Melo, con el fin de complementar con la situación climática en los días de campaña y los precedentes. Se trabajó sobre los promedios de los registros diarios de cada variable presentada durante los 30 días previos a cada salida de muestreo (el día del inicio de muestreo y los 29 días precedentes) (Anexo 8).

3. RESULTADOS

En este capítulo presentaremos los resultados correspondientes a calidad del agua superficial obtenidos en el marco del *Plan de monitoreo de la cuenca de la Laguna Merín* –durante 2018. Se dispone de datos provenientes de 3 muestreos de agua para el período de estudio.

Los datos obtenidos serán comparados con los estándares de calidad de agua establecidos o propuestos.

Estos estándares de calidad de agua aplicados para la evaluación son los establecidos para Clase 3, en el Decreto 253/79 y modificativos que reglamenta el Código de Aguas del Uruguay y, en el caso de los AOX, se utiliza la norma de la República Federal de Alemania (LAWA, 1998)

De las 45 variables analizadas en los diferentes cursos de agua durante el período considerado, 31 se encuentran reguladas en la legislación nacional.

3.1. Resumen Ejecutivo

Se comparan los datos registrados durante el período comprendido en el reporte, con los estándares establecidos en el Decreto 253/79 y modif. y la propuesta del grupo GESTA Agua y de la Mesa Técnica del Agua. De estas comparaciones resulta que –en el caso de 27 de estas variables– se cumplen los criterios de calidad para el 100% de los registros (NO_3 , NO_2 , amonio libre, clorofila y los 23 plaguicidas considerados).

Se detecta incumplimiento del decreto en 8 variables contempladas:

OD (3 valores por debajo del valor mínimo estándar (5 mg/l), 2 en la estación SMI10 (marzo y diciembre) y 1 en la estación SMI20 (diciembre).

pH (1 valor por debajo del estándar (6.5 – 8.5) en la estación SMI20 en junio).

Turbidez (10/39 valores por encima del estándar (50 NTU)).

Coliformes termotolerantes (1 valor sobrepasa el estándar (2000 UFC/100ml) en la estación SMI20 en diciembre).

NT (18/40 valores sobrepasan el límite propuesto) por la Mesa Técnica del Agua (1 mg/l). PO_4 (34/40 valores superan el valor guía (35 $\mu\text{g/l}$)) propuesto por la Mesa Técnica del Agua.

PT (33/36 valores exceden el estándar (utilizado (70 $\mu\text{g/l}$), propuesto por el grupo GESTA Agua).

AOX presentan un resultado que supera el estándar, en la estación YAG30 en junio.

En los Anexos 1 y 2 se puede ver el cuadro sinóptico de los porcentajes de cumplimiento e incumplimiento de las diferentes variables con respecto a su valor estándar.

3.2. Calidad de agua

3.2.1. Río Yaguarón

Debido a las dificultades de acceso las estaciones YAG10 y YAG20 sólo pudieron ser muestreadas en la campaña del mes de diciembre.

3.2.1.1. Variables *in situ*

3.2.1.1.1. Temperatura

La temperatura del río Yaguarón durante 2018 fluctuó entre un valor mínimo de 13.2 °C (YAG30 en junio) y un valor máximo de 24.2 °C (YAG30 en diciembre), con un promedio anual de 21.5 °C y una mediana de 23.3 °C.

La variación interanual de temperatura es notoria, siendo en promedio 2.5 °C mayor durante 2018 que en 2017 (promedios de 22.2 °C en 2018 y 19.8°C en 2017). Las diferencias de temperatura se observan en las estaciones YAG10 y YAG20, mientras que en YAG30 los valores son similares en ambos años (Fig. 12).

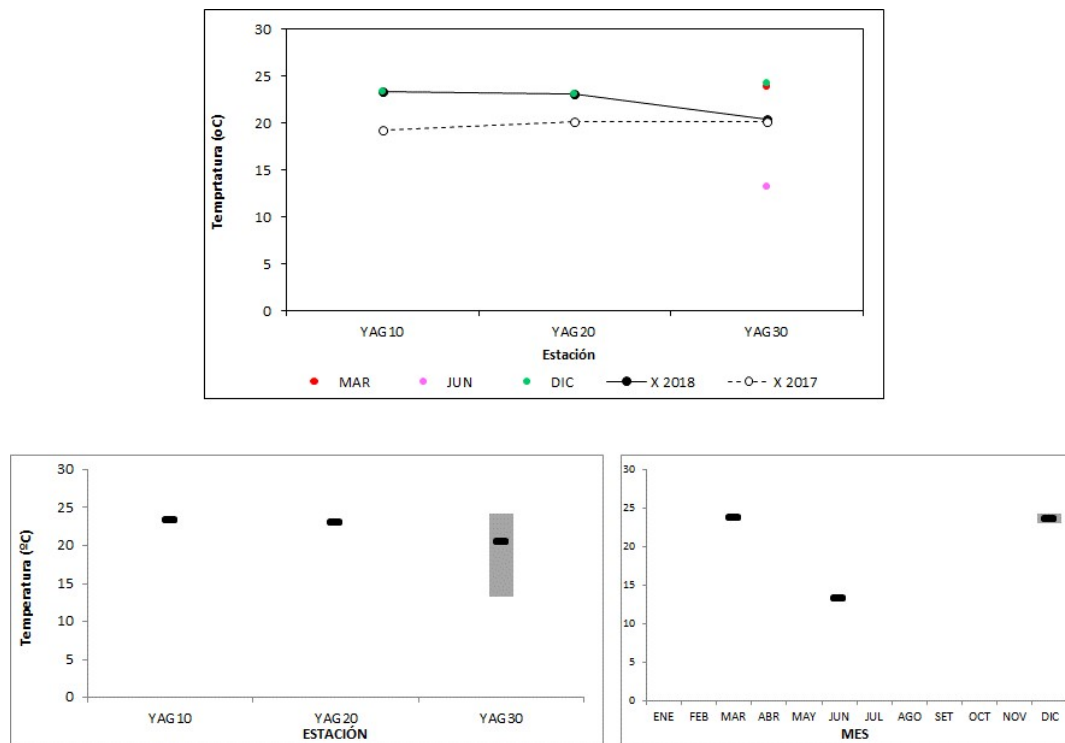


Fig. 12: Superior: Fluctuaciones de la Temperatura en la cuenca del río Yaguarón durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Temperatura para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Temperatura (promedio y rango de variación) en el río Yaguarón durante 2018.

Espacialmente se observa un leve descenso de la temperatura en dirección a la desembocadura, mientras que los promedios anuales de temperatura en la cuenca reflejan claramente la influencia de la temperatura ambiente sobre la del agua del río.

3.2.1.1.2. Conductividad

La conductividad del Yaguarón durante 2018 se ubicó entre un valor mínimo de 101.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (YAG30 en junio) y un máximo de 170.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (YAG20 en diciembre), con un promedio de 147.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una mediana de 157.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Durante 2018 la conductividad se mostró notoriamente más alta que durante 2017, casi duplicando sus concentraciones; siendo estas de 151.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018 y de 91.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante 2017 (Fig. 13).

Espacialmente la distribución de la concentración de conductividad en la porción analizada de la cuenca es homogénea, con valores similares en las tres estaciones muestreadas. A diferencia del año precedente, se observa un leve aumento en la estación YAG20, Temporalmente se evidencia una conductividad inferior en la campaña de junio, la que estaría reflejando fuertes precipitaciones registradas en los días previos al muestreo.

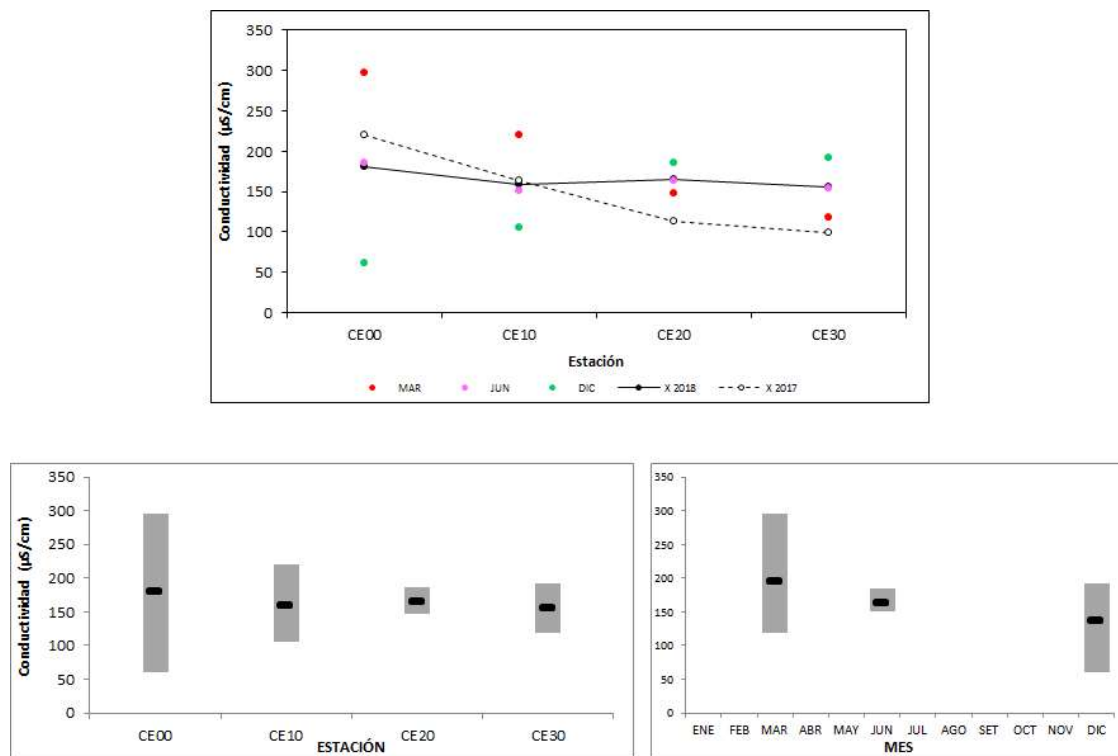


Fig. 13: Superior: Fluctuaciones de la Conductividad en la cuenca del río Yaguarón durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Conductividad para los años 2018 y 2017 respectivamente.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Conductividad (promedio y rango de variación) en el río Yaguarón durante 2018.

3.2.1.1.3. Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto varió entre un mínimo de 7.1 mg/l (YAG30 en diciembre) y un máximo de 9.8 mg/l (YAG30 en junio), con un promedio anual de 7.9 mg/l y una mediana de 7.7 mg/l.

La oxigenación se mantuvo siempre alta, aunque siempre con valores inferiores a los registrados durante 2017 (Fig. 14). Esa diferencia genera promedios de 7.8 mg/l para 2018 y de 8.8 mg/l para 2017.

A diferencia de lo observado durante 2017, en 2018 la concentración de oxígeno muestra una tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura, a pesar de que las concentraciones son muy similares entre las tres estaciones consideradas.

En el ciclo anual se observan las –esperables– concentraciones de oxígeno más altas en aguas más frías.

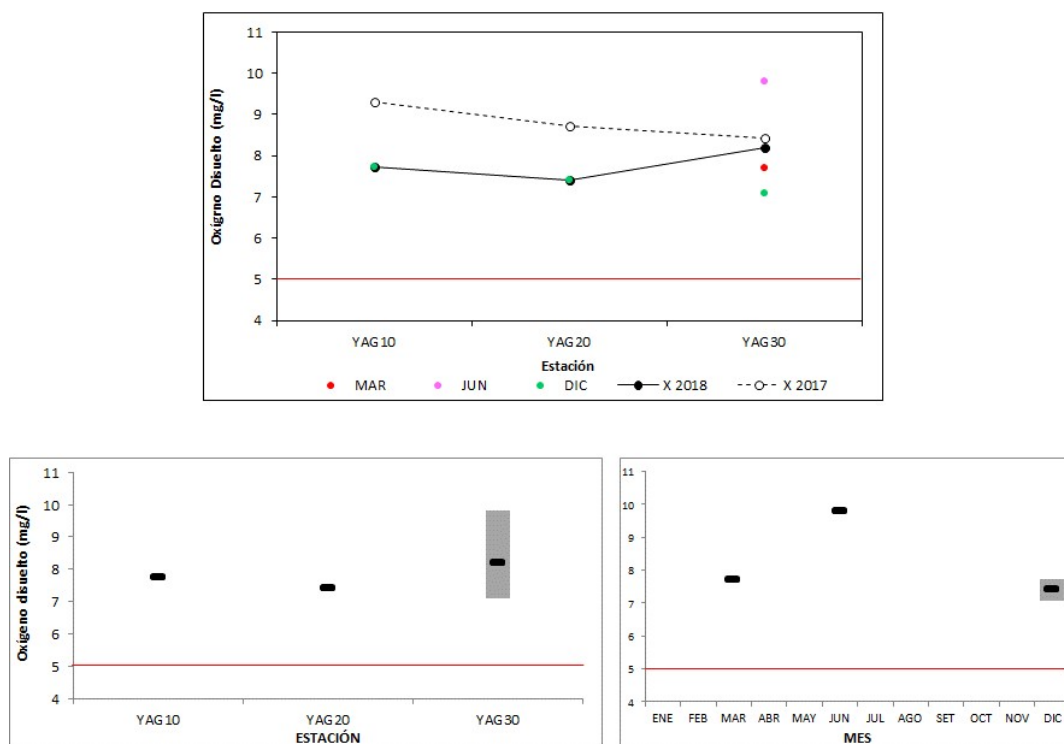


Fig. 14: Superior: Fluctuaciones del Oxígeno disuelto en la cuenca del río Yaguarón durante 2018 y comparación con 2017.

X2018 y X2017= promedio de Oxígeno disuelto para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Oxígeno Disuelto (promedio y rango de variación) en el río Yaguarón durante 2018. La línea roja representa el valor límite fijado en el decreto 253.

El oxígeno disuelto cumple con el estándar fijado en el decreto 253 (> 5 mg/l) en el 100 % de las muestras realizadas (Anexo 1). En todos los casos la solubilidad del oxígeno fue alta, siendo todos los registros superiores al 85% de saturación.

3.2.1.1.4. pH

El pH de la porción estudiada del río Yaguarón durante 2018 fluctuó entre un mínimo de 7.14 (YAG30 en diciembre) y un máximo de 8.22 (YAG30 en junio), con un promedio de 7.60 y una mediana de 7.35.

Los promedios anuales son similares en 2018 y 2017, aunque siempre con concentraciones mayores en 2018 (Fig. 15). Se observa una concentración casi idéntica (en ambos años) en la estación YAG20, mientras que en las estaciones más extremas los resultados son levemente superiores en 2018. Estas diferencias se reflejan en los promedios anuales, de 7.5 en 2018 y 7.1 en 2017.

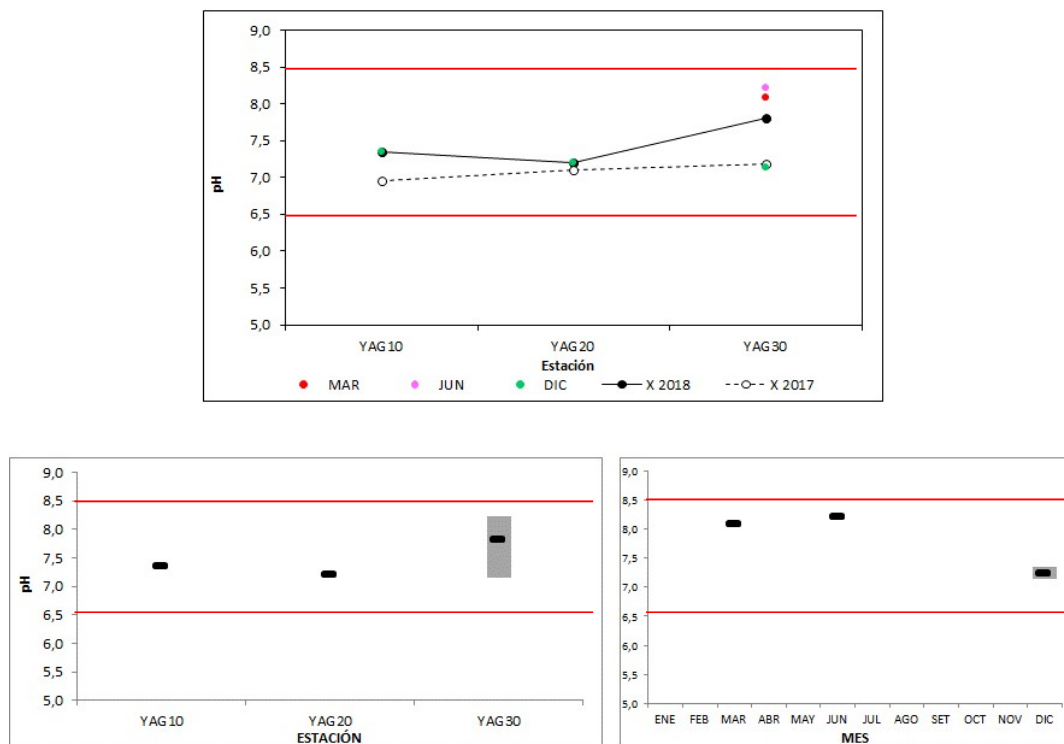


Fig. 15: Superior: Fluctuaciones del pH en la cuenca del río Yaguarón durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de pH para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del pH (promedio y rango de variación) en el río Yaguarón durante 2018. Las líneas rojas representan el valor límite fijado en el decreto 253.

La distribución espacial del pH muestra una tendencia al aumento de la concentración hacia la desembocadura, más allá de que las concentraciones son homogéneas en la parte estudiada del curso del río.

La variación temporal del pH en el ciclo anual es escasa, mostrando promedios muy similares en las tres campañas (diferencia máxima de 1 entre los muestreos extremos).

El pH cumple con el estándar fijado en el decreto 253 (entre 6.5 y 8.5) en el 100 % de las muestras realizadas (Anexo 1).

3.2.1.1.5. Transparencia

La transparencia se caracterizó por presentar un valor mínimo de 23 cm (YAG10 en diciembre) y un valor máximo de 70 cm (YAG30 en diciembre), con un promedio de 48 cm y una mediana de 50 cm.

A diferencia de lo observado en el año 2017 (y 2016) se observa una clara tendencia al aumento de la transparencia hacia la desembocadura (Fig. 16). Estas diferencias interanuales se confirman con los promedios de 48 cm para 2018 y 83 cm para 2017.

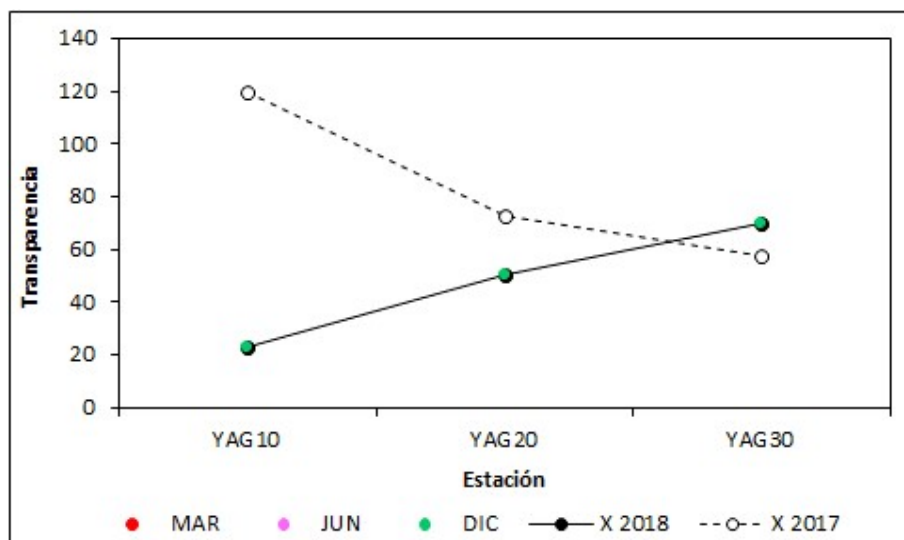


Fig. 16: Fluctuaciones de la Transparencia en la cuenca del río Yaguarón durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Transparencia para los años 2018 y 2017 respectivamente.

3.2.1.1.6. Turbidez

La turbidez se comenzó a medir en la cuenca de la laguna Merín, a partir de la campaña de marzo de 2018. Fluctuó entre valores de 16 NTU (YAG30 en diciembre) y 74 NTU (YAG30 en junio), con un promedio anual de 39 NTU y una mediana de 22 NTU.

De los 5 valores que pudieron ser tomados durante el ciclo anual, dos de ellos (YAG30 en marzo y junio) superan el estándar fijado por el decreto 253 (50 NTU), generando un 40% de incumplimiento de esta variable con respecto al estándar (Anexo 1).

3.2.1.2. Nutrientes

3.2.1.2.1. Nutrientes Nitrogenados

Los nitratos se ubicaron entre un valor mínimo de 0.20 mg/l (YAG30 en marzo) y uno máximo de 0.60 mg/l (YAG30 en junio), con un promedio de 0.35 mg/l y una mediana de 0.30 mg/l. La concentración de NO_3 muestra una leve tendencia al aumento hacia la desembocadura (Fig. 18), como ya se observara en años precedentes. Los valores observados duplican las concentraciones observadas durante 2017, lo que es corroborado por los promedios anuales, de 0.32 mg/l en 2018 y 0.13 mg/l en 2017. Más allá de esas más altas concentraciones, todos los resultados se encuentran muy por debajo del estándar establecido en el decreto 253 (10 mg/l) e incluso el propuesto por el grupo GESTA Agua (5 mg/l), cumpliendo en un 100 % con lo legislado.

Los nitritos fluctuaron entre un mínimo de 0.006 mg/l (YAG30 en junio) y un máximo de 0.011 mg/l (YAG30 en diciembre), con un promedio y mediana idénticos, de 0.009 mg/l. Se observa una leve tendencia a la disminución hacia la desembocadura. La concentración de NO_2 casi duplica la del año precedente, con un promedio de 0.009 mg/l en 2018 y uno de 0.004 mg/l en 2017. Todos los valores observados para esta variable son inferiores al valor guía propuesto por el grupo GESTA Agua (0,1 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

El nitrógeno amoniacal fue medido en un valor mínimo de 0.06 mg/l (YAG20 en diciembre) y un máximo de 0.25 mg/l (YAG30 en diciembre), con un promedio de 0.15 mg/l y una mediana de 0.12 mg/l. Esta variable muestra tendencia al aumento hacia la desembocadura. Se observa una distribución similar a la de 2017, aunque con valores mayores durante 2018, mostrando un promedio de 0.11 mg/l en 2018 y uno de 0.08 mg/l en 2017.

La concentración de amonio libre (NH_3) calculado varió entre un mínimo de 0.0005 mg/l (YAG30 en junio) y un máximo de 0.014 mg/l (YAG30 en marzo), con un promedio de 0.004 mg/l y una mediana de 0.002 mg/l. Al igual que en 2017, el NH_3 muestra tendencia al aumento hacia la desembocadura. Los valores de NH_3 son muy similares en 2017 y 2018 en las estaciones YAG10 y YAG20, aunque siempre ligeramente mayores durante 2018. En YAG30 la concentración durante 2018 es muchas veces mayor que en 2017, con promedios de 0.0027 mg/l en 2018 y 0.0005 mg/l en 2017). Todos los valores observados para esta variable son inferiores al valor de referencia propuesto por el grupo GESTA Agua (0,02 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

El nitrógeno total fluctuó entre una concentración mínima de 0.74 mg/l (YAG10 en diciembre) y una máxima de 2.20 mg/l (YAG30 en junio), con un promedio anual de 1.19 mg/l y una mediana de 1.01 mg/l.

Las concentraciones de NT entre 2018 y 2017 son similares en YAG10 y YAG20, aunque, en ambos casos, levemente superiores durante 2018. En YAG30 la concentración de NT durante 2018 duplica a la de 2017 (Fig. 17). Los promedios calculados son de 1 mg/l para 2018 y de 0.7 mg/l para 2017.

La distribución espacial del NT durante 2018 muestra una clara tendencia al aumento hacia la desembocadura. La variación en el ciclo anual muestra valores más altos en aguas frías.

De las cinco muestras tomadas en el ciclo anual, tres de ellas superan el valor guía propuesto (1 mg/l), representando un 60 % de incumplimiento para esta variable (Anexo 1).

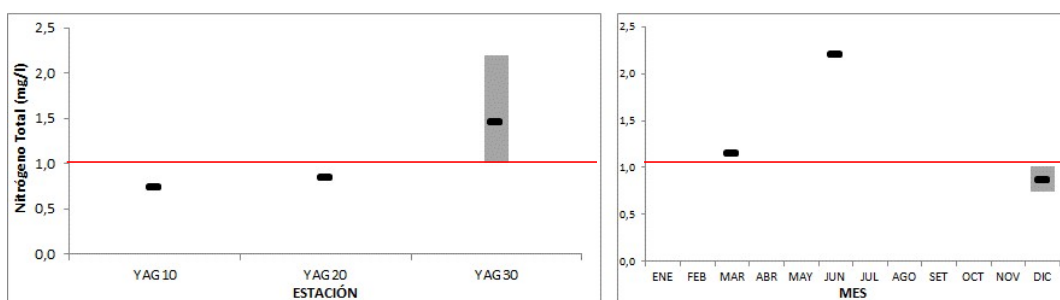
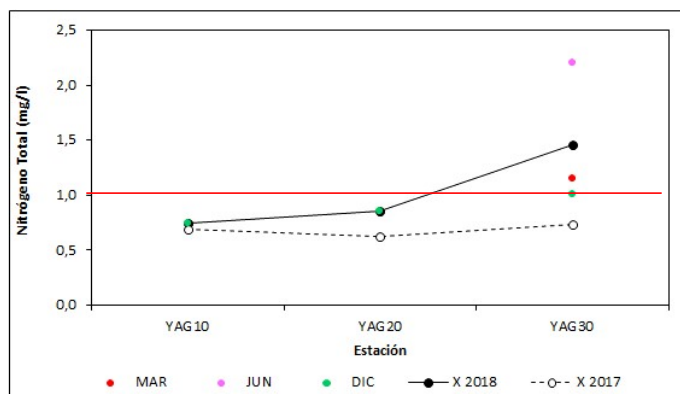


Fig. 17: Superior: Fluctuaciones del Nitrógeno Total en la cuenca del río Yaguarón durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Nitrógeno Total para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Nitrógeno Total (promedio y rango de variación) en el río Yaguarón durante 2018. La línea roja representa el valor límite propuesto por la Mesa Técnica del Agua.

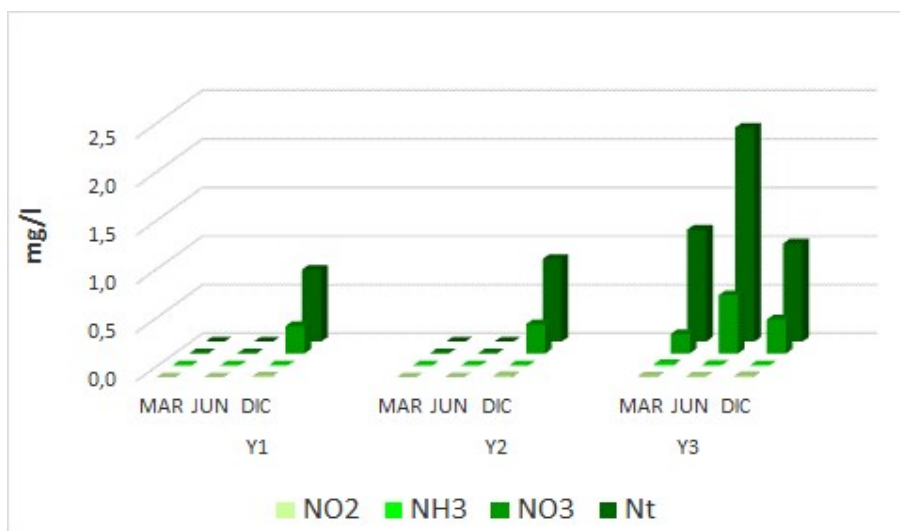


Fig. 18: Variación espacial y temporal de los nutrientes nitrogenados en el río Yaguarón durante 2018.

En la figura 19 se presentan las proporciones de los diferentes componentes del NT en el promedio anual. Se destaca que, por problemas de acceso, las estaciones YAG10 y YAG20 sólo pudieron ser muestreadas en la campaña de diciembre, por lo cual, el promedio anual coincide con esa campaña. Se observa que el 99 % del nitrógeno se divide en dos fracciones (orgánico y nitratos), mientras que los NO2 aportan un 1 % y el NH3 tiene una proporción mínima. Tanto el NH₃ como el Norg son calculados y no medidos en forma directa.

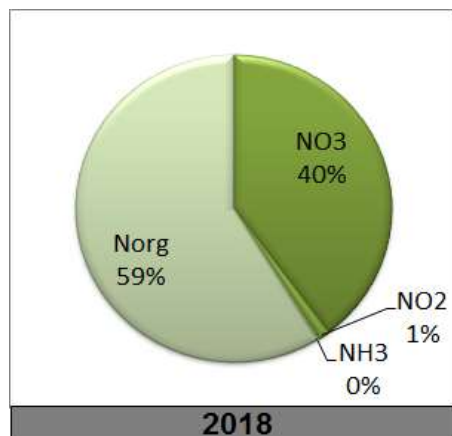


Fig. 19. Proporción de los diferentes componentes del Nitrógeno Total en el río Yaguarón durante 2018. NH_3 y Norg, valores calculados.

3.2.1.2.2. Nutrientes Fosforados

Los nutrientes fosforados, medidos como Fósforo Reactivo y Fósforo Total presentaron valores altos.

3.2.1.2.2.1. Fósforo Reactivo (PO_4)

Los fosfatos en el río Yaguarón mostraron valores entre 53 $\mu\text{g/l}$ (YAG10 en diciembre) y 130 $\mu\text{g/l}$ (YAG30 en junio), con un promedio de 77 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 61 $\mu\text{g/l}$.

El perfil de las curvas de distribución entre 2018 y 2017 muestra un comportamiento similar de los fosfatos en ambos años considerados, aunque siempre con valores mayores durante 2018 (Fig. 20). En particular, esta diferencia se amplía hacia la desembocadura. Los promedios calculados, de 68 $\mu\text{g/l}$ en 2018 y 43 $\mu\text{g/l}$ en 2017 reflejan claramente esa diferencia de concentración interanual. Este aumento repite lo observado en el ciclo precedente, mostrando un aumento constante de los fosfatos a lo largo del tiempo.

La distribución espacial de la concentración de fosfatos en el sector estudiado de la cuenca muestra una clara tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura, no mostrando un ciclo de variación definido en el ciclo anual.

Las muestras analizadas durante 2018 superan el valor guía sugerido por la Mesa Técnica del Agua (2017), por lo que, esta variable incumple con la normativa propuesta en el 100 % de las ocasiones.

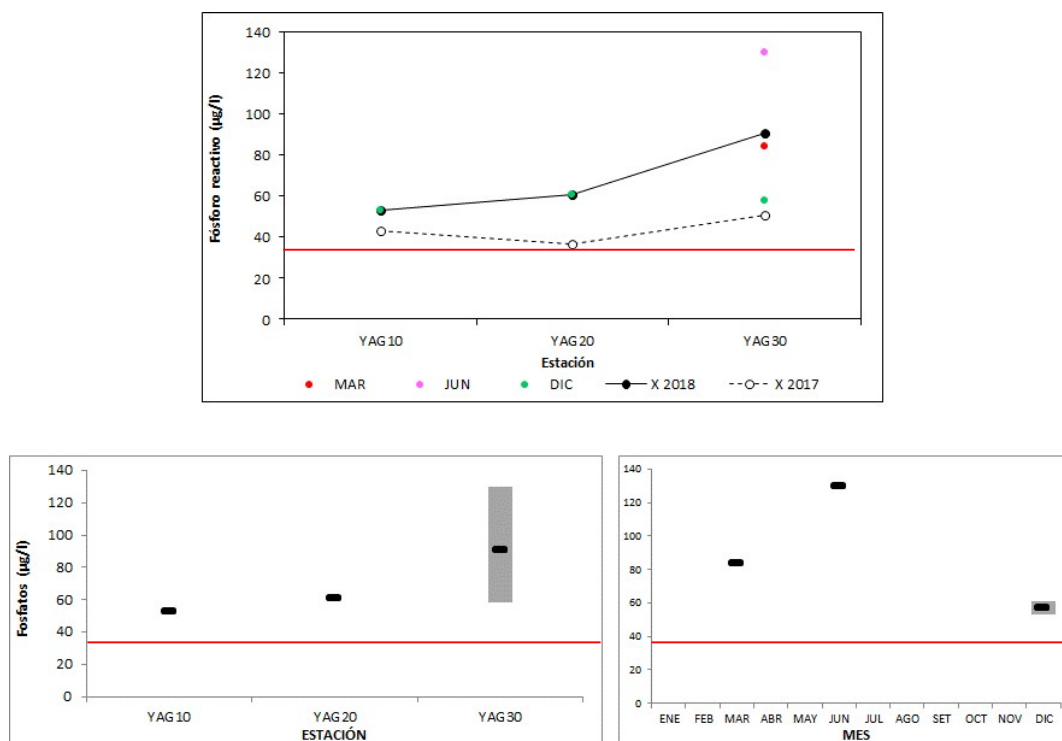


Fig. 20: Superior: Fluctuaciones de los Fosfatos en la cuenca del río Yaguarón durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Fosfatos para los años 2018 y 2017 respectivamente.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Fosfatos (promedio y rango de variación) en el río Yaguarón durante 2018. La línea roja representa el valor límite propuesto por la Mesa Técnica del Agua.

3.2.1.2.2.2. Fosforo Total (PT)

Las concentraciones de PT se situaron entre un mínimo de 93 $\mu\text{g/l}$ (YAG20 en diciembre) y un máximo de 130 $\mu\text{g/l}$ (YAG30 en marzo) con un promedio anual de 110 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 108 $\mu\text{g/l}$.

Se aprecia homogeneidad espacio-temporal de la concentración de PT en el área. En las estaciones YAG20 y YAG30 los valores calculados son muy similares en ambos años, mientras que en YAG10 la concentración durante 2018 es poco mayor (Fig. 21). Esta homogeneidad temporal se refleja en los promedios anuales calculados, de 109 $\mu\text{g/l}$ en 2018 y 106 $\mu\text{g/l}$ en 2017.

Inversamente a lo observado en 2017, la distribución espacial de la concentración de PT en el Yaguarón muestra una tendencia a la disminución hacia la desembocadura.

A lo largo del ciclo anual, si bien la concentración se mantiene relativamente estable, se observa una leve disminución a partir del máximo en marzo, comportamiento ya observado durante 2017.

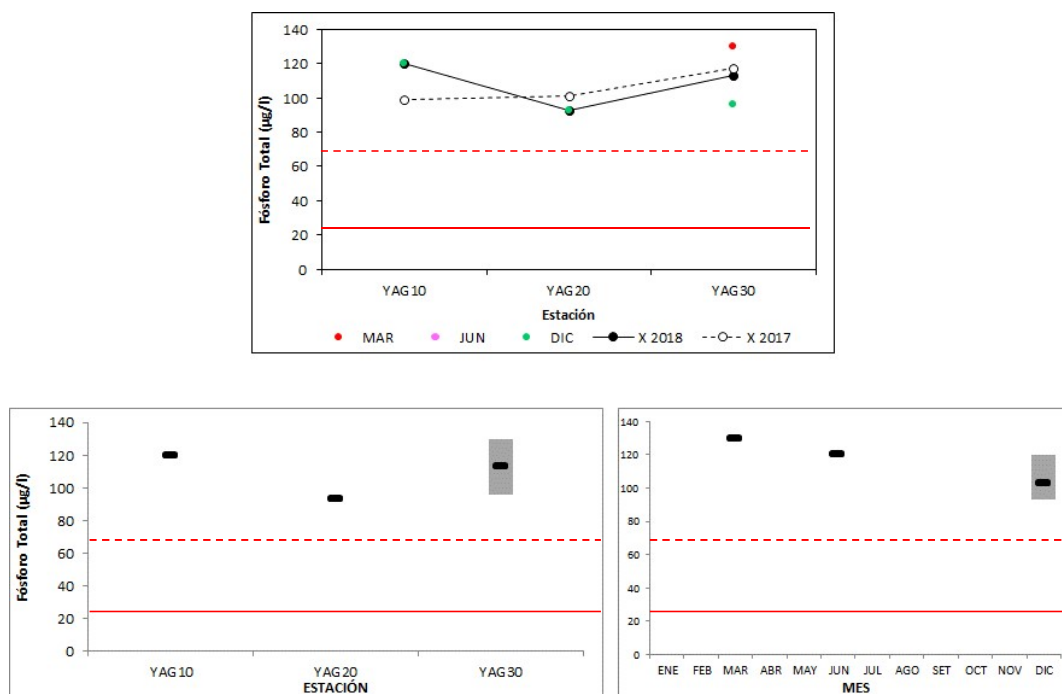


Fig. 21: Superior: Fluctuaciones del Fósforo total en la cuenca del río Yaguarón durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Fósforo Total para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Fósforo Total (promedio y rango de variación) en el río Yaguarón durante 2018. Las líneas rojas representan el valor límite propuesto en el decreto 253 (fija) y en el GESTA agua 2014 (punteada).

Los concentraciones de PT en la cuenca del Yaguarón superaron, en todos los análisis realizados, el valor estándar fijado en el decreto 253 (25 µg/l). Incluso, considerando el valor sugerido por el grupo GESTA Agua (70 µg/l) las concentraciones de PT superarían en todos los casos ese valor. El incumplimiento de esta variable es de 100 %.

3.2.1.3. Sólidos

A partir de la primera campaña de 2019 los sólidos suspendidos dejaron de ser analizados en sus tres estados (totales, fijos y volátiles) y sólo se reportan resultados de los sólidos suspendidos totales.

3.2.1.3.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los SST sólo superaron el límite de cuantificación de la técnica en 2 oportunidades, registrándose su mínima concentración (16 mg/l) en YAG30 en junio y su mayor concentración (23 mg/l) en la estación YAG30 en marzo (Fig. 22).

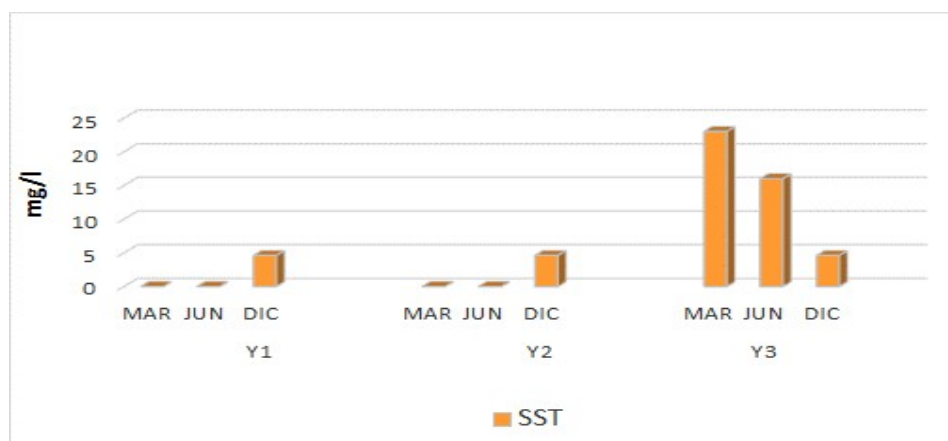


Fig. 22: Variación espacial y temporal de los Sólidos Suspendedos en el río Yaguarón durante 2018. Datos cuantificables > 9 mg/l

3.2.1.3.2. Sólidos Totales

Los ST del Yaguarón durante 2018 fluctuaron entre un mínimo de 130 mg/l (YAG10 y YAG30 en diciembre) y un máximo de 180 mg/l (YAG30 en junio), con un promedio de 146 mg/l y una mediana de 140 mg/l. Las concentraciones observadas son similares a las de 2017, aunque siempre con valores levemente mayores durante 2018 calculándose promedios de 141 mg/l en 2018 y de 120 mg/l en 2017. En contraposición al año precedente muestran una clara tendencia al aumento hacia la desembocadura (Fig. 23).

Los STF se ubicaron en valores entre 83 mg/l (YAG30 en diciembre) y 110 mg/l (YAG30 en marzo y junio), con un promedio de 97 mg/l y una mediana de 96 mg/l. Las concentraciones son similares a las de 2017, siempre con valores mayores en 2018, con promedios de 95 mg/l en 2018 y 77 mg/l en 2017. Se aprecia una leve tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura (Fig. 22)

Los STV se caracterizaron por presentar una concentración mínima de 34 mg/l (YAG10 en diciembre) y una máxima de 70 mg/l (YAG30 en junio), con un promedio de 49 mg/l y una mediana de 47 mg/l. La concentración de los STV en la cuenca muestra homogeneidad espacio-temporal, con valores muy similares entre 2018 y 2017; mostrando promedios de 46 mg/l y 43 mg/l respectivamente. Igual que los otros sólidos totales, los STV muestran una tendencia al aumento en dirección a la desembocadura (Fig. 22).

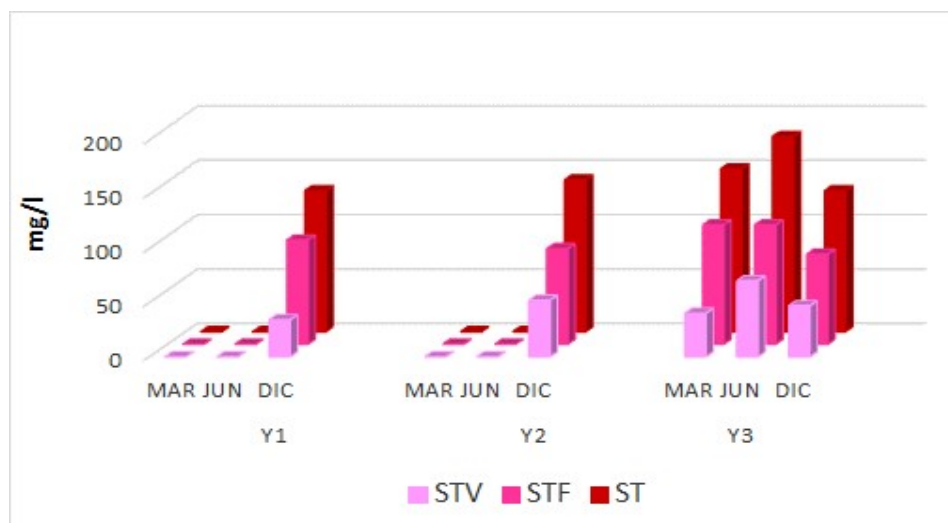


Fig. 23: Variación espacial y temporal de los Sólidos Totales en el río Yaguarón durante 2018.

3.2.1.4. Variables Biológicas

Las variables biológicas del río Yaguarón sólo fueron medidas en la estación Y3, la cual proporciona información como cierre de cuenca.

3.2.1.4.1. Clorofila *a*

Los valores de clorofila *a* son promedialmente bajos, mostrando un mínimo de 2.7 µg/l (en junio) y un máximo de 5.9 µg/l (en marzo), con un promedio de 3.9 µg/l y una mediana de 3.3 µg/l. Los resultados muestran un aumento de la concentración de clorofila con respecto al año precedente, siendo el promedio de 4.0 µg/l en 2016 y de 1,3 µg/l en 2017.

Los valores registrados de clorofila se encuentran siempre por debajo del valor propuesto por la Mesa Técnica del Agua (30 µg/l), por lo que esta variable cumple al 100 % con la normativa.

3.2.1.4.2. Feofitina *a*

Todas las muestras analizadas en 2018 arrojaron resultado por debajo del límite de detección de la técnica utilizada.

Para conocer el estado fisiológico de la población fitoplanctónica se calcula la relación Clo *a*/Feo *a*. Si esta relación arroja resultados mayores a 1, implica que la población está en crecimiento, mientras que valores inferiores a 1 muestran una población en estado senescente. Para el caso de la población fitoplanctónica del río Yaguarón se observa, para 2018, que la población fitoplanctónica está en crecimiento en junio y diciembre, y en fuerte crecimiento durante marzo, coincidiendo con el pico de máxima concentración, en marzo (Tabla XI)

Tabla XI: Relación Clo *a*/Feo *a* en la estación de cierre del río Yaguarón durante 2018

MES	Clo <i>a</i> /Feo <i>a</i>
MAR	3,11
JUN	1,42
DIC	1,74

3.2.1.4.3. Coliformes Termotolerantes (ColiTermo)

Sólo se cuenta con resultados de muestras de coliformes termotolerantes en las campañas de marzo y junio. En ambos casos los resultados son muy bajos, mostrando densidades de 10 UFC/100 ml. Ya en 2017 el promedio anual de densidad de ColiTermo era bajo (67 UFC/100 ml) y en 2018 se confirma esta tendencia.

Las densidades de ColiTermo fueron, entonces, siempre bajas en el río Yaguarón, manteniéndose muy por debajo del valor guía fijado en el decreto 253 (2000 UFC/100ml). Estos bajos valores resultan en un cumplimiento del 100% (Anexo 1).

3.2.1.5. AOX

Al igual que las variables biológicas, los AOX sólo son medidos en la estación Y3.

Los resultados muestran un sólo valor cuantificable, de 36 µg/l (YAG30 en junio), situándose los otros dos resultados por debajo de los límites de la técnica.

Con estos resultados se cumple en un 33 % con el estándar tomado de la República Federal de Alemania (25 µg/l), a falta de valor guía fijado en nuestra legislación (Anexo 1).

3.2.1.6. Síntesis del río Yaguarón

En líneas generales, la calidad del agua en el río Yaguarón cumple las exigencias del Decreto 253 en la mayoría de las variables estudiadas.

Se observa, de todas formas, un incumplimiento crónico (100%) en tres variables: la conductividad y los nutrientes fosforados. También se observan incumplimientos parciales en el caso de la turbidez y el NT (siendo en caso del NT un incumplimiento total en la estación YAG30, mostrando acumulación en este punto).

Llama la atención la baja de densidad de coliformes termotolerantes censada, considerando la presencia de las ciudades de río Branco y Yaguarón en las veras del río.

3.2.2. Río Tacuarí

3.2.2.1. Variables *in situ*

3.2.2.1.1. Temperatura

La temperatura del río Tacuarí fluctuó entre una mínima de 12.0 °C (TA10 en junio) y una máxima de 24.3 °C (TA30 en marzo), con un promedio de 18.8 °C y una mediana de 21.7 °C.

El comportamiento de la temperatura es similar entre 2018 y 2017, sólo marcando una leve diferencia en la estación TA30 (Fig. 24). Esta diferencia se percibe en los promedios anuales calculados, de 19.9 °C en 2018 y 18.0 °C en 2017.

Durante al año 2018 la temperatura es homogénea en toda la porción estudiada del río Tacuarí, tanto a nivel de temperatura promedio para cada estación como en la amplitud del rango de variación. Más allá de eso, hay una ligera tendencia al aumento de la temperatura y del rango de variación hacia la desembocadura.

La variación temporal muestra claramente la diferencia estacional de las temperaturas.

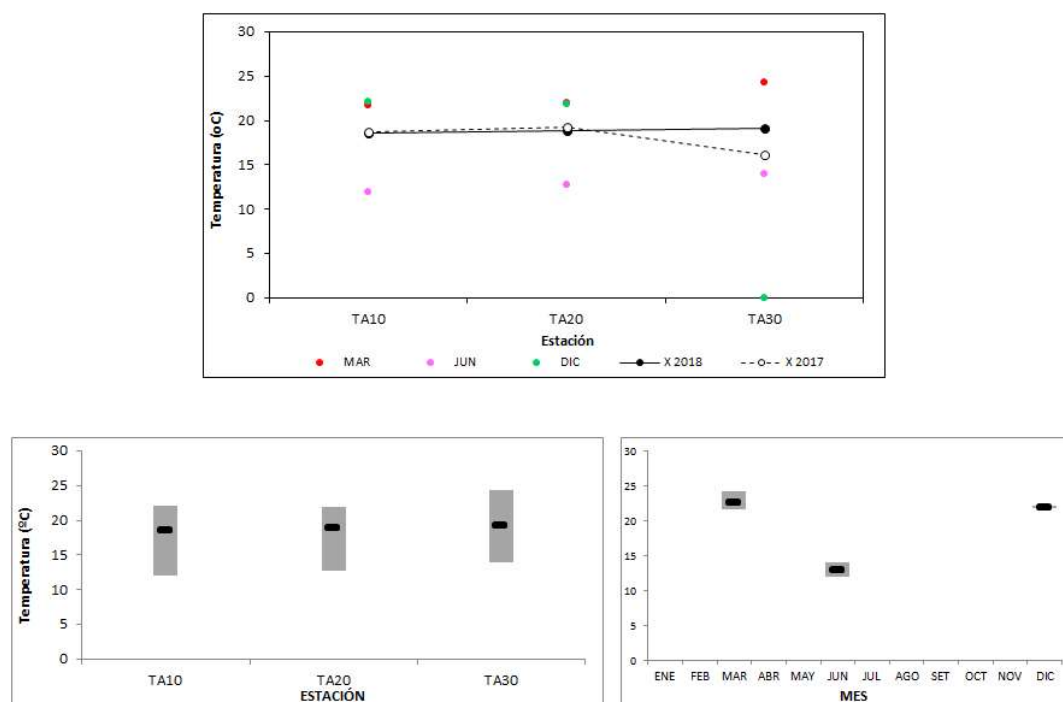


Fig. 24: Superior: Fluctuaciones de la Temperatura en la cuenca del río Tacuarí durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Temperatura para los años 2018 y 2017 respectivamente.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Temperatura (promedio y rango de variación) en el río Tacuarí durante 2018.

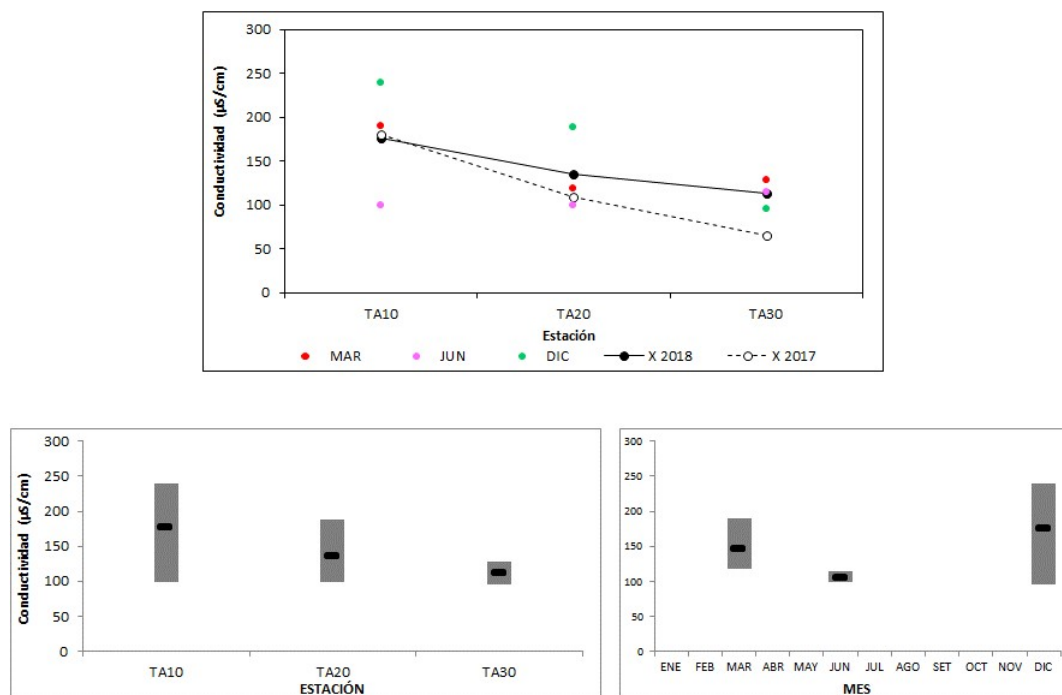
3.2.2.1.2. Conductividad

La conductividad del río Tacuarí en 2018 fluctuó entre un mínimo de 95.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (TA30 en diciembre) y un máximo de 239.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (TA10 en diciembre), con un promedio anual de 141.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una mediana de 118.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La conductividad mostró un comportamiento similar en 2018 y 2017, aunque con concentraciones más altas durante 2018 (Fig. 25). Esta diferencia de concentraciones se refleja en promedios anuales de 141.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018 y de 118.52 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2017.

La distribución espacial de la conductividad en el Tacuarí muestra una clara tendencia a la disminución en el sentido de la desembocadura. Los rangos de variación también se reducen hacia la desembocadura.

La variación temporal de la conductividad revela estabilidad de los promedios por campaña a lo largo del período anual. Los rangos de variación también son similares, a excepción de la campaña de diciembre, en la que el rango de variación es significativamente mayor que en las otras campañas.



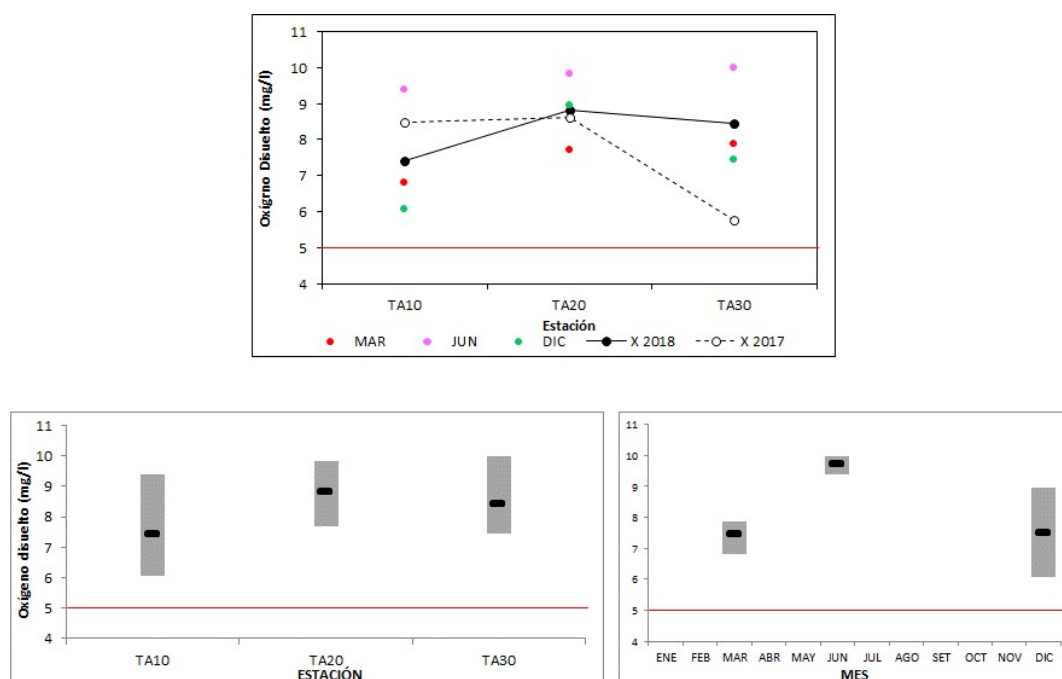
3.2.2.1.3. Oxígeno Disuelto

La concentración de oxígeno disuelto en las aguas del Tacuarí se ubicó en valores ubicados entre un mínimo de 6.07 mg/l (TA10 en diciembre) y un máximo de 9.99 mg/l (TA30 en junio), con un promedio de 8.23 mg/l y una mediana de 7.88 mg/l.

La variación del oxígeno es similar a la de 2017, con una mayor concentración en la estación TA20. Las diferencias entre las otras estaciones son más marcadas, fundamentalmente a nivel de TA30 (Fig. 26). Estas diferencias resultan en promedios de 8.2 mg/l en 2018 y de 7.6 mg/l en 2017. Más allá de mostrar un perfil de variación similar, la tendencia durante 2017 es a decrecer hacia la desembocadura.

La variación espacial muestra una tendencia al aumento hacia la desembocadura. La distribución “clásica”, que se observa –también– en años precedentes (2017, 2016) es con la concentración más alta en TA20, aunque a diferencia de 2017 ya que la tendencia de ese año fue al descenso.

Temporalmente se aprecia la notoria diferencia de concentración de oxígeno disuelto en aguas más frías.



El oxígeno disuelto cumple con el estándar fijado en el decreto 253 (> 5 mg/l) en el 100 % de las muestras realizadas (n=9) (Anexo 1). En todos los casos la solubilidad del oxígeno fue alta en las estaciones TA10 y TA20, con porcentajes de saturación superiores al 85 %, y media en TA10, alcanzando un 70 % de saturación.

3.2.2.1.4. pH

La variación del pH en la cuenca del Tacuarí durante 2018 fue escasa, situándose entre un mínimo de 7.10 (TA30 en diciembre) y un máximo de 7.99 (TA30 en marzo), con un promedio de 7.71 y una mediana de 7.74.

El comportamiento del pH fue muy similar en 2018 con respecto al 2017. Los promedios en las tres estaciones son muy similares en ambos años, aunque siempre superiores durante 2018 (Fig. 27). Los promedios anuales calculados fueron de 7,7 en 2018 y 7,4 en 2017.

La variación espacial es muy baja, con promedios muy similares en las tres estaciones, aunque con una tendencia de la concentración a disminuir hacia la desembocadura, y un rango de variación que crece en esa dirección.

Temporalmente se percibe estabilidad del pH en el ciclo anual con promedios similares en las tres campañas realizadas, así como el muy estrecho rango de variación.

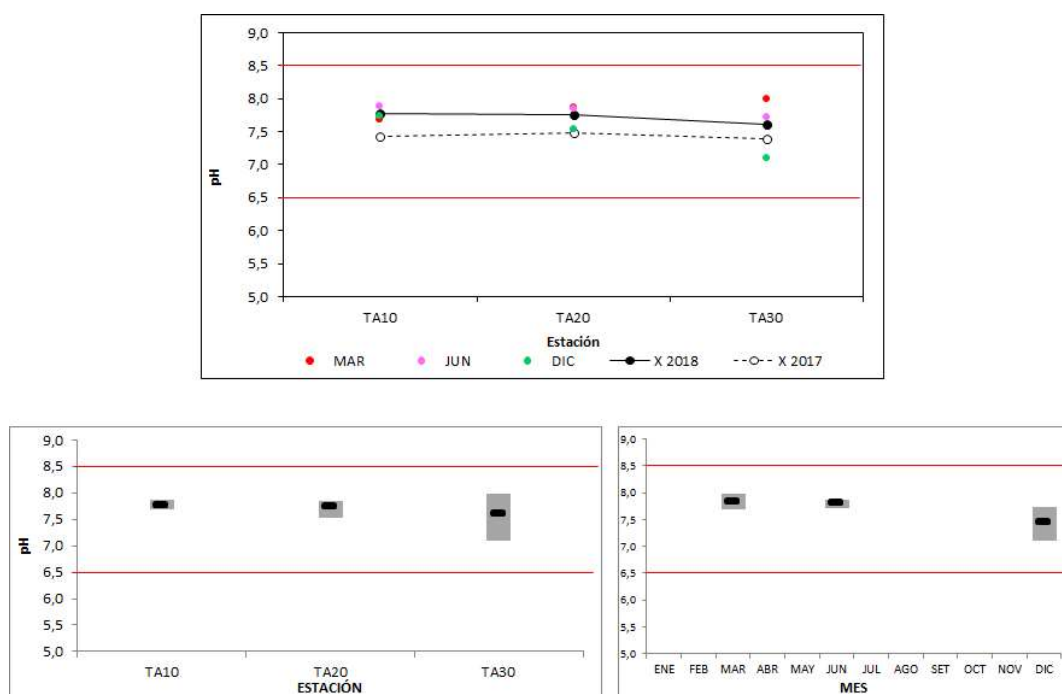


Fig. 27: Superior: Fluctuaciones del pH en la cuenca del río Tacuarí durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de pH para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del pH (promedio y rango de variación) en el río Tacuarí durante 2018.

Las líneas rojas marcan el estándar fijado por el decreto 253.

De los 9 valores de pH colectados en el año, todos cumplieron con los límites marcados por el decreto 253 (entre 6.5 y 8.5), por lo que el cumplimiento fue de 100% (Anexo 1).

3.2.2.1.5. Transparencia

La transparencia sólo pudo ser medida en dos ocasiones, siendo el mínimo de 30 cm (TA30 en junio) y el máximo de 60 cm (TA30 en diciembre).

3.2.2.1.6. Turbidez

Esta variable empezó a ser medida en la primera campaña de 2018.

La turbidez varió entre un mínimo de 14 NTU (TA10 en marzo) y un máximo de 83 NTU (TA20 en junio), con un promedio de 36 NTU y una mediana de 19 NTU (Fig. 28).

Su distribución espacial marca una notoria tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura, lo mismo que el rango de variación, acotado en TA10 y amplio (con variación similar) en TA20 y TA30.

Temporalmente se destaca un pico de concentración producido durante el mes de junio.

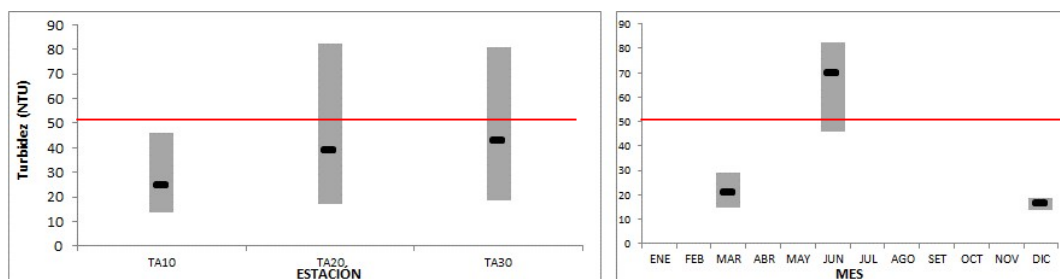


Fig. 28: Superior: Fluctuaciones de la Turbidez en la cuenca del río Tacuarí durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Turbidez para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Turbidez (promedio y rango de variación) en el río Tacuarí durante 2018.

Las líneas rojas marcan el estándar fijado por el decreto 253.

Dos de las nueve muestras de turbidez analizadas superaron el valor guía fijado en el decreto 253 (50 NTU), alcanzando un 22 % de incumplimiento (Anexo 1)

3.2.2.2. Nutrientes

3.2.2.2.1. Nutrientes Nitrogenados

Los nitratos fluctuaron entre una concentración mínima de 0.02 mg/l (TA20 y TA30 en marzo) y un máximo de 1.20 mg/l (TA10 en diciembre), con un promedio anual de 0.29 mg/l y una mediana de 0.22 mg/l. Tienen un comportamiento casi idéntico al observado durante 2017, calculándose un promedio anual de 0.28 mg/l para este último año. Espacialmente los NO_3 muestran una clara tendencia a la disminución hacia la desembocadura, con valores promedio tres veces más elevados en la estación TA10 que en TA30 (Fig. 30). La distribución temporal muestra un aumento durante el muestreo de diciembre, con una concentración dos veces superior y un rango de variación hasta cinco veces más amplio que en las otras estaciones. Los NO_3 cumplen con el valor guía del decreto 253 (10 mg/l), e incluso con el sugerido por el grupo GESTA Agua (5 mg/l) en el 100 % de las muestras analizadas (Anexo 1).

Los NO_2 variaron entre 0.0015 mg/l TA30 en junio y diciembre) y 0.0500 mg/l (TA10 en diciembre), con un promedio de 0.0088 mg/l y una mediana de 0.0031 mg/l. Se observa un fuerte descenso de la concentración en el sentido del río, detectándose valores hasta diez veces superiores en la estación TA10 que en TA30. Al igual que durante 2017 se observa diferencia en los promedios anuales en la estación TA10, siendo estos promedios casi idénticos en las dos estaciones aguas abajo. El 100 % de las muestras analizadas durante 2018 cumplió con el valor estándar (0.1 mg/l) fijado en el decreto 253.

El amonio libre calculado estuvo entre valores de 0.0007 mg/l (TA30 en junio) y 0.0128 mg/l (TA20 en marzo), con un promedio de 0.0034 mg/l y una mediana de 0.0014 mg/l. La concentración promedio de NH_3 es más alta durante 2018 en las tres estaciones muestreadas, llegando a ser tres veces mayor en la estación TA20. Se observa una tendencia a la disminución de la concentración hacia la desembocadura, aunque resaltando que la máxima concentración en el Tacuarí se da en TA20. A diferencia de las demás variables nitrogenadas, que tienen los promedios y rangos de variación más altos en la campaña de diciembre, en el caso del NH_3 , tanto el promedio como el rango de variación son mayores durante la campaña de marzo. Todos los valores observados para esta variable son inferiores al estándar fijado en el decreto 253 (0,02 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

El nitrógeno total fue medido en valores de entre 0.55 mg/l (TA20 en marzo) y 2.25 mg/l (TA10 en diciembre), con un promedio de 1.14 mg/l y una mediana de 1.02 mg/l.

El comportamiento interanual de esta variable es homogéneo. Más allá de presentar valores más elevados durante 2018, el comportamiento es similar en las tres estaciones analizadas. Esas mayores concentraciones se reflejan en los promedios anuales, de 1.14 mg/l en 2018 y 0.96 mg/l en 2017.

La distribución espacial del NT marca una clara tendencia a la disminución en el sentido del río, con un promedio en TA10 del doble que en TA30. Los rangos de variación siguen el mismo patrón de tendencia. Este comportamiento es análogo al observado durante 2017 (Fig. 29).

La variación temporal también es comparable con lo observado durante 2017, con promedios similares por estación y con mayor rango de variación en aguas más calientes.

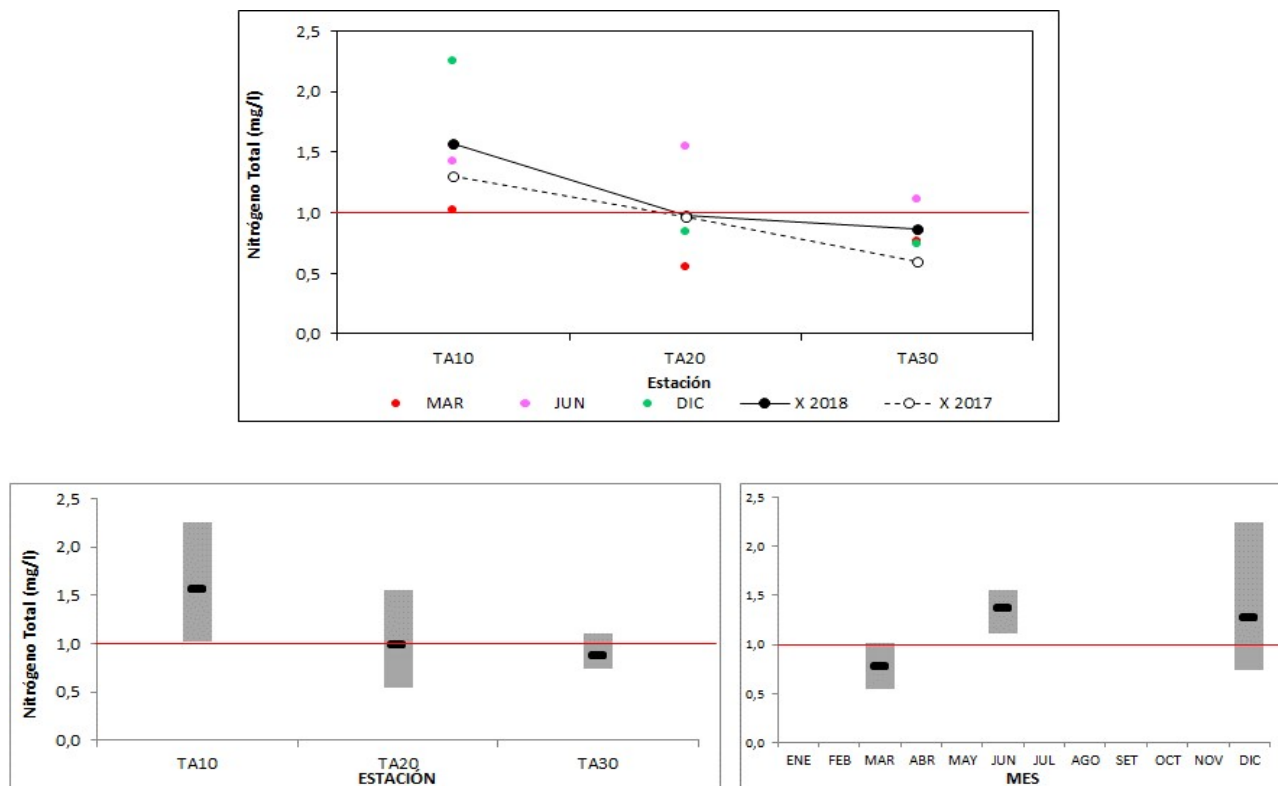


Fig. 29: Superior: Fluctuaciones del Nitrógeno Total en la cuenca del río Tacuarí durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Nitrógeno Total para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Nitrógeno Total (promedio y rango de variación) en el río Tacuarí durante 2018. Las líneas rojas marcan el estándar propuesto por la Mesa Técnica del Agua.

Cinco de las nueve muestras analizadas durante 2018 superaron el estándar sugerido por la Mesa Técnica del Agua (2017), resultando en un incumplimiento del 56 % (Anexo 1).

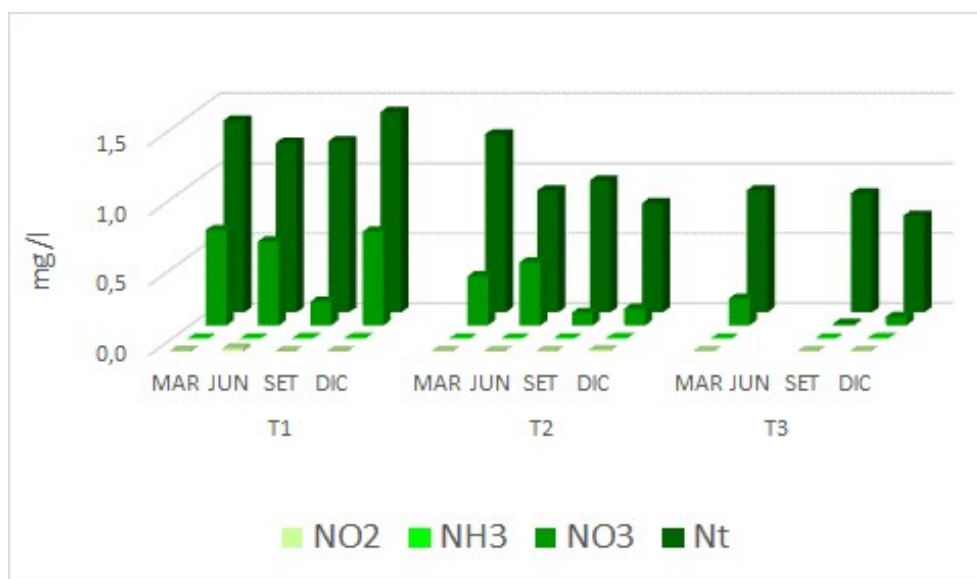


Fig. 30: Variación espacial y temporal de los nutrientes nitrogenados en el río Tacuarí durante 2018.

En la figura 31 se presentan las proporciones de los diferentes componentes del NT en cada campaña y en el promedio anual. Se observa estabilidad de las proporciones relativas, situándose el nitrógeno orgánico (Norg) aproximadamente entre el 80 y el 90%, los NO_3 entre el 8 y el 318% y los NO_2 alrededor del 1%, mientras que la fracción NH_3 es mínima en la proporción total. Tanto el NH_3 como el Norg son calculados y no medidos en forma directa.

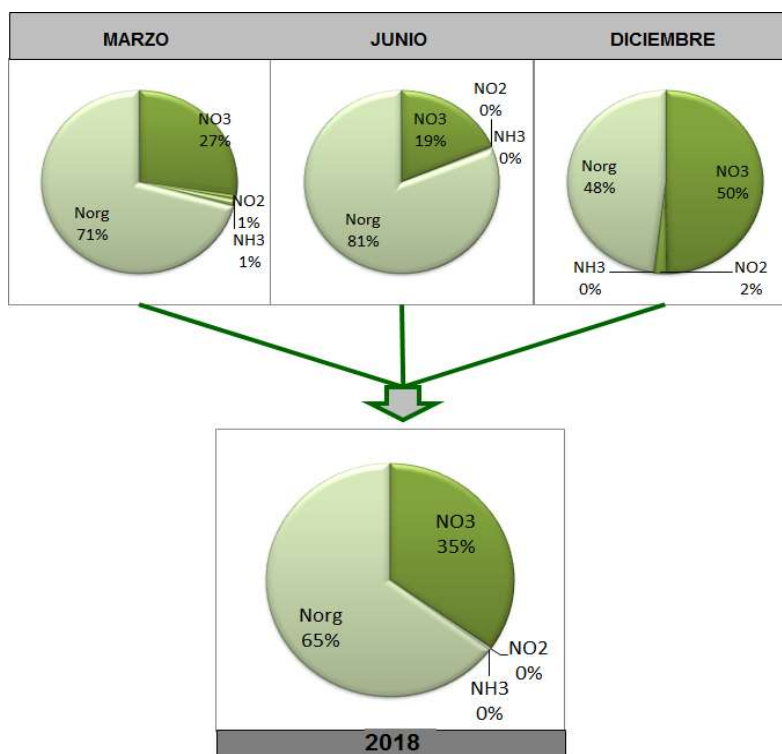


Fig. 31: Proporción de los diferentes componentes del Nitrógeno Total en el río Tacuarí durante 2018. NH_3 y Norg, valores calculados.

3.2.2.2.2. Nutrientes Fosforados

Los nutrientes fosforados, medidos como fosfatos y Fósforo Total presentaron valores altos en toda la cuenca del Tacuarí.

3.2.2.2.2.1. Fósforo Reactivo (PO₄)

Se observaron entre una concentración mínima de 49 µg/l (TA20 en marzo) u una máxima de 400 µg/l (TA10 en marzo), con un promedio de 147 µg/l y una mediana de 68 µg/l.

El comportamiento del Fósforo Reactivo entre el año 2018 y el 2017 es muy similar, mostrando un perfil análogo en ambos años, aunque con concentraciones mayores en las estaciones extremas durante 2018 y levemente mayor en TA20 en 2017 (Fig. 32). Esas diferencias generan promedios anuales de 147 µg/l en 2018 y 101 µg/l en 2017. Esta diferencia se produce, mayormente, en la estación TA10, en la que, durante 2018 se observa una diferencia de concentración anual de casi el doble con respecto 2017. En TA20 y TA30 las diferencias interanuales son mínimas, aproximadamente de 12 µg/l en ambas estaciones.

La variación espacial del PO₄ durante 2018, al igual que en años precedentes muestra un fuerte gradiente de reducción de la concentración en el sentido de la desembocadura. Se mantienen concentraciones similares en TA20 y TA30, pero en TA10 la concentración es casi cuatro veces mayor que en las otras estaciones. También es observada la misma tendencia en el rango de variación, con una disminución notoria hacia la desembocadura.

No se observa patrón de variación dentro del ciclo anual, más allá de presentarse promedios y rangos de variación más altos en aguas más cálidas.

Todas las muestras de PO₄ analizadas durante 2018 superan el límite propuesto por la Mesa Técnica del Agua (35 µg/l), por lo cual, el incumplimiento de esta variable en la cuenca del Tacuarí es del 100 % (Anexo 1).

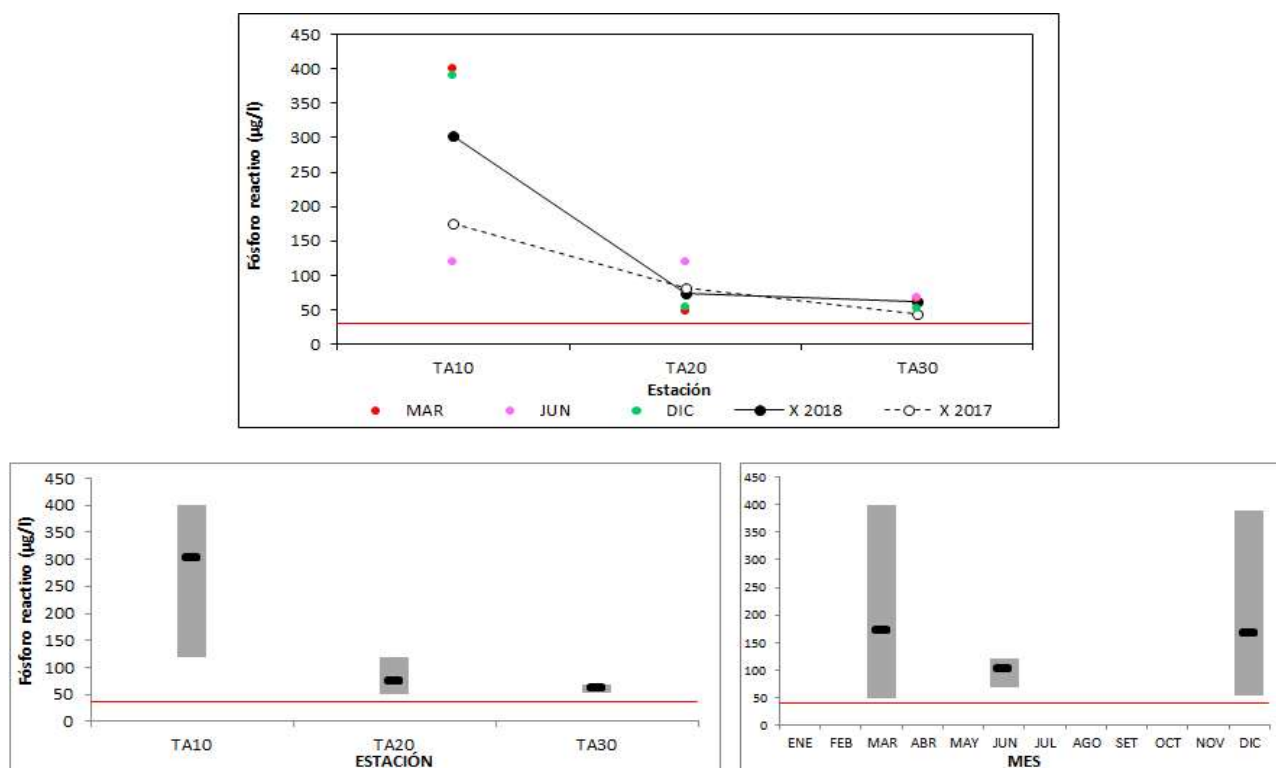


Fig. 32: Superior: Fluctuaciones del Fósforo Reactivo en la cuenca del río Tacuarí durante 2018. X2018 y X2017= promedio de Fósforo Reactivo para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Fósforo Reactivo (promedio y rango de variación) en el río Tacuarí durante 2018. Las líneas rojas marcan el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua.

3.2.2.2.2. Fosforo Total (PT)

El PT fluctuó entre concentraciones extremas de 92 $\mu\text{g/l}$ (TA20 en marzo) y 480 $\mu\text{g/l}$ (TA10 en marzo y diciembre), con un promedio de 201 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 120 $\mu\text{g/l}$.

El comportamiento del Fósforo Reactivo entre el año 2018 y el 2017 es muy similar, mostrando un perfil análogo en ambos años, aunque con concentraciones mayores en las estaciones extremas durante 2018 y levemente mayor en TA20 en 2017 (Fig. 33). Esas diferencias generan promedios anuales de 202 $\mu\text{g/l}$ en 2018 y 153 $\mu\text{g/l}$ en 2017. Esta diferencia se produce, mayormente, en la estación TA10, en la que, durante 2018 se observa una diferencia de concentración anual de casi el doble con respecto 2017. En TA20 y TA30 las diferencias interanuales son mínimas, aproximadamente de 20 $\mu\text{g/l}$ en ambas estaciones.

La variación espacial del PO_4 durante 2018, al igual que en años precedentes muestra un fuerte gradiente de reducción de la concentración en el sentido de la desembocadura. Se mantienen concentraciones similares en TA20 y TA30, pero en TA10 la concentración es tres veces superior que en las otras estaciones. También es observada la misma tendencia en el rango de variación, con una disminución notoria hacia la desembocadura.

No se observa patrón de variación dentro del ciclo anual, más allá de presentarse promedios y rangos de variación más altos en aguas más cálidas.

Todas las muestras de PT analizadas durante 2018 superan ampliamente (entre 4 y 20 veces) el límite propuesto por el Decreto 253 (25 $\mu\text{g/l}$), por lo cual el incumplimiento de esta variable en la cuenca del Tacuarí es del 100 % (Anexo 1). Si consideramos el límite propuesto por el grupo GESTA Agua (70 $\mu\text{g/l}$), también se superaría el valor propuesto en todas las muestras analizadas.

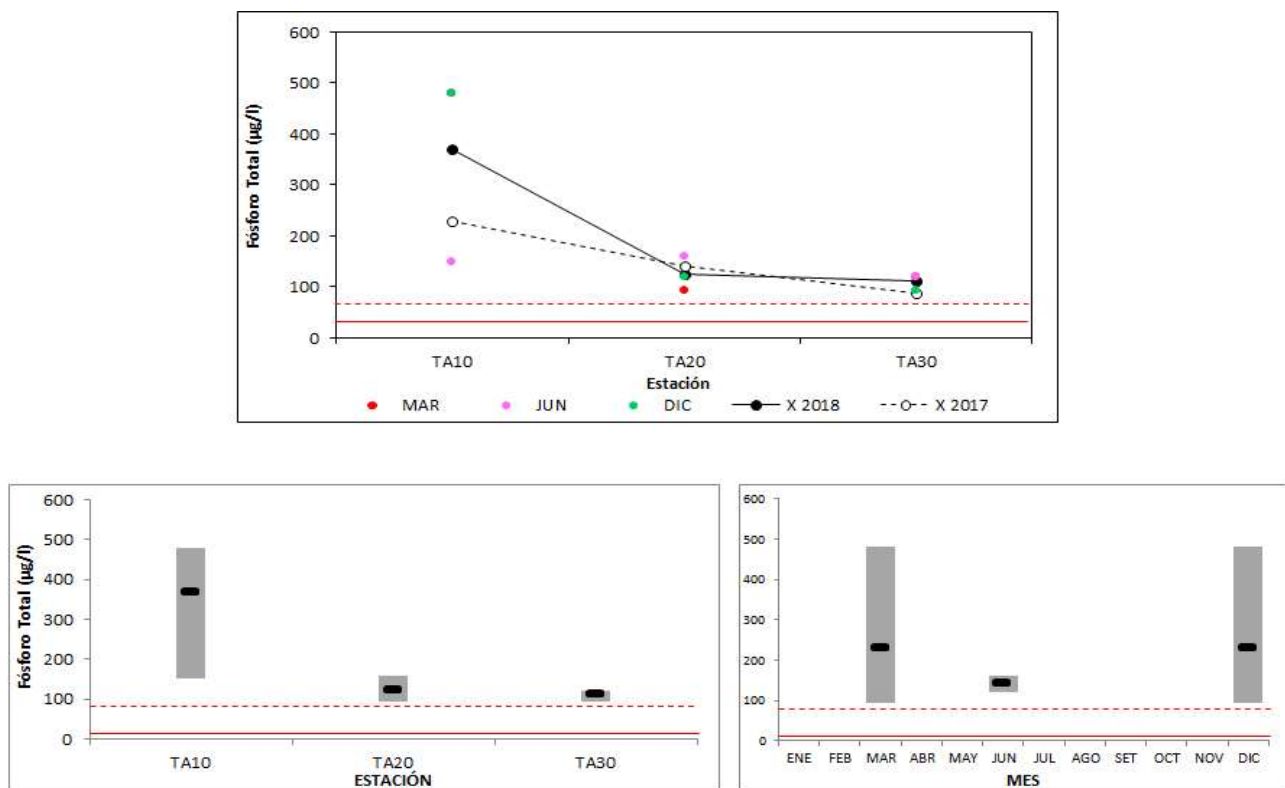


Fig. 33: Superior: Fluctuaciones del Fósforo Total en la cuenca del río Tacuarí durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Fósforo Total para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Fósforo Total (promedio y rango de variación) en el río Tacuarí durante 2018.

Las líneas rojas marcan el estándar propuesto por el Decreto 253 y por el grupo GESTA Agua.

3.2.2.3. Sólidos

3.2.2.3.1. Sólidos Suspendidos Totales

Los SST del río Tacuarí sólo superaron el límite de detección de la técnica en cuatro oportunidades. Las mismas, variaron entre una mínima de 11 mg/l (TA20 en diciembre) y una máxima de 32 mg/l (TA30 en junio), con un promedio de 13 mg/l y una mediana de 9.4 mg/l.

El perfil de las curvas de promedio anual es similar entre 2018 y 2017, aunque siempre con valores muy superiores durante 2018, reflejándose en promedios anuales de 13 mg/l en 2018 y 4 mg/l en 2017.

Espacialmente se observa un fuerte aumento de la concentración (y el rango de variación) en el sentido del curso, mientras que la variación durante el ciclo anual no presenta un patrón definido, más allá de observarse concentraciones (y rango de variación) inferiores en aguas cálidas (Fig. 34).

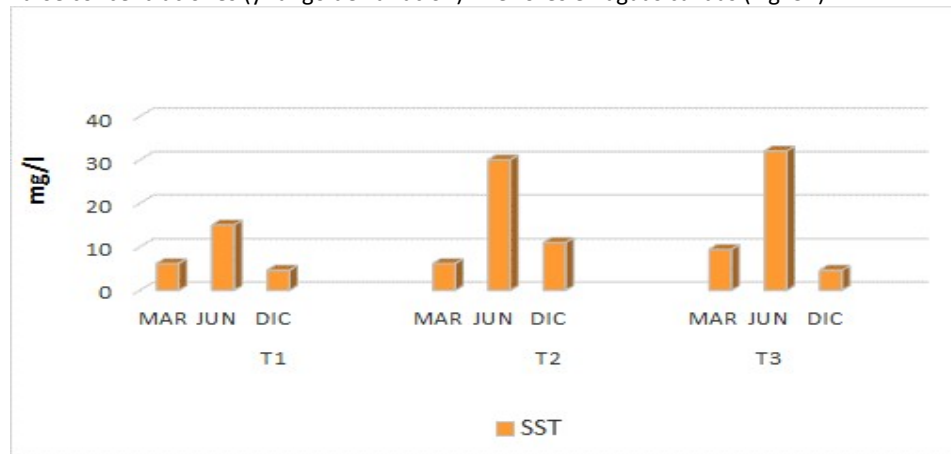


Fig. 34: Variación espacial y temporal de los Sólidos Suspendidos en el río Tacuarí durante 2018. Datos cuantificables > 9 mg/l

3.2.2.3.2. Sólidos Totales

Los ST fueron cuantificados en valores entre 120 mg/l en tres oportunidades (TA20 y TA30 en marzo y TA30 en diciembre) y 190 mg/l (TA30 en junio), con un promedio de 155 mg/l y una mediana de 160 mg/l. Aunque con distribución análoga, las concentraciones de ST durante 2018 son casi el doble que las de 2017, alcanzando promedios anuales de 154 mg/l en 2018 y de 89 mg/l en 2017. Muestran una ligera tendencia a la disminución hacia la desembocadura y estabilidad temporal durante las tres campañas consideradas, con una concentración ligeramente mayor durante el mes de junio (Fig. 35).

Los STF Variaron entre un mínimo de 70 mg/l (TA30 en marzo) y un máximo de 130 mg/l (TA30 en junio), con un promedio de 101 mg/l y una mediana de 11 mg/l. Siendo la distribución en 2018 y 2017 análoga, las concentraciones de 2018 duplican a las del año precedente, reflejándose en los promedios anuales calculados, de 101 mg/l en 2018 y 50 mg/l en 2017. Muestran una ligera tendencia a la disminución de concentración hacia la desembocadura, mientras que el rango de variación tiene un comportamiento opuesto, y se amplía hacia la desembocadura. Muestran estabilidad temporal durante las tres campañas consideradas, con una concentración ligeramente mayor durante el mes de junio.

Los STV fluctuaron entre 30 mg/l (TA20 en marzo) de mínima y 80 mg/l (TA10 en junio) de máxima, con un promedio de 53 mg/l y una mediana de 50 mg/l.

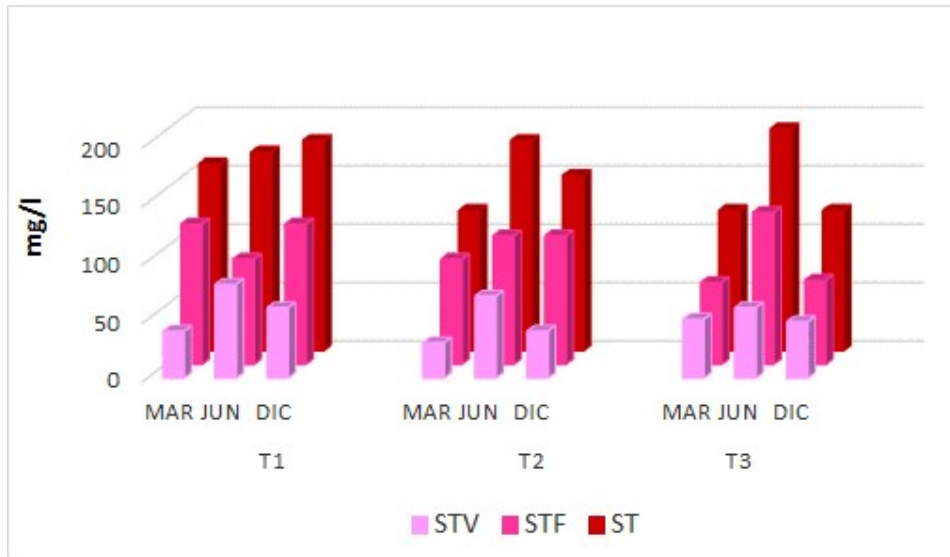


Fig. 35: Variación espacial y temporal de los Sólidos Totales en el río Tacuarí durante 2018. Datos cuantificables > 9 mg/l

3.2.2.4. Variables Biológicas

La clorofila a y la feofitina a del río Tacuarí sólo fueron medidas en la estación TA30, la cual proporciona información como cierre de cuenca.

3.2.2.4.1. Clorofila a

La clorofila varió entre un valor mínimo de 1,45 $\mu\text{g/l}$ (TA30 en junio y diciembre) y un máximo de 7.60 $\mu\text{g/l}$ (TA30 en marzo), con un promedio de 3.50 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 1.45 $\mu\text{g/l}$.

El valor promedio de la clorofila a en la estación TA30 es generalmente bajo, percibiéndose, de todas formas una concentración promedio en 2018 (3.5 $\mu\text{g/l}$) que duplica a la del año 2017 (1.6 $\mu\text{g/l}$).

La variación temporal de la clorofila a en la estación TA30 muestra un pico de floración durante la campaña de marzo (Fig. 36)

En el ciclo anual 2018 la concentración de clorofila estuvo muy lejos del valor guía sugerido por la Mesa Técnica del Agua (30 $\mu\text{g/l}$), por lo que esta variable cumplió en un 100 % con el límite propuesto.

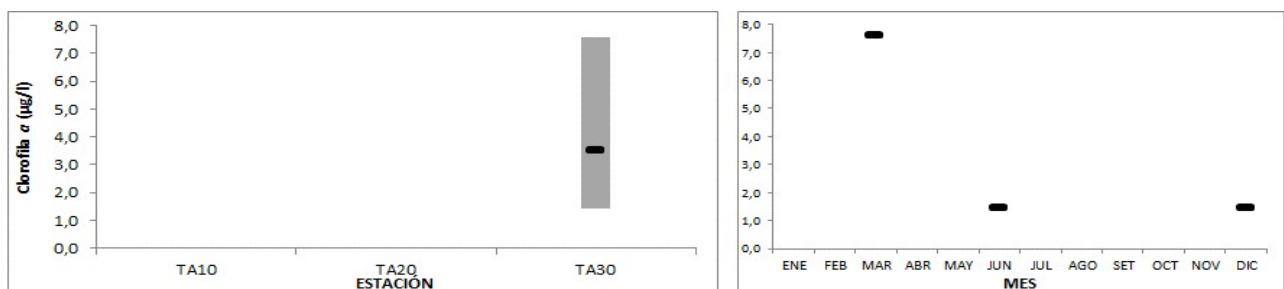


Fig. 36: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la clorofila a (promedio y rango de variación) en el río Tacuarí durante 2018.

3.2.2.4.2. Feofitina *a*

La feofitina *a* se ubicó siempre en valores por debajo del límite de detección de la técnica en las tres muestras analizadas.

El cálculo de la relación clo/feo para el caso de la población fitoplanctónica del río Tacuarí, refleja un estado senescente, con alta degradación, en las campañas de junio y diciembre, y una población en fuerte crecimiento durante el mes de marzo (Tabla XII).

Tabla XII: Relación Clo *a*/Feo *a* en la estación de cierre del río Tacuarí durante 2018.

MES	Clo <i>a</i> /Feo <i>a</i>
MAR	4,00
JUN	0,76
DIC	0,76

3.2.2.4.3. Coliformes Termotolerantes (ColiTermo)

Los Coliformes Termotolerantes fueron muestreados en las estaciones TA10 y TA30. La estación TA30 como cierre de cuenca y la estación TA10, que si bien está instalada en ese punto por su accesibilidad, considera la influencia de las poblaciones cercanas de Arachania y Ñangapiré.

Los coliformes termotolerantes presentaron siempre densidades bajas en el río Tacuarí. La mínima densidad registrada fue de 10 UFC/100ml en tres ocasiones (TA10 en marzo y TA30 en marzo y diciembre) y un máximo de 70 UFC/100ml (TA10 en junio), con un promedio de 26 UFC/100ml y una mediana de 17 UFC/100ml.

Las densidades de coliformes son similares entre 2018 y 2017, con valores promedio iguales en TA30 y ligeramente mayores en TA10 durante 2017. Los promedios anuales calculados son de 17 UFC/100ml en 2018 y de 41 UFC/100ml en 2017 (Fig. 37).

La distribución de los coliformes muestra tendencia a la disminución de la densidad hacia la desembocadura, al igual que el rango de variación en cada punto de muestreo.

La variación temporal es escasa, mostrando diferencias máximas < 50 UFC/100ml entre campañas extremas.

Los valores registrados históricamente en esta cuenca son bajos; en este año se mantiene esa característica. Con las densidades registradas durante 2018 se está muy lejos del límite establecido por el decreto 253 (2000 UFC/100ml), alcanzando un 100 % de cumplimiento de la norma.

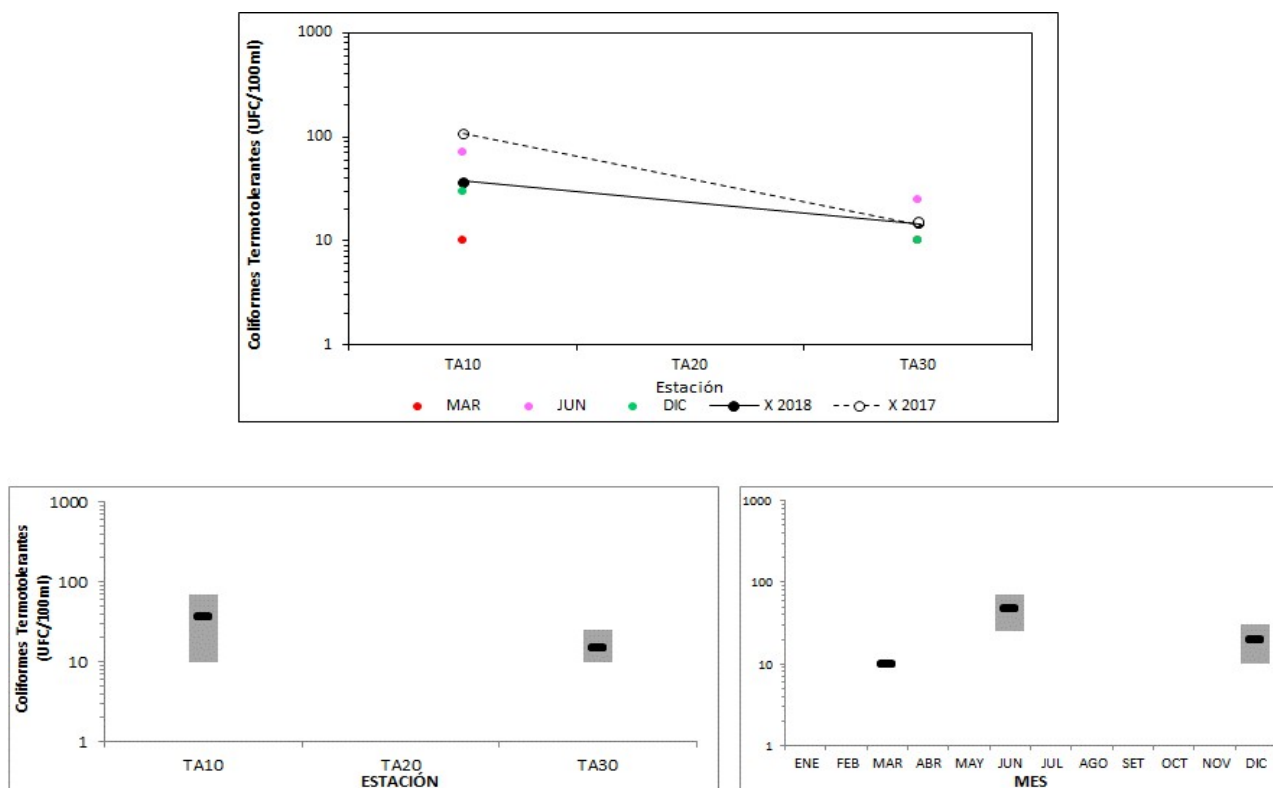


Fig. 37: Superior: Fluctuaciones de los Coliformes Termotolerantes en la cuenca del río Tacuarí durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Coliformes Termotolerantes para los años 2018 y 2017 respectivamente. Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de Coliformes Termotolerantes (promedio y rango de variación) en el río Tacuarí durante 2018.

3.2.2.5. AOX

Los AOX sólo fueron medidos en la estación YAG30, como estación de cierre de cuenca.

En las tres campañas realizadas se observaron resultados por debajo del límite de detección de la técnica (10 µg/l).

Con estos resultados se cumple en un 100% con el estándar tomado de la República Federal de Alemania (25 µg/l), a falta de valor guía fijado en nuestra legislación (Anexo 1).

3.2.2.6. Síntesis del río Tacuarí

La calidad del agua en el río Tacuarí es aceptable, cumpliendo las exigencias del Decreto 253 en la mayor parte de las variables analizadas.

Sólo en los nutrientes fosfatados (PO₄ y PT) se aprecia un incumplimiento crónico a la norma. El NT y la Turbidez tienen 100 % de incumplimiento en TA10 e incumplimientos parciales en las otras estaciones. La conductividad tiene incumplimientos parciales en las tres estaciones.

De toda la hemicuenca uruguaya de la laguna Merín el Tacuarí es el río que se muestra más comprometido.

3.2.3. Río Cebollatí

3.2.3.1. Variables *in situ*

3.2.3.1.1. Temperatura

La temperatura del río Cebollatí fluctuó durante 2018 entre valores extremos de 12.8 °C (CE10 en marzo) y 25.2 °C (CE00 en junio), con un promedio de 19.87°C y una mediana de 22.05°C.

La temperatura tiene un comportamiento casi exacto entre 2018 y 2017, demostrándolo en promedios anuales de 19.9°C para 2018 y de 19.4°C en 2017 (Fig. 38).

La distribución espacial de la temperatura en la cuenca del Cebollatí es homogénea. Tanto los promedios de temperatura como los rangos de variación son muy similares en todas las estaciones muestreadas. A pesar de eso, se observa una muy leve tendencia al aumento de temperatura hacia la desembocadura.

Temporalmente se observa la influencia de la temperatura atmosférica sobre la temperatura del agua.

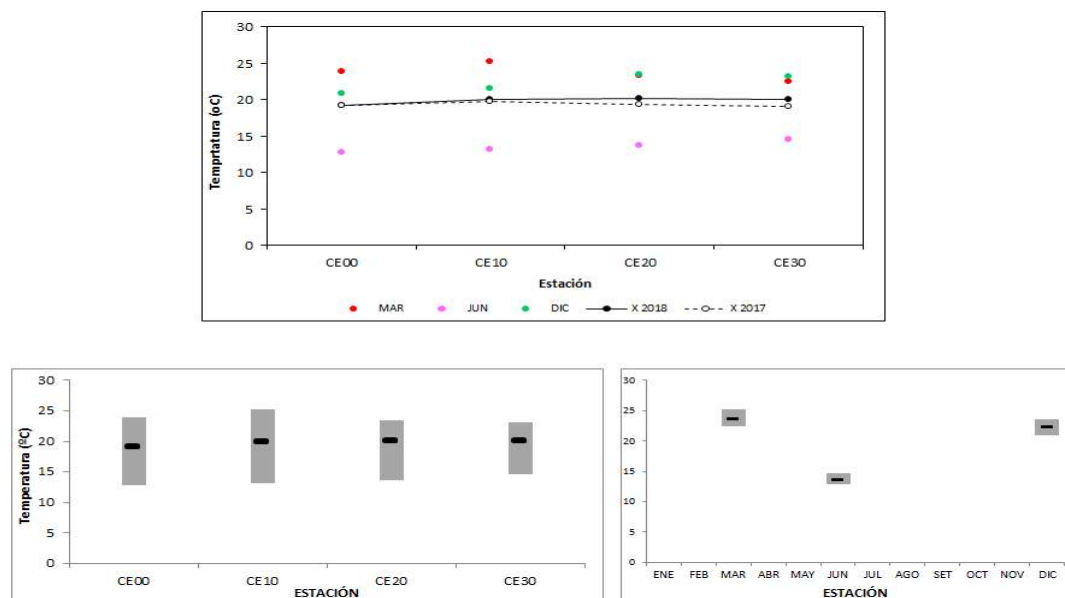


Fig. 38: Superior: Fluctuaciones de la Temperatura en la cuenca del río Cebollatí durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Temperatura para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de Temperatura (promedio y rango de variación) en el río Cebollatí durante 2018.

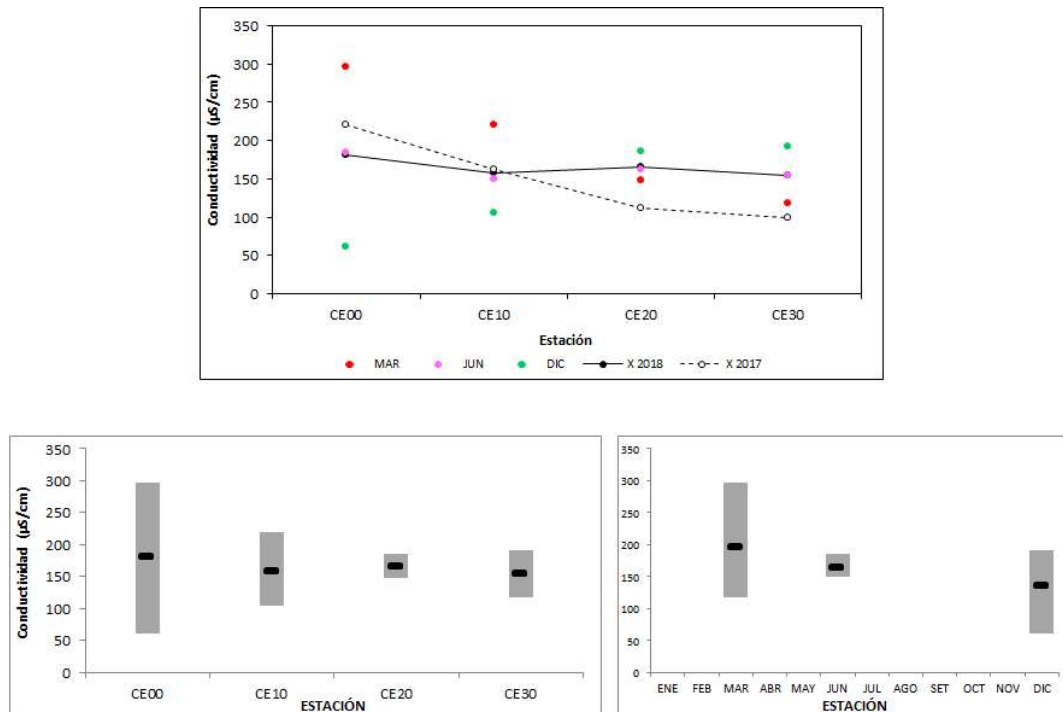
3.2.3.1.2. Conductividad

La conductividad del Cebollatí se ubicó entre una mínima de 60.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (CE00 en diciembre) y una máxima de 296.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (CE00 en marzo), con un promedio de 164.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una mediana de 158.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La conductividad tiene un comportamiento diferente en 2018 y 2017. Durante 2018 es inferior en la cuenca alta, se iguala en la cuenca media y es superior en la cuenca baja (Fig. 39). Esas diferencias generan promedios anuales de 164.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018 y 148.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2017.

La distribución espacial de la conductividad es homogénea en toda la cuenca, con valores extremos separados en menos de 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Se observa una leve tendencia a la disminución de la conductividad hacia la cuenca baja. Los rangos de variación también disminuyen hacia la cuenca baja.

Temporalmente sólo se observan menores conductividades en aguas más frías.



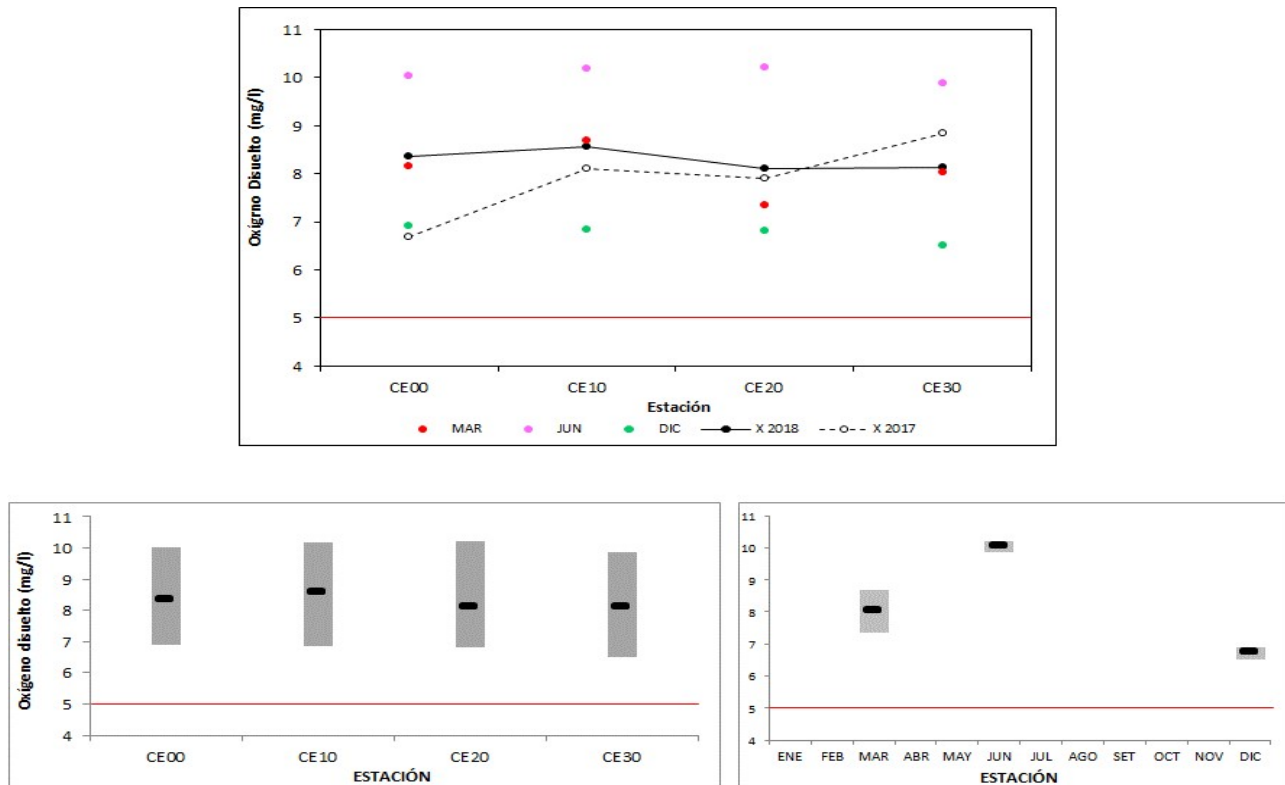
3.2.3.1.3. Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto en el Cebollatí se ubicó entre una concentración mínima de 6.51 mg/l (CE30 en diciembre) y una máxima de 10.20 mg/l (CE20 en junio), con un promedio anual de 8.30 mg/l y una mediana de 8.09 mg/l.

Las curvas de promedios de oxígeno disuelto en 2018 y 2017 muestran perfiles similares, aunque con menor variabilidad espacial durante 2018. Las concentraciones son mayores en las estaciones de la porción superior del río durante 2018 y en la porción baja se observa mayor concentración durante 2017 (Fig. 40). Esta alternancia genera promedios anuales de 8.3 mg/l en 2018 y de 7.9 mg/l en 2017.

Espacialmente la concentración de oxígeno es homogénea en todo el cauce del río, con promedios y rangos de variación muy similares en las cuatro estaciones analizadas. A pesar de esta homogeneidad, se percibe una leve tendencia a la reducción de la concentración de oxígeno disuelto en dirección a la desembocadura.

La variación temporal del oxígeno disuelto en el ciclo anual sólo muestra las –esperables– mayores concentraciones en aguas más frías.



La oxigenación del río Cebollatí se muestra óptima durante 2018 con porcentajes de saturación superiores al 75 % en todas las mediciones realizadas. De esta forma se cumple en un 100 % con el estándar fijado en el decreto 253.

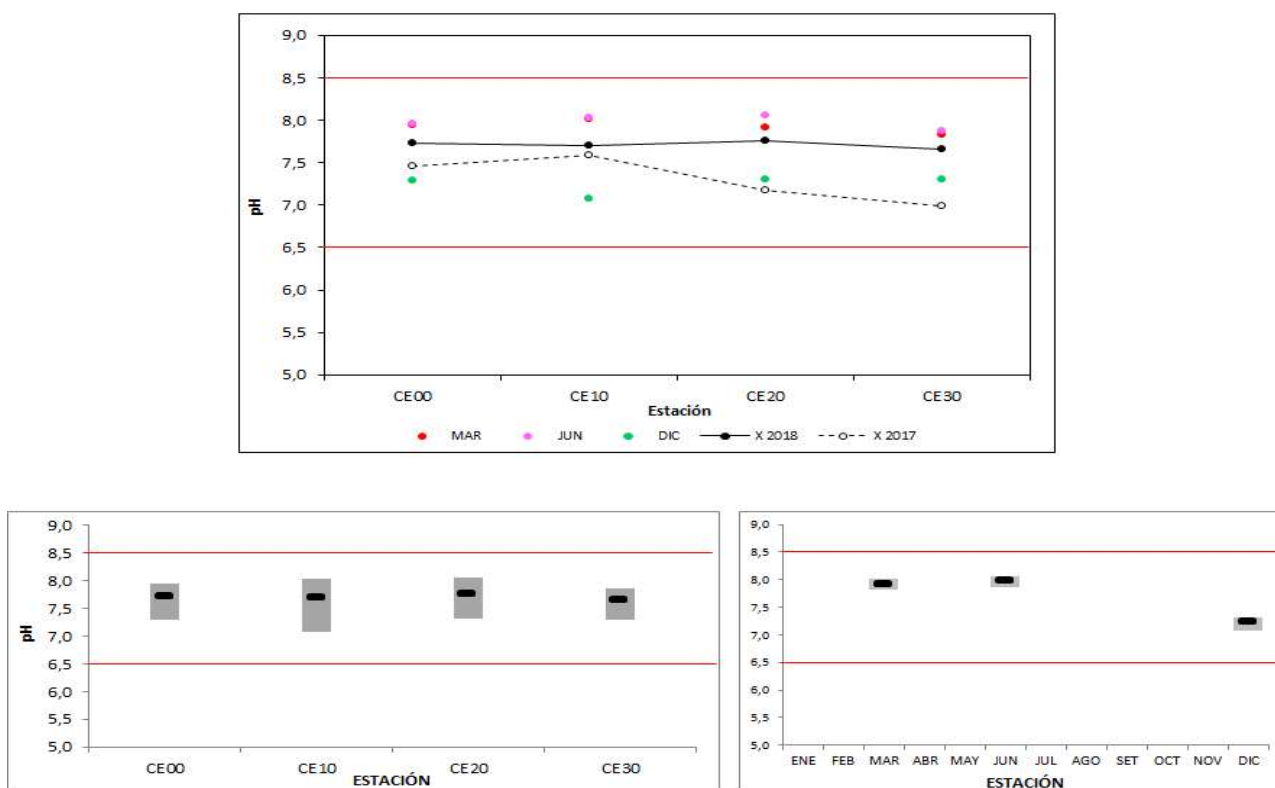
3.2.3.1.4. pH

El pH fluctuó entre una concentración mínima de 7.08 (CE10 en diciembre) y una máxima de 8.06 (CE20 en junio), con un promedio anual de 7.72 y una mediana de 7.90.

El comportamiento del pH durante 2018 es más estable en toda la cuenca que durante 2017, con concentraciones más altas en todas las estaciones, generando un promedio de 7.7 en 2018 y de 7.3 en 2017 (Fig. 41).

La distribución espacial del pH durante 2018 es homogénea en las 4 estaciones, aunque se percibe una leve tendencia a la disminución de la concentración hacia la desembocadura; tendencia menos pronunciada que en años previos.

La variación temporal no muestra ningún patrón de variación definido.



Las 12 muestras realizadas en aguas del Cebollatí muestran resultados ajustados a los estándares fijados en el decreto 253 (entre 6.5 y 8.5), por lo cual se infiere un cumplimiento del 100 % con respecto a la norma.

3.2.3.1.5. Transparencia

La transparencia sólo pudo ser medida en cuatro ocasiones, arrojando una mínima de 45 cm (CE20 en diciembre) y un máximo de 85 cm (CE30 en diciembre), con un promedio de 63 cm y una mediana de 62 cm.

3.2.3.1.6. Turbidez

La turbidez del Cebollatí fluctuó entre 8.0 NTU (CE00 en marzo) y 88.3 NTU (CE10 en junio), con un promedio de 32.7 NTU y una mediana de 27.3 NTU.

La turbidez se empezó a medir recién en la primera campaña de 2018, por lo que no hay datos de 2017 para comparar.

Si bien los menores valores de turbidez se observan en la estación CE00, la tendencia general es a la reducción en el sentido del curso, ya que las máximas concentraciones se observaron en CE10 y desde ahí una reducción hacia la desembocadura (Fig. 42). En CE10 se constata también el rango de variación más amplio, que es bastante acotado en las otras tres estaciones.

La variación en el ciclo anual se caracterizó por promedio y rango de variación mayores en la campaña de junio.

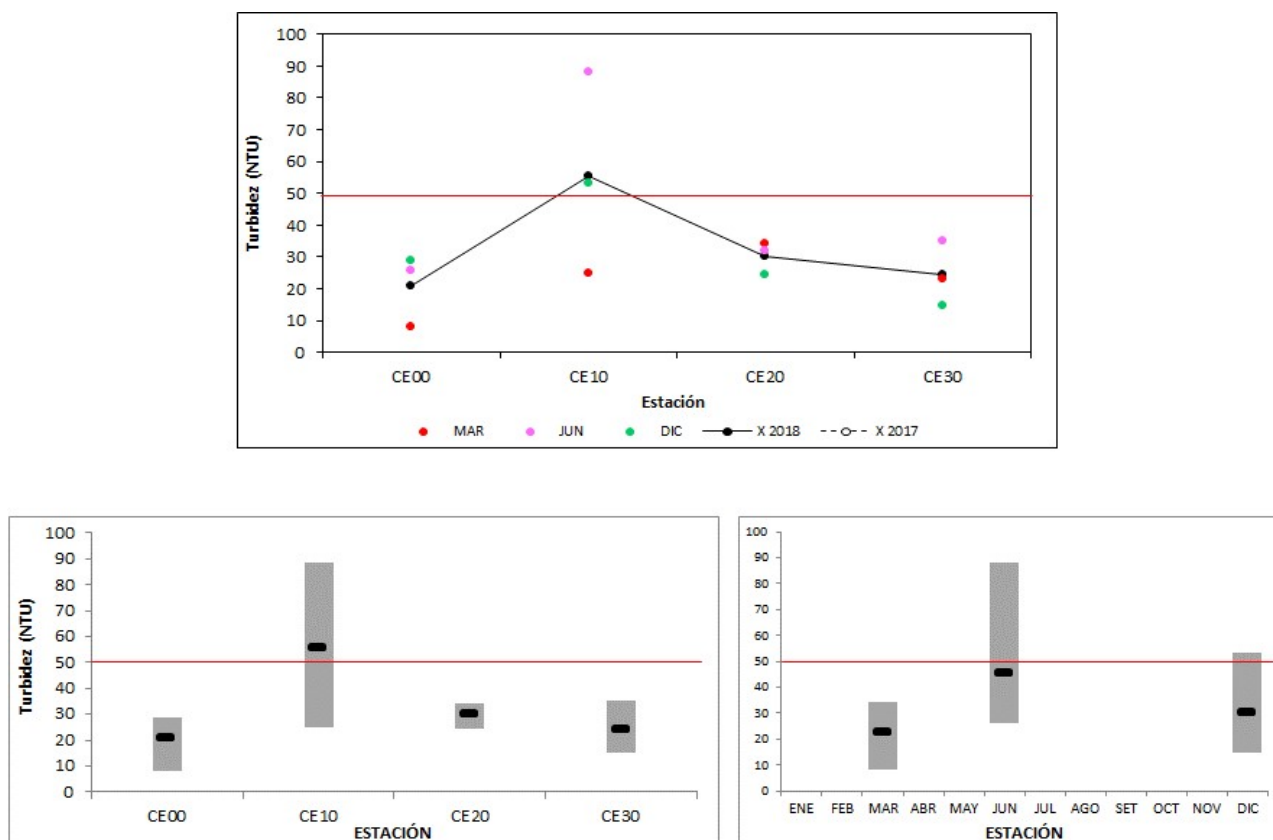


Fig. 42: Superior: Fluctuaciones de la Turbidez en la cuenca del río Cebollatí durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Turbidez para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Turbidez (promedio y rango de variación) en el río Cebollatí durante 2018.

Las líneas rojas marcan el estándar determinado en el decreto 253.

Dos de las doce muestras analizadas para esta variable superaron el valor estándar fijado en el decreto 253 (50 NTU). Las dos muestras pertenecen a la estación CE10 (en junio y diciembre) y con ellas se alcanza un incumplimiento del 17 % con respecto a la norma.

3.2.3.2. Nutrientes

3.2.3.2.1. Nutrientes Nitrogenados

Los nitratos fueron detectados en valores situados entre un mínimo de 0.02 mg/l (CE00 y CE10 en marzo y CE00 en diciembre) y un máximo de 0.23 mg/l (CE20 en diciembre), con un promedio de 0.08 mg/l y una mediana de 0.06 mg/l. Los resultados obtenidos en 2018 son —en las cuatro estaciones muestreadas— inferiores a los de 2017, obteniéndose promedios anuales de 0.07 mg/l para 2018 y de 0.12 mg/l para 2017 (Fig. 43). Este descenso interanual ya se observaba en 2017, con valores inferiores a los de 2016. La distribución espacial de los NO_3 en el Cebollatí está marcada por una clara tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura, registrándose la mayor concentración en CE20, resultado opuesto al del año anterior en que la tendencia era a disminuir hacia la desembocadura. Temporalmente se observan las mayores concentraciones y el mayor rango de variación en la campaña de diciembre. Todos los valores observados para esta variable son muy inferiores al estándar fijado en el decreto 253 (10 mg/l) o el sugerido por el grupo GESTA Agua (5 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

Los nitritos se ubicaron en concentraciones entre 0.0015 mg/l en tres ocasiones (CE00 en junio y diciembre, y CE20 en junio) y un máximo de 0.0094 mg/l (CE30 en diciembre), con un promedio de 0.036 mg/l y una mediana de 0.0031 mg/l. A diferencia de los NO_3 , los NO_2 tienen mayores concentraciones durante 2018 que durante 2017 (a excepción de CE00, con un valor levemente inferior), siendo los promedios calculados para ambos años de 0.0036 mg/l y 0.0023 mg/l respectivamente. Espacialmente se observa una clara tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura, mientras que temporalmente, al igual que los NO_3 se perciben las mayores concentraciones en el mes de diciembre. Todos los resultados generados por esta variable son inferiores al estándar fijado en el decreto 253 (0,1 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

El amonio libre calculado varió entre una concentración mínima de 0.0001 mg/l (CE10 en diciembre) y una máxima de 0.0028 mg/l (CE20 en marzo), con un promedio de 0.0012 mg/l y una mediana de 0.0010 mg/l. El comportamiento de la concentración de amonio libre es muy similar en 2018 y 2017, con perfiles bastante paralelos que se cruzan en la mitad de la cuenca, definiendo que en 2018 en la mitad superior del curso las concentraciones son menores y en la mitad inferior del curso las concentraciones son mayores. Los promedios calculados para cada año fueron de 0.0012 mg/l en 2018 y 0.0014 mg/l en 2017. Se observa una tendencia al aumento de concentración en el sentido del río, resultado inverso al observado durante 2017. La variación del NH_3 en el ciclo anual es diferente a la de los otros productos nitrogenados, ya que se observa un máximo de concentración en marzo y una reducción paulatina hacia diciembre. Todos los valores observados para esta variable son inferiores al estándar fijado en el decreto 253 (0,02 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

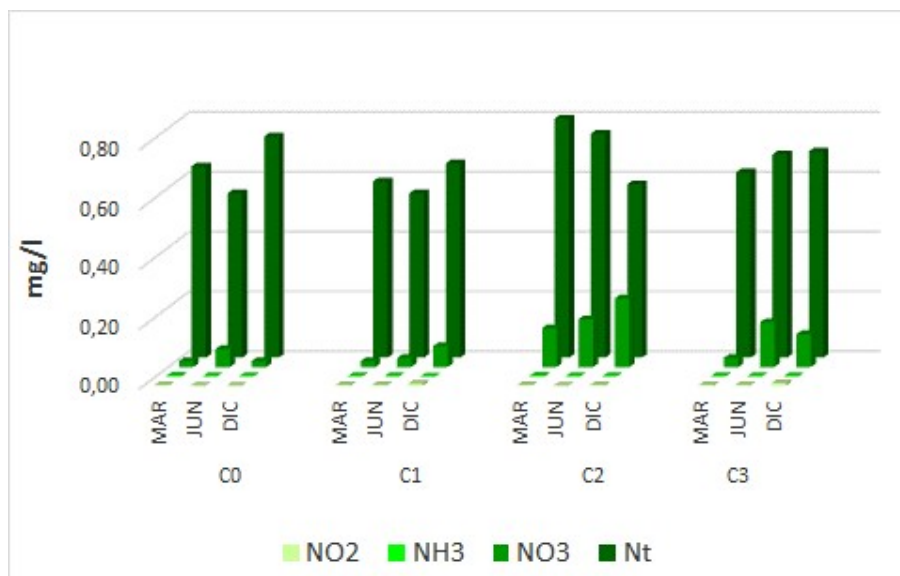


Fig. 43: Variación espacial y temporal de los nutrientes nitrogenados en el río Cebollatí durante 2018.

El NT fue registrado en valores entre un mínimo de 0.55 mg/l (CE00 y CE10 en junio) y un máximo de 0.80 mg/l (CE20 en marzo), con promedio anual y mediana coincidentes en 0.65 mg/l.

El comportamiento del Nt durante 2018 en la cuenca del Cebollatí es similar al de 2017, aunque con variaciones menos amplias (Fig. 44). Los valores registrados son similares -para ambos años- en las estaciones CE00, CE20 y CE30, mientras que en CE10 hay una notoria diferencia de concentración. En 2018 se observa concentración mayor en la estación CE00 e inferior en las otras tres estaciones. Estas diferencias se reflejan en el promedio anual, de 0.65 mg/l en 2018 y 0.73 mg/l en 2017.

La distribución espacial del NT durante 2018 es homogénea, no percibiéndose grandes diferencias de variación entre las diferentes estaciones (diferencia entre estaciones extremas de 0.11 mg/l). Más allá de la homogeneidad espacial, existe una tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura.

Temporalmente no se observa una variación de concentración a lo largo del ciclo anual, calculándose promedios extremos con 0.4 mg/l de diferencia.

Todos los valores de NT registrados, se encuentran por debajo del valor sugerido, alcanzando entonces un 100 % de cumplimiento de la variable.

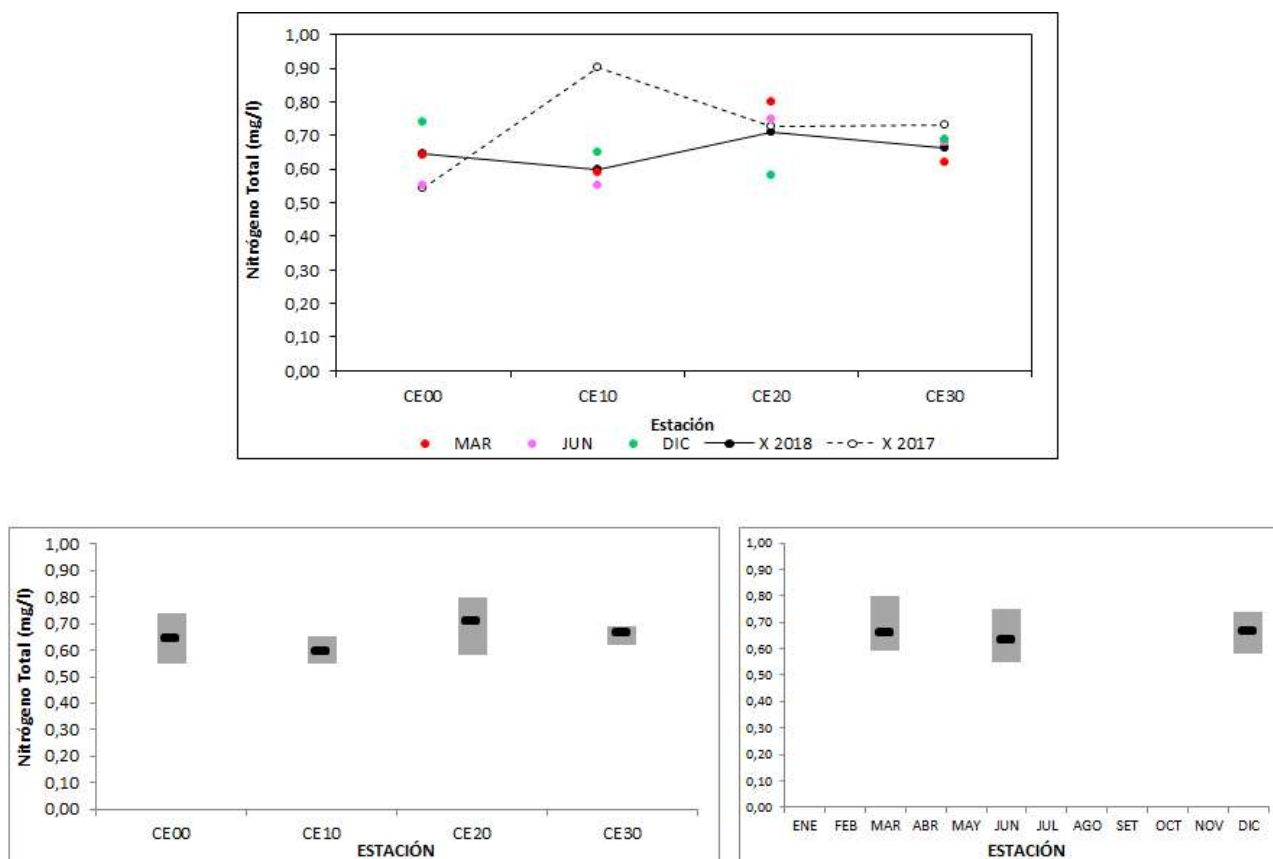


Fig. 44: Superior: Fluctuaciones del Nitrógeno Total en la cuenca del río Cebollatí durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Nitrógeno Total para los años 2018 y 2017 respectivamente.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Nitrógeno Total (promedio y rango de variación) en el río Cebollatí durante 2018.

En la figura 45 se presentan las proporciones de los diferentes componentes del NT en cada campaña y en el promedio anual. Se observa estabilidad de las proporciones relativas, situándose el nitrógeno orgánico (Norg) aproximadamente entre el 80 y el 90%, los NO_3 entre el 8 y el 18% y los NO_2 alrededor del 1%, mientras que la fracción NH_3 es mínima en la proporción total. Tanto el NH_3 como el Norg son calculados, no medidos en forma directa.

3.2.3.2.2. Nutrientes Fosforados

Los nutrientes fosforados, medidos como fósforo reactivo y Fósforo Total presentaron valores altos en toda la cuenca.

3.2.3.2.2.1. Fósforo reactivo (PO4)

El PO4 fue verificado en valores entre 11 $\mu\text{g/l}$ (CE00 en marzo) y 99 $\mu\text{g/l}$ (CE20 en diciembre), con un promedio de 56 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 65 $\mu\text{g/l}$.

La fluctuación de los fosfatos durante 2018 es similar a la de 2017. El perfil de las curvas es similar, sólo mostrando una diferencia sensible en la estación CE20 (Fig. 46). Los valores registrados durante 2018 son siempre mayores que en 2017, demostrándose en los promedios, de 56 $\mu\text{g/l}$ en 2018 y 42 $\mu\text{g/l}$ en 2017.

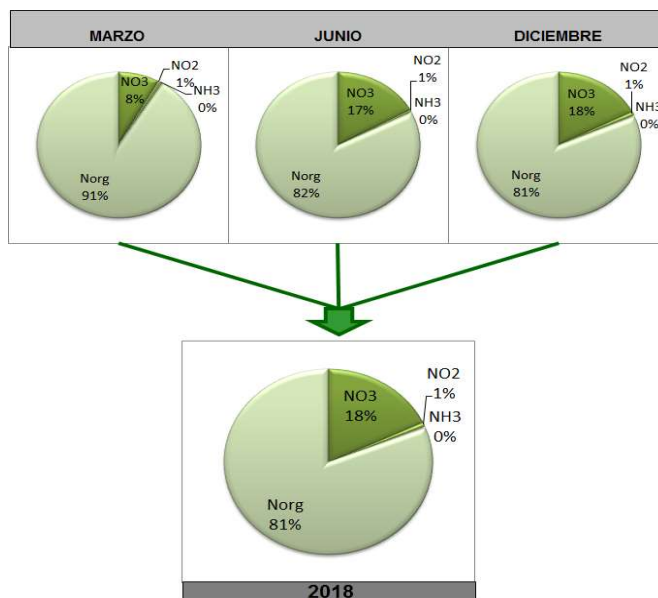


Fig. 45: Proporción de los diferentes componentes del Nitrógeno Total en el río Cebollatí durante 2018. NH_3 y Norg, valores calculados.

La variación espacial de los fosfatos en el Cebollatí muestra una clara tendencia al aumento de concentración desde las nacientes hacia la desembocadura (Fig. 43), aunque los rangos de variación disminuyen a lo largo del curso principal del río.

No se observa un patrón de variación determinado a lo largo del ciclo anual, más allá de mostrar promedios de concentración más altos en aguas de mayor temperatura.

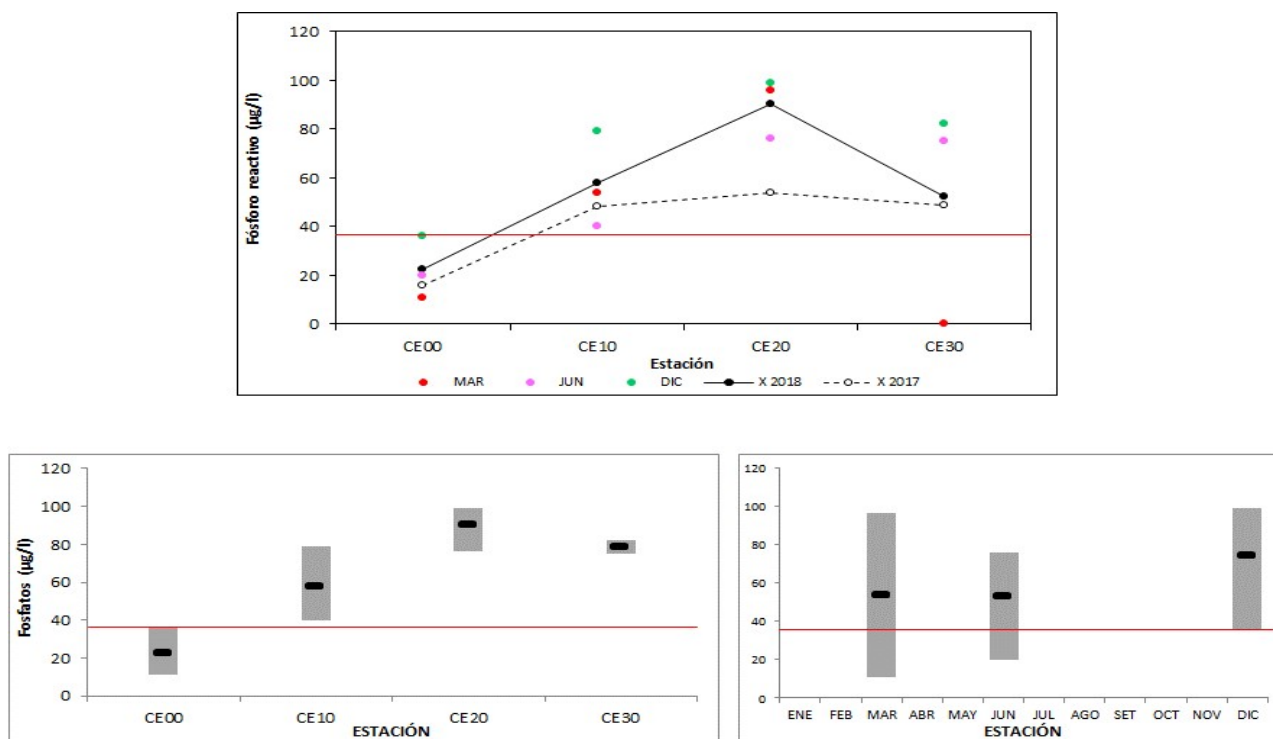


Fig. 46: Superior: Fluctuaciones del Fósforo Reactivo en la cuenca del río Cebollatí durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Fósforo Reactivo para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Fósforo Reactivo (promedio y rango de variación) en el río Cebollatí durante 2018. Las líneas rojas marcan valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua.

Nueve, de las once mediciones realizadas en el año superan el valor sugerido la Mesa Técnica del Agua ($35 \mu\text{g/l}$), alcanzando, de esta manera, un 75 % de incumplimiento con respecto al valor sugerido.

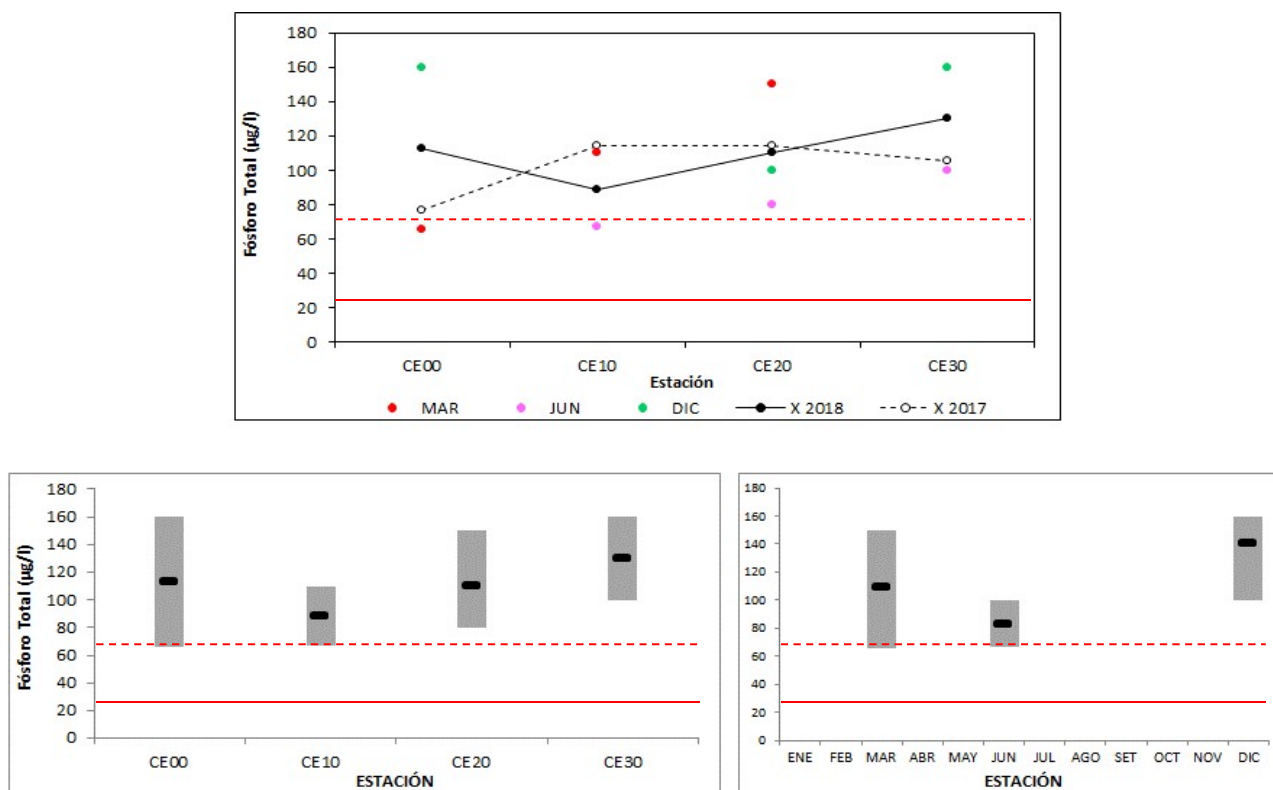
3.2.3.2.2.2. Fosforo Total (Pt)

Las concentraciones de PT variaron entre una mínima de $66 \mu\text{g/l}$ (CE00 en marzo) y $160 \mu\text{g/l}$ (CE00 y CE30 en diciembre), con un promedio anual de $110 \mu\text{g/l}$ y una mediana de $100 \mu\text{g/l}$.

El comportamiento del PT es inverso en los años 2018 y 2017 (Fig. 47). Durante 2018 las mayores concentraciones se aprecian en las estaciones extremas, y menores en la cuenca media, mientras que en 2017 en las estaciones extremas se dan los más bajos valores y los mayores en la cuenca media. Estas diferencias generan promedios anuales de $110 \mu\text{g/l}$ para 2018 y de $103 \mu\text{g/l}$ para 2017.

Espacialmente, más allá de existir cierta homogeneidad de concentraciones a lo largo de toda la cuenca (diferencia de $40 \mu\text{g/l}$ entre estaciones extremas), se percibe una tendencia al aumento de concentración desde las nacientes hacia la desembocadura.

Temporalmente se aprecian concentraciones más altas en agua más cálidas.



Considerando el estándar fijado por el decreto 253 (25 µg/l), todos los valores analizados de PT superan ese estándar. Si consideramos el valor sugerido por el grupo GESTA Agua (70 µg/l) obtenemos dos valores (2/9) que cumplen con lo establecido, generando un porcentaje de incumplimiento del 78 % con respecto al valor guía sugerido.

3.2.3.3. Sólidos

3.2.3.3.1. Sólidos Suspendidos Totales

Los sólidos suspendidos totales fluctuaron entre 11 mg/l (CE00 en junio) y 55 mg/l (CE10 en diciembre), con un promedio de 15 mg/l y una mediana de 12 mg/l.

La distribución de los SST es muy similar a la del año precedente, con valores muy cercanos en todas las estaciones excepto en CE10, en la cual, durante 2018 se produce un fuerte aumento. Por este, los promedios anuales calculados son 15 mg/l en 2018 y 5 mg/l en 2017. En líneas generales, se aprecia una tendencia a la disminución hacia la desembocadura y una concentración muy superior durante la campaña de diciembre (Fig. 48).



Fig. 48: Variación espacial y temporal de los Sólidos Suspendidos Totales en el río Cebollatí durante 2018. Datos cuantificables >9 mg/l.

3.2.3.3.2. Sólidos Totales

Los Sólidos Totales fluctuaron entre una concentración mínima de 60 mg/l (CE20 en marzo) y una máxima de 200 mg/l en tres ocasiones (CE00 en marzo y junio y CE10 en junio), con un promedio de 154 mg/l y una mediana de 160 mg/l. Manteniendo la tendencia a la reducción de la concentración hacia la desembocadura que se observa en años precedentes, las variaciones de ST en 2018 fueron más amplias que durante 2017 (Fig. 49). Las concentraciones de ST fueron siempre mayores en 2018 que en 2017, lo que se refleja en los promedios anuales, de 154 mg/l en 2018 y de 117 mg/l en mg/l en 2017. No se observa patrón de variación temporal en el año.

Los Sólidos Totales Fijos se encontraron en valores entre 52 mg/l (CE20 en marzo) y 160 mg/l (CE00 en marzo), con un promedio de 105 mg/l y una mediana de 110 mg/l. Se mantiene la tendencia a la reducción de la concentración hacia la desembocadura que se observa en años precedentes, siendo las variaciones de ST en 2018 más amplias que durante 2017 (Fig. 46). Las concentraciones de ST fueron siempre mayores en 2018 que en 2017, lo que se refleja en los promedios anuales, de 105 mg/l en 2018 y de 69 mg/l en mg/l en 2017. No se observa patrón de variación temporal en el año.

Los Sólidos Totales Volátiles mostraron una concentración mínima de 8 mg/l (CE00 en diciembre) y una máxima de 80 mg/l (CE00 en junio), con un promedio de 48 mg/l y una mediana también de 48 mg/l. Al igual que los otros sólidos totales, los STV mantienen la tendencia a la reducción de la concentración hacia la desembocadura que se observa en años precedentes, siendo las variaciones de ST en 2018 levemente más amplias que durante 2017 (Fig. 49). Las concentraciones de ST fueron muy similares entre 2018 y 2017, con promedios anuales de 48 mg/l en 2018 y de 45 mg/l en mg/l en 2017. No se observa patrón de variación temporal en el año.

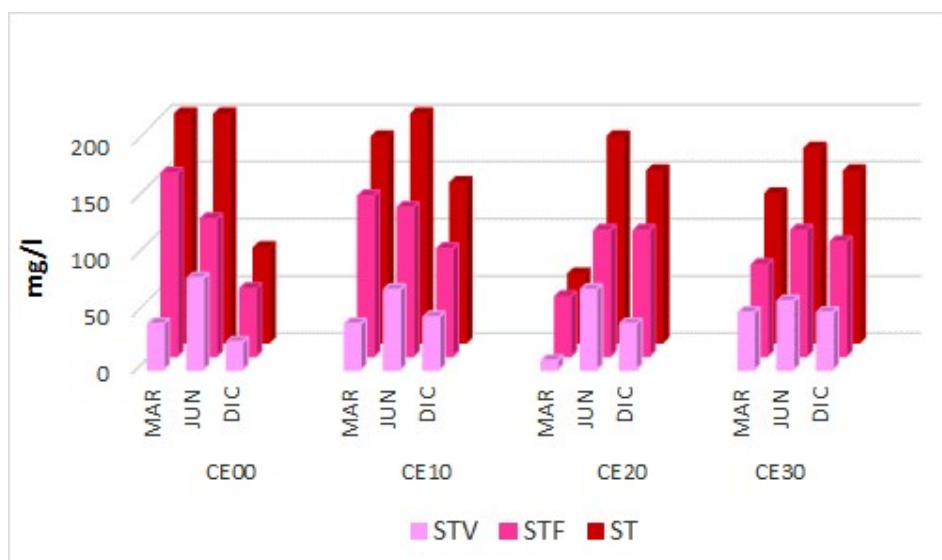


Fig. 49: Variación espacial y temporal de los Sólidos Totales en el río Cebollatí durante 2018. Datos cuantificables > 9 mg/l

3.2.3.4. Variables Biológicas

La clorofila *a* y la feofitina *a* del río Cebollatí sólo fueron medidas en la estación CE30, la cual proporciona información como cierre de cuenca.

3.2.3.4.1. Clorofila *a*

La clorofila *a* del río Cebollatí se ubicó, durante 2018 en valores entre un mínimo de 1.45 $\mu\text{g/l}$ (en junio y diciembre) y un máximo de 3.50 $\mu\text{g/l}$ (en marzo), con un promedio anual de 2.13 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 1.45 $\mu\text{g/l}$.

Se observa un ligero aumento de la concentración de clorofila entre 2017 y 2018, siendo los promedios de 2.13 $\mu\text{g/l}$ en 2018 y de 1.93 $\mu\text{g/l}$ en 2017.

La variación temporal de la clorofila *a* durante 2018 muestra un pico de floración durante la campaña de marzo (Fig. 50).

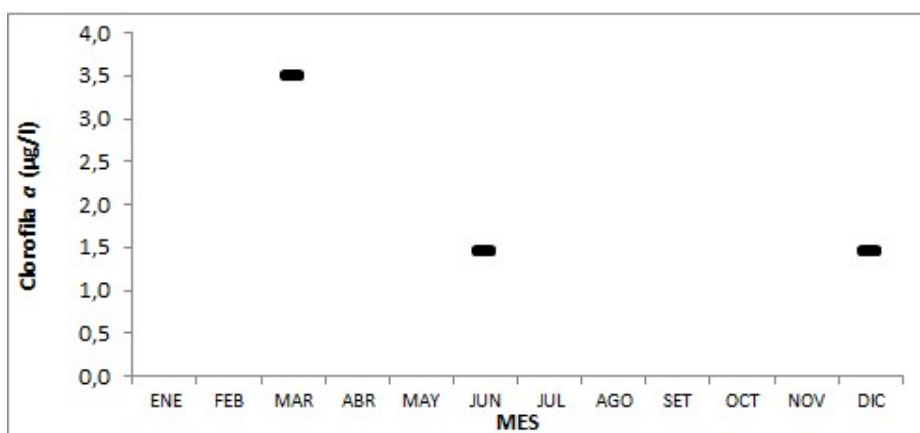


Fig. 50: Variación espacial y temporal de la Clorofila *a* en el río Cebollatí durante 2018.

3.2.3.4.2. Feofitina *a*

Las tres muestras tomadas durante 2018 resultaron en concentraciones de feofitina con valores por debajo del límite de detección de la técnica.

El cálculo de la relación clo/feo para el caso de la población fitoplanctónica del río Cebollatí, refleja un estado senescente en las campañas de junio y diciembre y una población en crecimiento durante el mes de marzo (Tabla XIII).

Tabla XIII: Relación Clo *a*/Feo *a* en la estación de cierre del río Cebollatí durante 2018

MES	Clo <i>a</i> /Feo <i>a</i>
MAR	1,84
JUN	0,76
DIC	0,76

3.2.3.4.3. Coliformes Termotolerantes (ColiTermo)

Las densidades de Coliformes Termotolerantes del río Cebollatí fueron medidas entre un mínimo de 10 UFC/100ml en cuatro ocasiones (CE00 en junio y CE30 en las tres campañas) y un máximo de 340 UFC/100ml (CE00 en diciembre), con un promedio de 70 UFC/100ml y una mediana de 10 UFC/100ml.

Las densidades de coliformes termotolerantes registradas en el Cebollatí siempre son bajas, tanto en la variación temporal anual como interanual. Dentro de esos bajos valores, durante 2018 se duplica el promedio de 2017, con 70 UFC/100ml y 31 UFC/100ml respectivamente (Fig. 51).

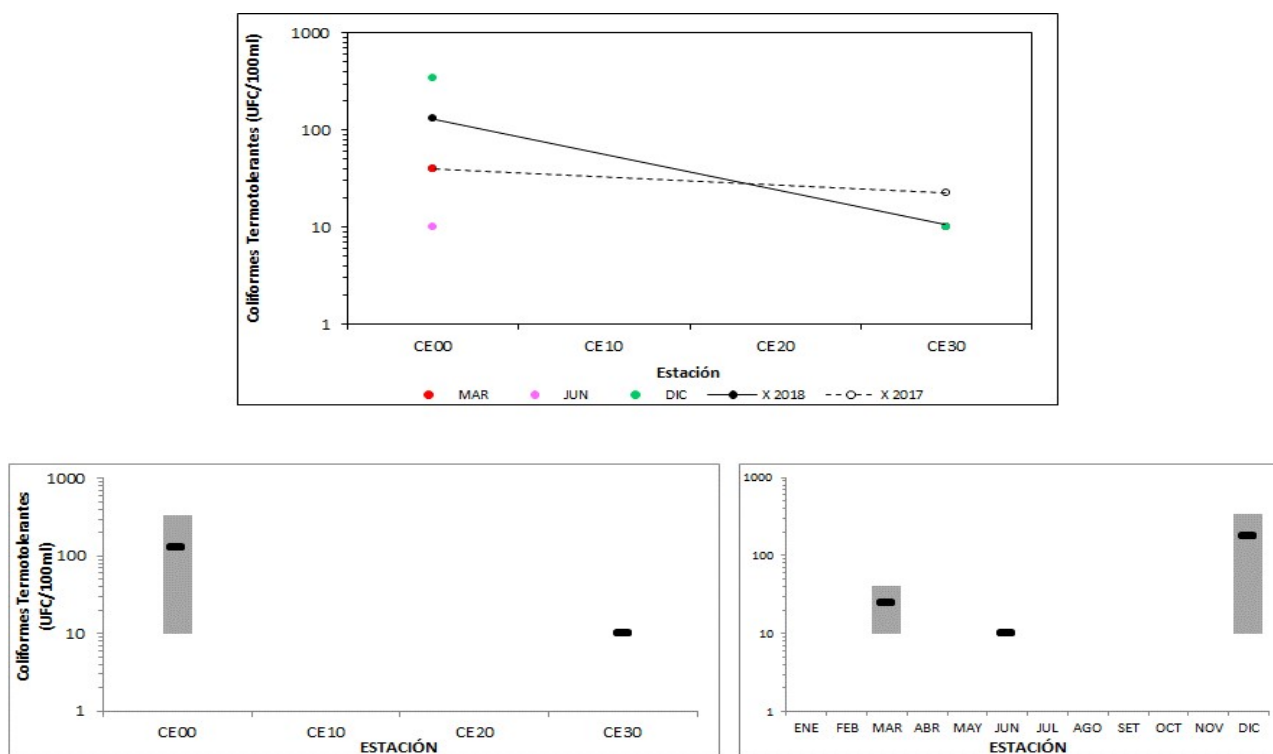


Fig. 51: Superior: Fluctuaciones de los Coliformes Termotolerantes en la cuenca del río Cebollatí durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Coliformes Termotolerantes para los años 2018 y 2017 respectivamente. Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de Coliformes Termotolerantes (promedio y rango de variación) en el río Cebollatí durante 2018.

Espacialmente se observa una neta tendencia a la disminución de la densidad de coliformes termotolerantes en dirección a la desembocadura, al igual que el rango de variación de esas densidades. Temporalmente las concentraciones son estables en el ciclo anual, con mayor variación durante la campaña de diciembre.

Las densidades de coliformes termotolerantes fueron siempre bajas en el río Cebollatí, manteniéndose muy por debajo del valor guía fijado en el decreto 253 (1000 UFC/100ml). Estos bajos valores resultan en un cumplimiento del 100% (Anexo 1).

3.2.3.5. AOX

Los AOX sólo fueron medidos sólo en la estación C3, como estación de cierre de cuenca.

En las cuatro campañas realizadas se observaron resultados con valores inferiores al límite de cuantificación de la técnica (17 µg/l).

Con estos resultados se cumple en un 100% con el estándar tomado de la República Federal de Alemania (25 µg/l), a falta de valor guía fijado en nuestra legislación (Anexo 1).

3.2.3.6. Síntesis del río Cebollatí

La calidad del agua en el río Cebollatí es aceptable, cumpliendo las exigencias del Decreto 253 en la mayor parte de las variables analizadas.

Sólo se observa incumplimiento en la conductividad (100% en 3 estaciones y 67% en la restante), la turbidez (67% de incumplimiento en una estación), el fósforo reactivo (100% de incumplimiento en 3 estaciones y 67% de incumplimiento en la restante, y el PT (100% de incumplimiento en 2 estaciones y 50% en las dos restantes).

3.2.4. Río Olimar

3.2.4.1. Variables *in situ*

3.2.4.1.1. Temperatura

La temperatura en el río Olimar fluctuó entre una mínima de 13.1 °C (OG10 en junio) y una máxima de 23.9 °C (OG20 en marzo), con un promedio de 18.6 °C y una mediana de 20.7 °C.

La variación de temperatura es uniforme en 2018 y 2017, con sólo 3 décimas de diferencia entre los promedios anuales (18.30 °C en 2018 y 18.33°C en 2017).

Al igual que en años precedentes, se aprecia una tendencia al aumento de la temperatura hacia las nacientes (Fig. 52).

La variación temporal muestra la marcada estacionalidad de la temperatura en las diferentes campañas, con promedios más elevados en meses más cálidos.

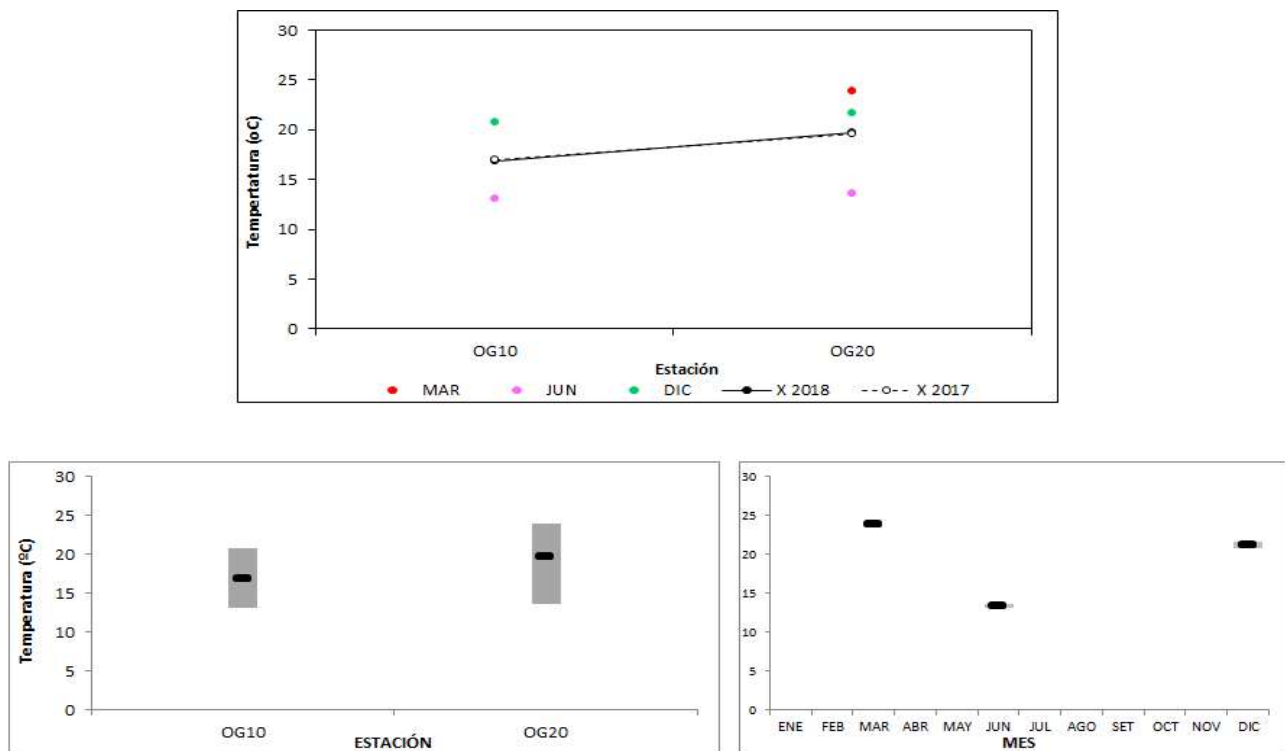


Fig. 52: Superior: Fluctuaciones de la Temperatura en la cuenca del río Olimar durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Temperatura para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de Temperatura (promedio y rango de variación) en el río Olimar durante 2018.

3.2.4.1.2. Conductividad

La conductividad del Olimar fluctuó entre una concentración mínima de 116.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (OG10 en diciembre) y una máxima de 231.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (OG20 en marzo), con un promedio de 159.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una mediana de 144.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Los valores de conductividad fueron siempre mayores durante 2018, produciendo promedios de 154,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018 y de 118,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2017 (Fig.53).

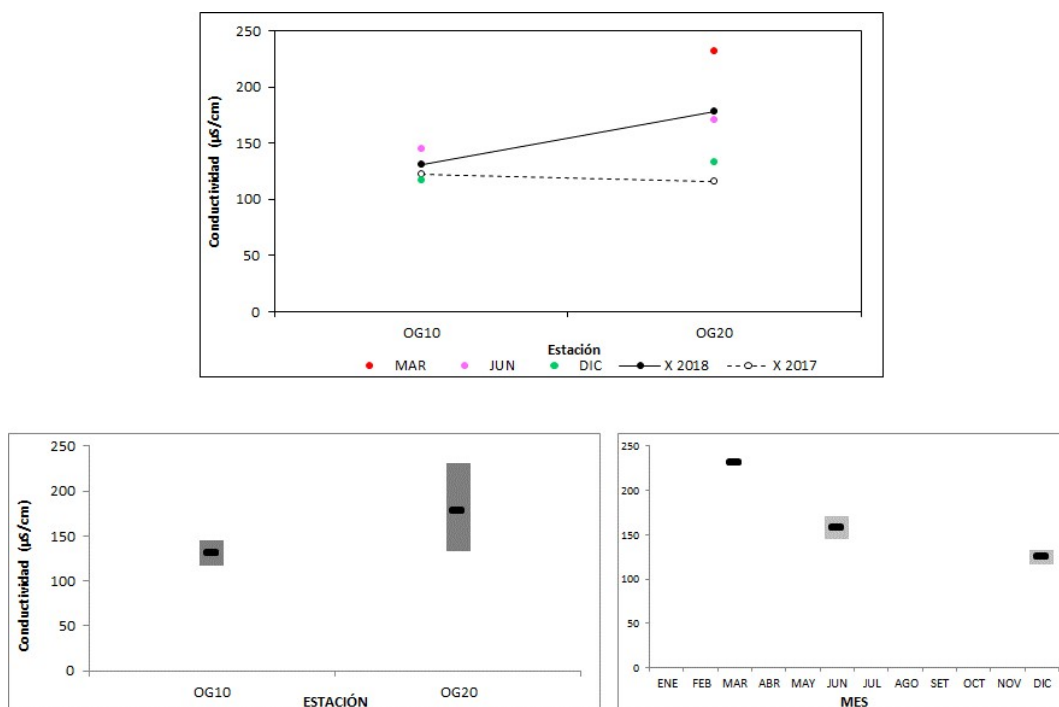


Fig. 53: Superior: Fluctuaciones de la Conductividad en la cuenca del río Olimar durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Conductividad para los años 2018 y 2017 respectivamente. Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de Conductividad (promedio y rango de variación) en el río Olimar durante 2018. Las líneas rojas marcan el valor guía sugerido en el digesto CARU.

Espacialmente se percibe una tendencia al aumento de la conductividad a lo largo del curso principal del río, situación opuesta a la observada durante 2017.

La variación temporal de la conductividad no refleja un patrón determinado. Sólo se observan conductividades más elevadas en marzo, relacionadas posiblemente al caudal del río en esos meses.

3.2.4.1.3. Oxígeno Disuelto

LA oxigenación del río Olimar se encontró en valores normales durante el período de estudio, variando entre un mínimo de 6.68 mg/l (OG20 en marzo) y un máximo de 10.04 mg/l (OG20 en junio), con un promedio de 8.22 mg/l y una mediana de 7.61 mg/l.

El comportamiento del OD en 2018 es similar al de 2017, mostrando un promedio casi idéntico en la estación OG20, y en la estación OG10 levemente inferior en 2018 (Fig. 54). Los promedios anuales confirman esa pequeña diferencia, siendo de 8,22 mg/l en 2018 y de 8,48 mg/l en 2017.

La variación espacial del OD en la cuenca del Olimar muestra una leve tendencia a la disminución de la concentración desde las nacientes hacia la desembocadura, mientras que el rango de variación es estable. Temporalmente la concentración del OD en el río Olimar es estable, siempre en valores elevados, con concentraciones superiores en aguas más frías.

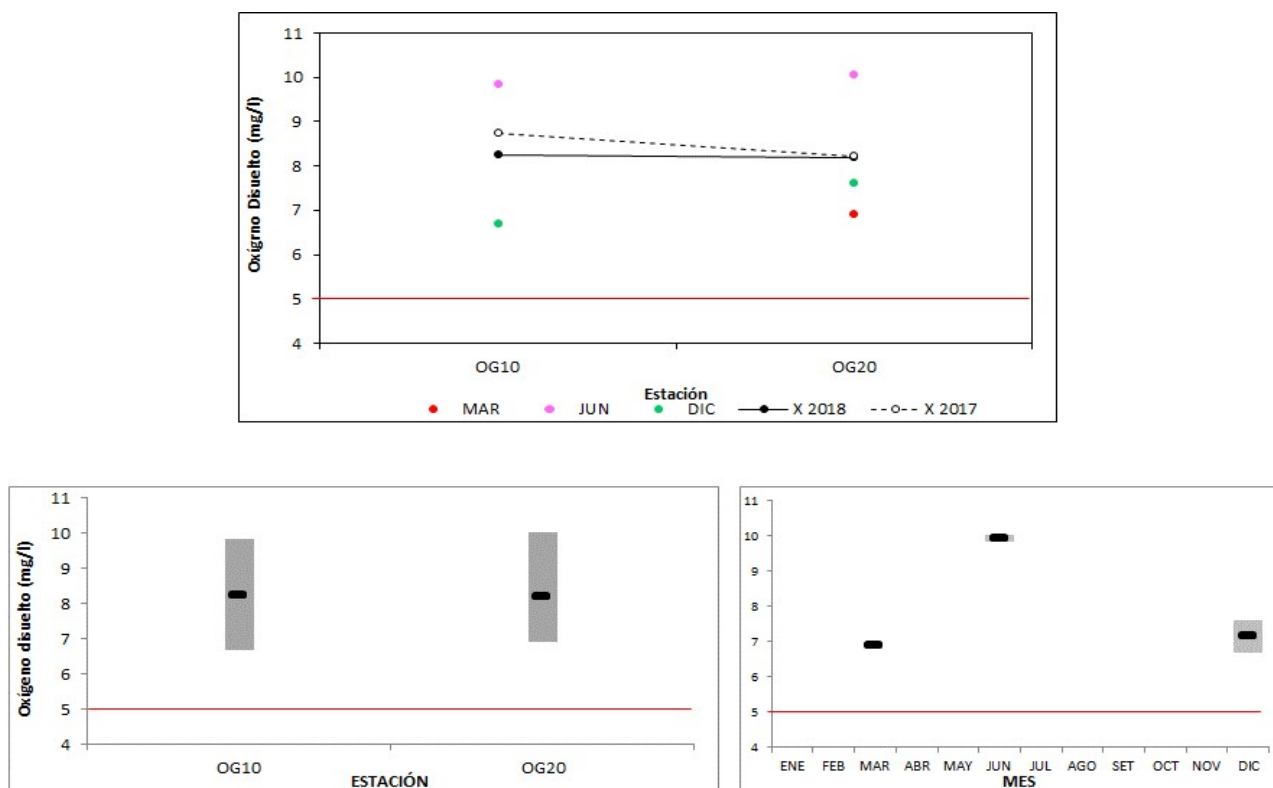


Fig. 54: Superior: Fluctuaciones del Oxígeno Disuelto en la cuenca del río Olimar durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Oxígeno Disuelto para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Oxígeno Disuelto (promedio y rango de variación) en el río Olimar durante 2018. Las líneas rojas marcan el estándar fijado en el decreto 253.

El oxígeno disuelto cumple con el estándar fijado en el decreto 253 (> 5 mg/l) en el 100 % de las muestras realizadas ($n=5$) (Anexo 1). En todos los casos la solubilidad del oxígeno fue alta, no observándose valores inferiores al 80 % de saturación.

3.2.4.1.4. pH

Los valores de pH del Olimar fluctuaron entre un mínimo de 6.89 (OG10 en diciembre) y un máximo de 8.02 (OG20 en junio), con un promedio de 7.59 y una median de 7.71.

El comportamiento del pH en la cuenca del Olimar durante 2018 es idéntico al de 2016, aunque con valores inferiores, resultado ya constatado entre 2017 y 2016. Con esa diferencia de concentración, las curvas de promedios son prácticamente idénticas en ambos años (Fig. 55), siendo los valores calculados de 7,36 para 2018 y 7,80 para 2017.

Se observa una leve tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura, mientras que los rangos de variación se reducen.

Temporalmente se aprecian promedios similares en las tres campañas realizadas, aunque, como es esperable, con los pH más altos en aguas más frías

El pH cumple con el estándar fijado en el decreto 253 (entre 6,5 y 8,5) en el 100 % de las muestras realizadas (Anexo 1).

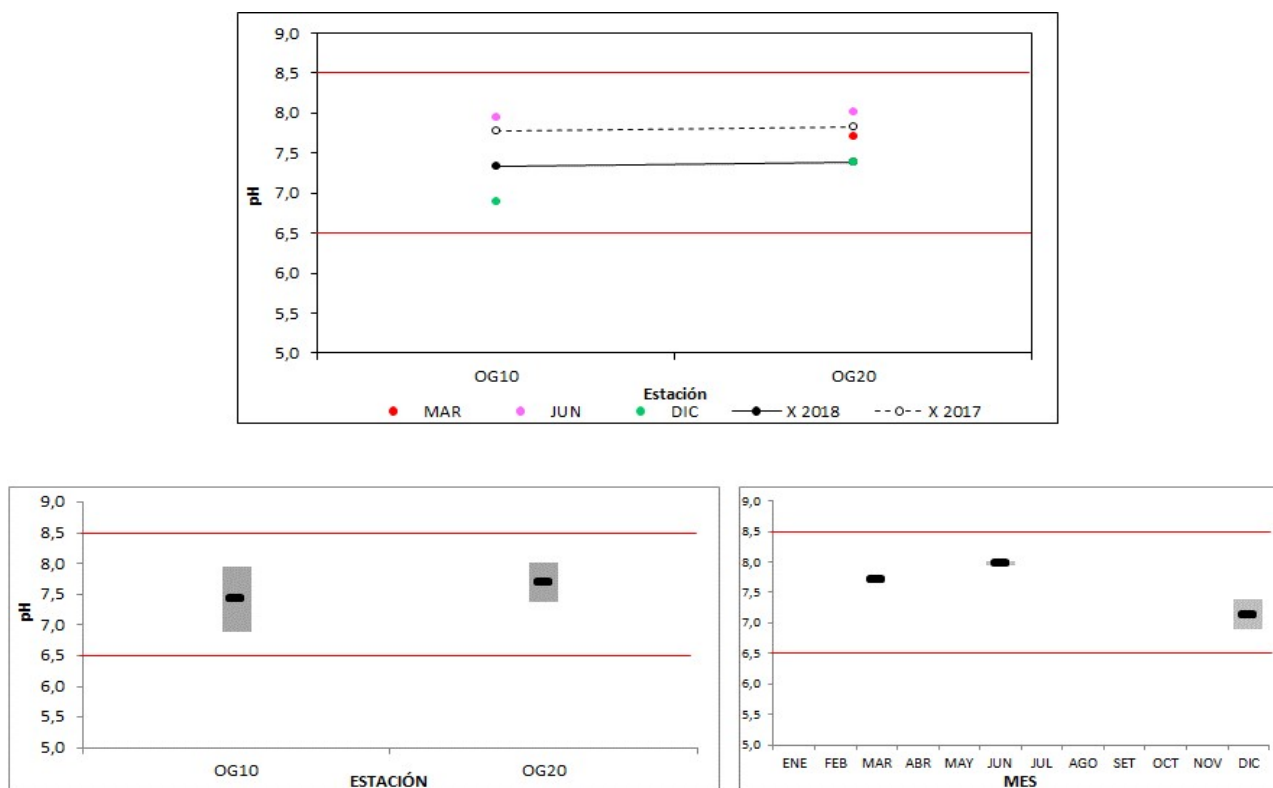


Fig. 55: Superior: Fluctuaciones del pH en la cuenca del río Olimar durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de pH para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del pH (promedio y rango de variación) en el río Olimar durante 2018. Las líneas rojas marcan los límites impuestos en el decreto 253.

3.2.4.1.5. Transparencia

La transparencia no pudo ser medida en ninguna ocasión en este ciclo 2018.

3.2.4.1.6. Turbidez

En este ciclo anual se registraron las primeras mediciones de turbidez en el río Olimar, esta fue medida entre valores de 25 NTU (OG10 en diciembre) y 46 NTU (OG10 en junio), con un promedio y una mediana de 34 NTU.

Presenta una clara tendencia a la disminución de la concentración y del rango de variación desde las nacientes hacia la desembocadura.

Temporalmente se observan los valores más altos de turbidez en la campaña de junio.

Todos los valores observados cumplen con el valor guía fijado en el decreto 253 (50 NTU), por lo cual su porcentaje de cumplimiento es del 100 % (Anexo 1).

3.2.4.2. Nutrientes

3.2.4.2.1. Nutrientes Nitrogenados

Los NO_3 fluctuaron entre una concentración mínima de 0.03 mg/l en dos oportunidades (OG20 en marzo y OG10 en diciembre) y una máxima de 0.36 mg/l (OG20 en junio), con un promedio de 0.18 mg/l y una mediana de 0.17 mg/l. Muestran un claro ascenso de concentración (y de rango de variación) hacia la desembocadura (Fig. 56). Temporalmente se observan valores de concentración de NO_3 más elevados que en 2017, duplicando esos valores, con 0.15 mg/l en 2018 y 0.07 mg/l en 2017. Todos los resultados observados para esta variable son muy inferiores al estándar fijado en el decreto 253 (10 mg/l), o al propuesto por la Mesa Técnica del agua (5 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

Los NO_2 se mantuvieron en concentraciones bajas durante todo el ciclo, resultando en cuatro de las cinco muestras analizadas en valores por debajo del límite de la técnica. El único valor cuantificable fue de 0.007 mg/l y se registró en la estación OG20 en la campaña de junio. A diferencia de lo observado durante 2017, los NO_2 muestran una clara tendencia al aumento desde las nacientes hacia la desembocadura, aunque el promedio anual se mantiene estable, con 0.0038 mg/l en 2018 y 0.0031 mg/l en 2017. El único valor cuantificable de NO_2 durante 2018 es bajo, cumpliéndose entonces con el estándar (0.1 mg/l) en el 100% de las muestras analizadas (Anexo 1).

El amonio libre (NH_3) se calculó en concentraciones entre un mínimo de 0.0002 mg/l (OG10 en diciembre) y un máximo de 0.0019 mg/l (OG20 en marzo), con un promedio de 0.0012 mg/l y una mediana de 0.0013 mg/l. El NH_3 mantuvo la tendencia del año 2017, con un aumento desde las nacientes hacia la desembocadura, pero con valores muy inferiores a los del año precedente. Los promedios anuales calculados fueron de 0.0012 mg/l para 2018 y 0.0030 mg/l para 2017. Todos los valores observados para esta variable son inferiores al estándar fijado en el decreto 253 (0,02 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

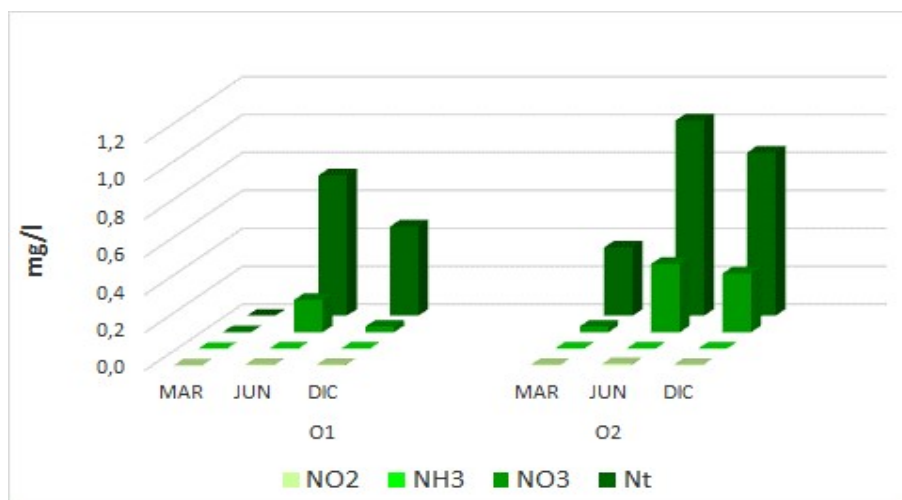
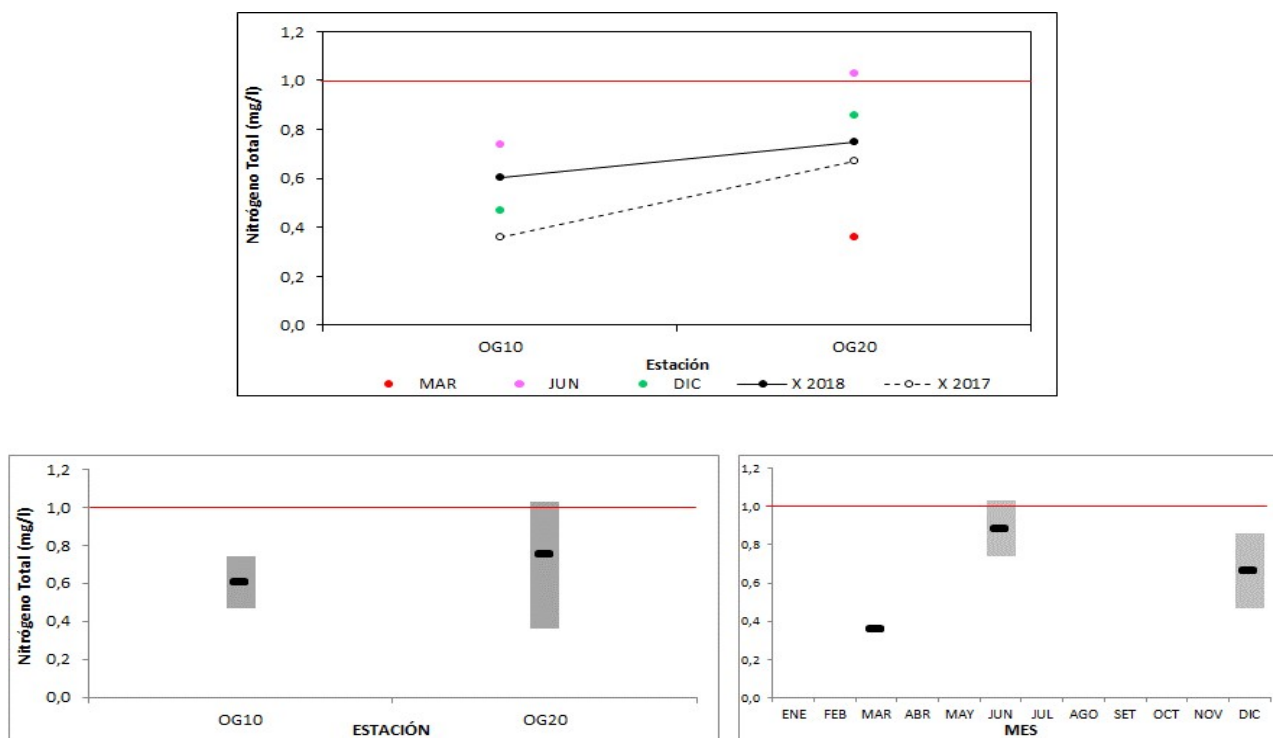


Fig. 56: Variación espacial y temporal de los nutrientes nitrogenados en el río Olimar durante 2018.

El NT fluctuó entre un mínimo de 0.36 mg/l (OG20 en marzo) y un máximo de 1.03 mg/l (OG20 en junio), con un promedio de 0.69 mg/l y una mediana de 0.74 mg/l.

Teniendo un comportamiento similar en ambos años, con una tendencia al aumento de concentración y rango de variación hacia la desembocadura, las concentraciones de NT en el Olimar son inferiores durante 2017 (Fig. 57), con un promedio de 0,68 mg/l en 2018 y 0,52 mg/l en 2017. En el ciclo anual las mayores concentraciones se registraron en el mes de junio.

Una de las muestras analizadas superó el estándar propuesto (1 mg/l), generando un incumplimiento del 2 0% para esta variable (Anexo 1).



En la figura 58 se presentan las proporciones de los diferentes componentes del NT en cada campaña y en el promedio anual. Se observa variabilidad espacial de las proporciones, habiendo una proporción menor de NO₃ en la campaña de marzo y similar en las siguientes. Tanto el NH₃ como el Norg son calculados y no medidos en forma directa.

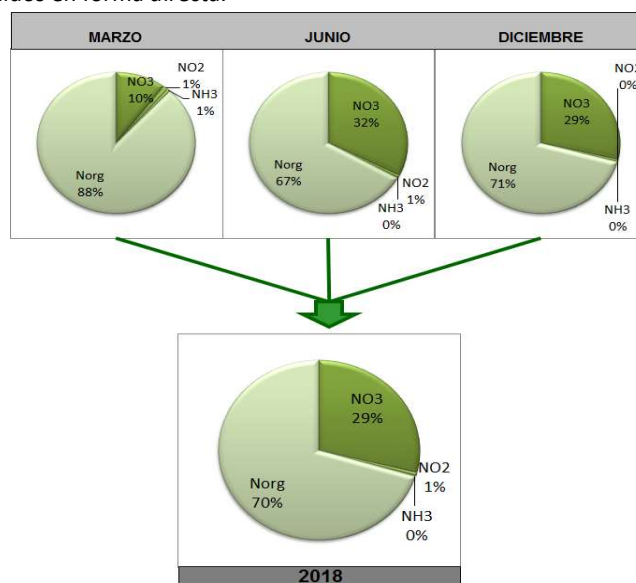


Fig. 58: Proporción de los diferentes componentes del Nitrógeno Total en el río Olimar durante 2018. NH₃ y Norg, valores calculados.

3.2.4.2.2. Nutrientes Fosforados

Los nutrientes fosforados, medidos como Fósforo Reactivo y Fósforo Total presentaron valores altos.

3.2.4.2.2.1. Fósforo Reactivo (PO₄)

El PO₄ mostró una concentración mínima de 34 µg/l (OG10 en junio) y una máxima de 140 µg/l (OG20 en junio), con un promedio de 75 µg/l y una mediana de 70 µg/l.

En la cuenca alta, se aprecian concentraciones similares en 2018 y 2017, mientras que en la cuenca baja la concentración de 2018 casi duplica a la precedente (Fig. 59). Los promedios calculados para cada año son de 70 µg/l y 51 µg/l respectivamente.

La distribución espacial de las concentraciones (y los rangos de variación muestra una clara tendencia al aumento hacia la desembocadura.

Si bien la concentración promedio de los PO₄ es uniforme en el ciclo anual, esta es mayor y con un rango de variación mucho más amplio durante la campaña de junio (campaña en la que se produjeron los valores extremos).

Sólo una de las muestras analizadas cumplió con el estándar propuesto (35 µg/l), generando, de esta manera, un incumplimiento del 80 % (Anexo 1).

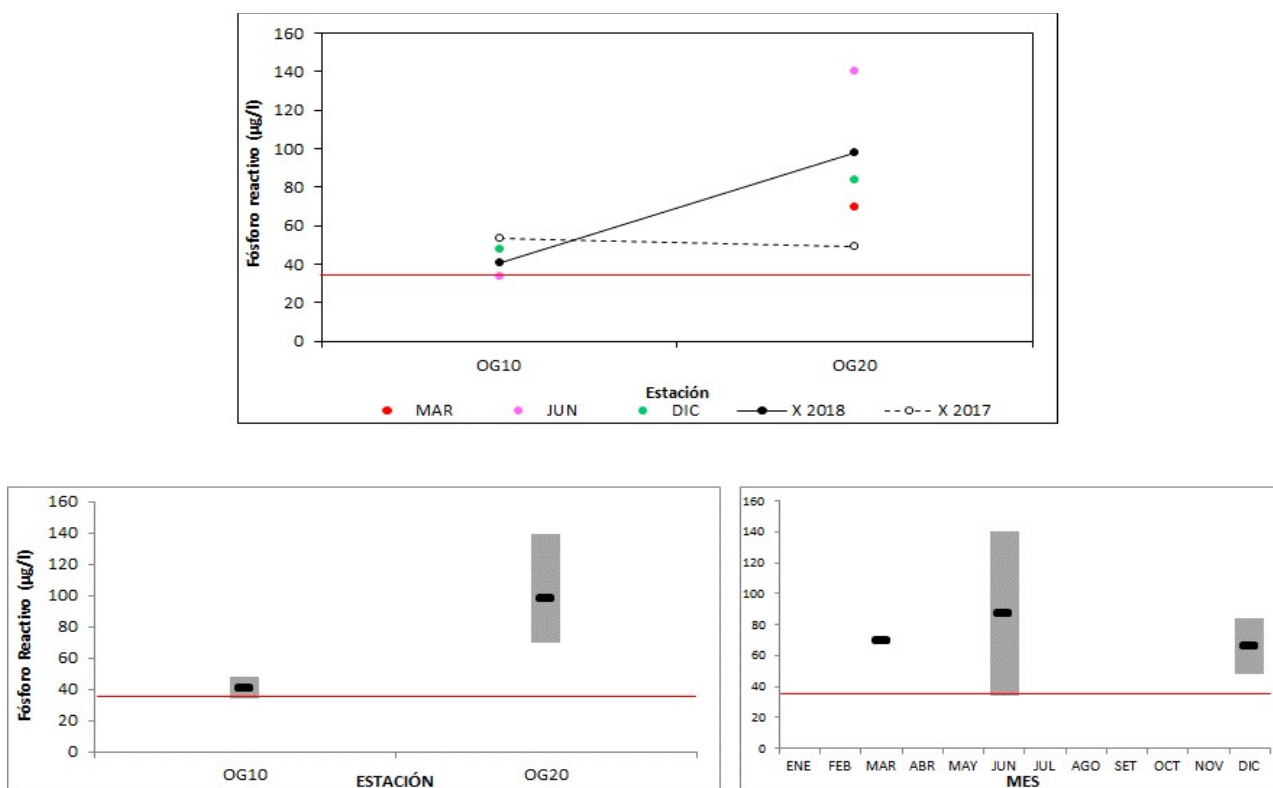


Fig. 59: Superior: Fluctuaciones del Fósforo Reactivo en la cuenca del río Olimar durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Fósforo Reactivo para los años 2018 y 2017 respectivamente. Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Fósforo Reactivo (promedio y rango de variación) en el río Olimar durante 2018. La línea roja marca el valor guía sugerido por la Mesa Técnica del Agua.

3.2.4.2.2. Fosforo Total (PT)

El PT fluctuó entre 87 $\mu\text{g/l}$ (OG10 en junio) y 150 $\mu\text{g/l}$ (ambas estaciones en diciembre), con un promedio de 122 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 130 $\mu\text{g/l}$.

El comportamiento del Pt en la cuenca del río Olimar fue idéntico en 2018 y 2017, con valores levemente superiores durante 2018 (Fig. 60). Los promedios calculados fueron de 122 $\mu\text{g/l}$ en 2018 y 113 $\mu\text{g/l}$ en 2017.

El Pt muestra homogeneidad en la distribución de su concentración en toda la extensión del curso, aunque con un rango de variación levemente más amplio en la cuenca baja (Fig. 56), No se observa un patrón de variación definido en el ciclo anual, aunque se registran mayores concentraciones en aguas más cálidas.

Las concentraciones observadas de Pt son siempre superiores al estándar fijado por el decreto 253 (25 $\mu\text{g/l}$). Incluso, comparando estas concentraciones con las del nuevo estándar propuesto por el grupo GESTA agua (70 $\mu\text{g/l}$), el estándar sería siempre superado.

El Pt incumple con el valor guía en el 100 % de las mediciones realizadas durante 2017.

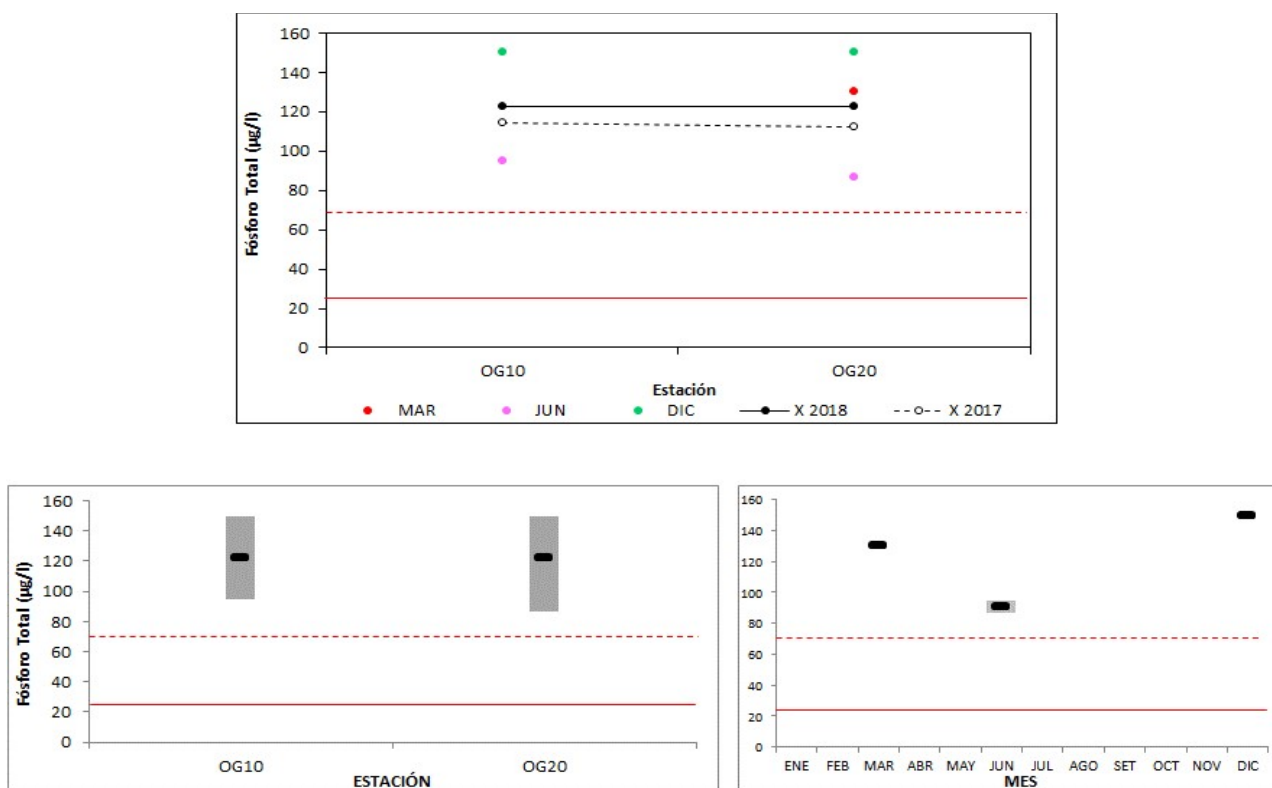


Fig. 60: Superior: Fluctuaciones del Fósforo Total en la cuenca del río Olimar durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Fósforo Total para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Fósforo Total (promedio y rango de variación) en el río Olimar durante 2018. La línea roja marca el estándar del decreto 253 (25 $\mu\text{g/l}$) y el sugerido por el grupo GESTA (70 $\mu\text{g/l}$).

3.2.4.3. Sólidos

3.2.4.3.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los SST fueron cuantificados en valores entre un mínimo de 12 mg/l (OG10 en diciembre) y un máximo de 51 mg/l (OG20 en diciembre), con un promedio de 22 mg/l y una mediana de 19 mg/l. Las concentraciones de SST son más elevadas que en el año precedente, generando promedios de 21 mg/l en 2018 y de 8 mg/l en 2017. Al igual que en 2017. Se aprecia una evidente tendencia al aumento de concentración desde las nacientes hacia la desembocadura y ningún patrón de variación en el ciclo anual (Fig. 61).

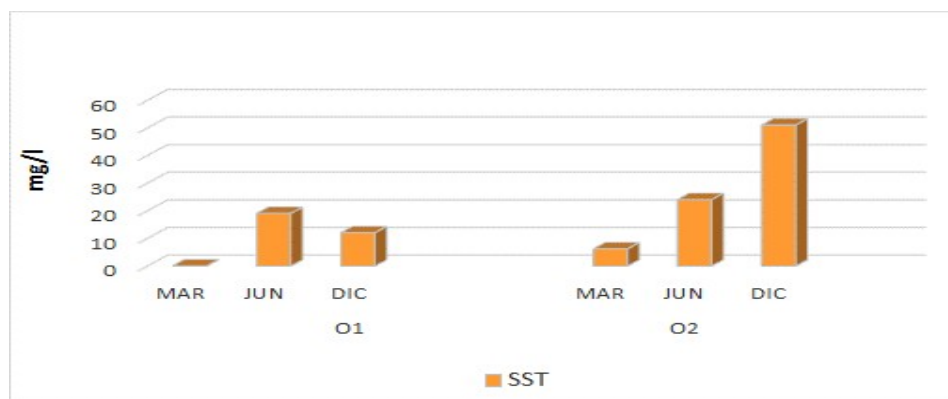


Fig. 61: Variación espacial y temporal de los Sólidos Suspendidos Totales en el río Olimar durante 2018.

3.2.4.3.2. Sólidos Totales

Los ST fluctuaron entre una concentración mínima de 120 mg/l (OG10 en diciembre) y una máxima de 190 mg/l (OG20 en marzo), con un promedio y una mediana idénticos, de 160 mg/l. Las concentraciones registradas durante 2018 son sensiblemente mayores a las de 2017, con promedios de 157 mg/l y 107 mg/l respectivamente. El comportamiento es inverso al observado en el 2017; en el 2018 se observa una tendencia al aumento de concentración y del rango de variación desde las nacientes (Fig. 62). No se observa ningún patrón de variación anual.

Los STF se ubicaron en valores entre 80 mg/l (OG10 en diciembre y 140 mg/l (OG20 en marzo), con promedio y mediana idénticos de 110 mg/l. Las concentraciones de STF fueron más altas que en 2017, con promedio anuales calculados de 107 mg/l y 65 mg/l respectivamente. La distribución espacial es inversa a la observada durante el año precedente: los STF en 2018 muestran una tendencia clara al aumento de concentración a partir de las nacientes. Las concentraciones son muy similares en las tres campañas analizadas.

Los STV fueron medidos en concentraciones entre 40 mg/l (ambas estaciones en diciembre) y 60 mg/l (ambas estaciones en junio), con promedio y mediana idénticos, de 50 mg/l. Las concentraciones son levemente superiores durante 2018, con promedios de 50 mg/l y 43 mg/l respectivamente. Su distribución espacial es homogénea en ambas estaciones y también presentan homogeneidad de concentración a lo largo del ciclo anual.

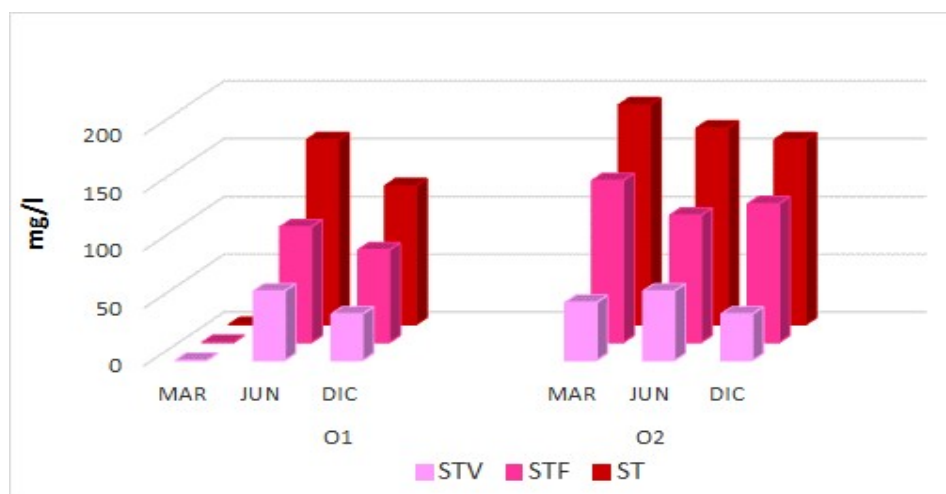


Fig. 62: Variación espacial y temporal de los Sólidos Totales en el río Olimar durante 2018.

3.2.4.4. Variables Biológicas

La clorofila *a* y la feofitina *a* del río Olimar sólo fueron medidas en la estación O2, la cual proporciona información como cierre de cuenca.

3.2.4.4.1. Clorofila *a*

De las tres muestras de clorofila tomadas en el ciclo anual, sólo una arrojó un valor cuantificable, mientras que las otras dos no alcanzaron los límites de la técnica. Este valor fue de 4.90 µg/l y se registró en el mes de marzo.

La concentración promedio es más elevada que durante 2017, siendo de 2.60 µg/l en 2018 y de 1.50 µg/l en 2017.

La clorofila muestra un pico de concentración en la campaña de marzo y valores bajos (por debajo del límite de detección de la técnica), similares en las otras dos campañas realizadas.

Todos los valores de clorofila colectados cumplen con el valor guía sugerido por la Mesa Técnica del Agua (30 µg/l).

3.2.4.4.2. Feofitina *a*

Todas las muestras de feofitina en el río Olimar durante 2018 resultaron en concentraciones por debajo del límite de detección de la técnica.

3.2.4.4.3. Coliformes Termotolerantes (ColiTermo)

Los ColiTermo del río Olimar presentaron densidades bajas, ubicadas entre un mínimo de 10 UFC/100ml (OG20 en marzo) y un máximo de 510 UFC/100ml (OG20 en diciembre), con un promedio de 207 UFC/100ml y una mediana de 120 UFC/100ml.

Las densidades de ColiTermo en la estación OG10 durante 2017 son diez veces superiores que en 2018, aunque en la estación OG20 son similares e incluso levemente inferiores durante 2017 (Fig. 63). Estas diferencias generan promedios de 209 UFC/100ml en 2018 y 961 UFC/100ml en 2017.

La distribución espacial de los ColiTermo en la cuenca del Olimar es prácticamente homogénea, sólo mostrando una leve tendencia a la disminución hacia la desembocadura. En el ciclo anual no se observa un patrón de variación.

Con las bajas densidades observadas en la totalidad de las muestras colectadas, los ColiTermo cumplen en un 100 % con el valor guía estipulado (2000 UFC/100ml).

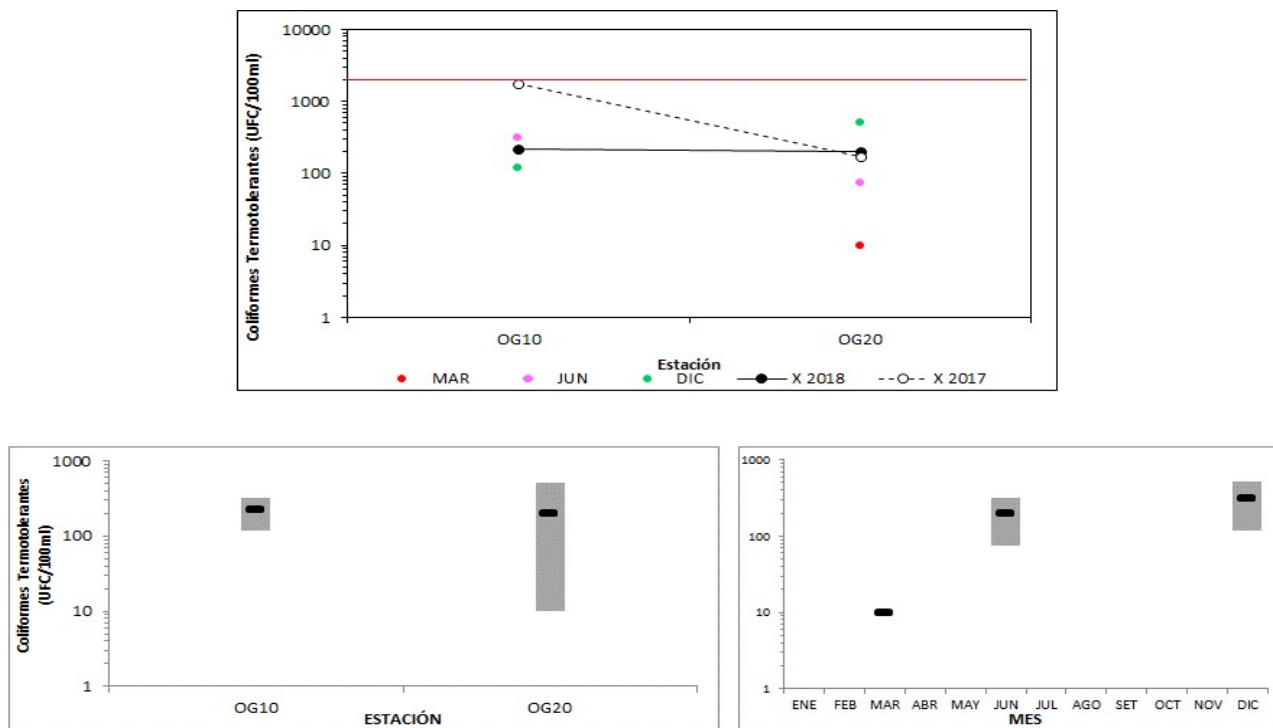


Fig. 63: Superior: Fluctuaciones de los Coliformes Termotolerantes en la cuenca del río Olimar durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Coliformes Termotolerantes para los años 2018 y 2017 respectivamente. Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Coliformes Termotolerantes (promedio y rango de variación) en el río Olimar durante 2018. La línea roja marca el estándar del decreto 253 (25 µg/l).

3.2.4.5. AOX

Los AOX sólo fueron medidos en la estación OG20, como estación de cierre de cuenca.

Sólo dos muestras fueron cuantificables, correspondiendo a un mínimo de 20 µg/l (en junio) y un máximo de 23 µg/l (en marzo), con un promedio de 17 µg/l y una mediana de 20 µg/l.

Los dos valores cuantificados son inferiores al estándar propuesto por la RFA (25 µg/l), por lo que el cumplimiento es del 100 % (Anexo 1).

3.2.4.6. Síntesis del río Olimar

La calidad del agua en el río Olimar es aceptable, cumpliendo las exigencias del Decreto 253 en casi todas las variables analizadas.

Sólo existen incumplimientos en los nutrientes fosforados, PO₄ y PT (ambos 100 % en las dos estaciones) y el NT (33 % de incumplimiento en la estación OG20).

3.2.5. Arroyo San Luis

En el arroyo San Luis se muestrea en una sola estación (SL10).

3.2.5.1. Variables *in situ*

3.2.5.1.1. Temperatura

La temperatura del Aº San Luis varió entre un mínimo de 14.80 °C (en junio) y un máximo de 24.30 °C (en marzo), con un promedio de 20.67 °C y una mediana de 22.90 °C (Fig. 64).

El promedio anual es casi idéntico al de 2017, con sólo una diferencia de décimas de grado entre ambos años.

Las muestras puntuales de cada campaña revelan la estacionalidad de esta variable.

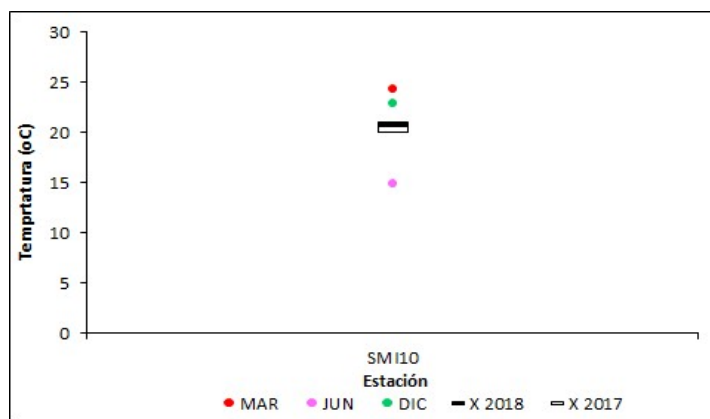


Fig. 64: Fluctuaciones de la Temperatura en la cuenca del arroyo San Luis durante 2018. X2018 y X2017= promedio de Temperatura para los años 2018 y 2017 respectivamente.

3.2.5.1.2. Conductividad

La conductividad es promediamente alta, variando entre 164.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (en diciembre) y 219.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (en junio), con un promedio de 194.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una mediana de 199.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 65).

La conductividad es más elevada durante 2018 que durante 2017, casi duplicando la concentración promedio (194.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018 y 111.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2017).

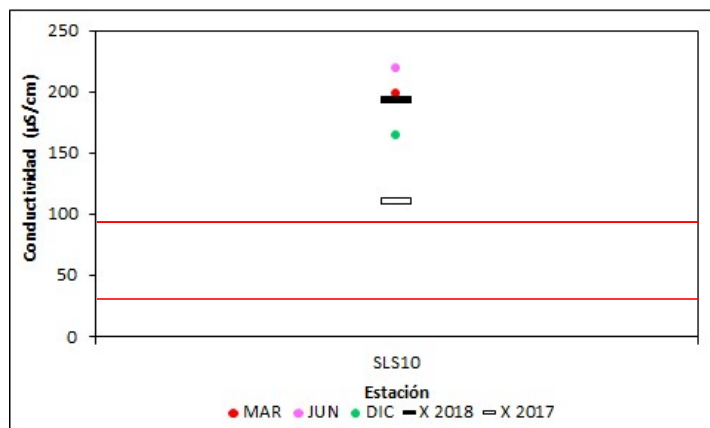


Fig. 65: Fluctuaciones de Conductividad en la cuenca del arroyo San Luis durante 2018. X2018 y X2017= promedio de Conductividad para los años 2018 y 2017 respectivamente.

3.2.5.1.3. Oxígeno Disuelto

La concentración de oxígeno disuelto es promediamente baja en el Aº. San Luis, registrando una mínima de 5.91 mg/l (en diciembre) y una máxima de 8.73 mg/l en junio, con un promedio de 7.02 mg/l y una mediana de 6.41 mg/l (Fig. 66)

Se observa una concentración promedio de oxígeno disuelto más baja en 2018 (7.0 mg/l) que en 2017 (7.7 mg/l).

Temporalmente se registran las más altas concentraciones de oxígeno disuelto en la campaña de junio.

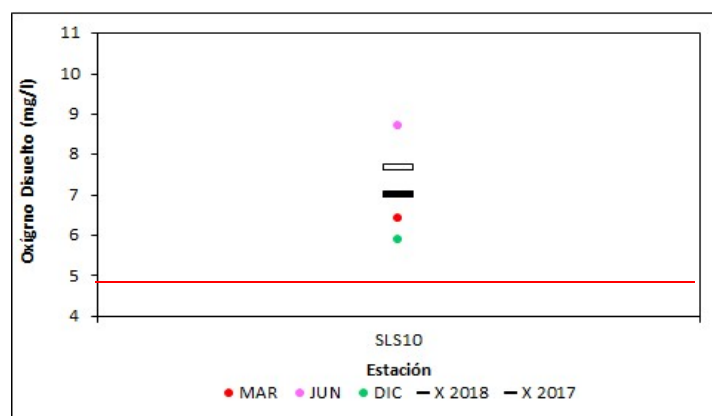


Fig. 66: Fluctuaciones del Oxígeno Disuelto en la cuenca del arroyo San Luis durante 2018. X2018 y X2017= promedio de Oxígeno Disuelto para los años 2018 y 2017 respectivamente. La línea roja marca el valor estándar fijado en el decreto 253.

El oxígeno disuelto cumple con el estándar fijado en el decreto 253 (> 5 mg/l) en el 100 % de las muestras realizadas (n=3) (Anexo 1). La solubilidad del oxígeno muy variable, registrándose valores inferiores al 70 % en aguas más calientes y alcanzando un 85 % en aguas más frías.

3.2.5.1.4. pH

El pH fluctuó entre una concentración mínima de 7.13 (en diciembre) y una máxima de 7.72 (en junio), con un promedio de 7.48 y una mediana de 7.58 (Fig. 67).

Esta variable muestra estabilidad interanual, con un promedio ligeramente mayor en 2018 (7.5) que en 2017 (7.2)

Se observan los alores mínimos en aguas más cálidas y los máximos en aguas más frías.

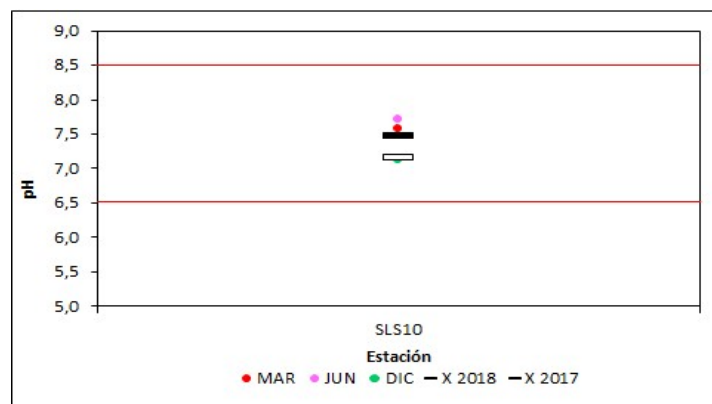


Fig. 67: Fluctuaciones del pH en la cuenca del arroyo San Luis durante 2018. X2018 y X2017= promedio de pH para los años 2018 y 2017 respectivamente. Las líneas rojas marcan el valor estándar fijado en el decreto 253.

El pH cumple con el valor límite (entre 6,5 y 8,5) en el 100 % de las muestras realizadas (n=4) (Anexo 1).

3.2.5.1.5. Transparencia

Debido a las condiciones del muestreo, realizado desde un puente carretero de cerca de 10 m de altura, en la estación SL1 no se realizan mediciones de transparencia.

3.2.5.1.6. Turbidez

Esta variable empezó a ser muestreada sistemáticamente a partir de la campaña de marzo de 2018.

En el Aº San Luis presentó una concentración mínima de 51.80 NTU (en diciembre) y una máxima de 77.90 NTU (en junio), con un promedio y una mediana idénticos, de 64.85 NTU (Fig. 68).

Por problemas logísticos sólo se tomaron dos muestras en este ciclo. Ambas arrojaron valores que superan el estándar fijado en el decreto 253 (50 NTU), por lo cual se establece un incumplimiento del 100 % con respecto a la norma (Anexo 1).

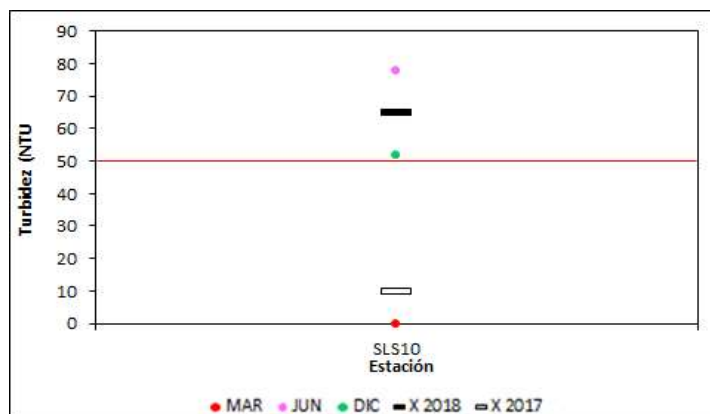


Fig. 68: Fluctuaciones de la Turbidez en la cuenca del arroyo San Luis durante 2018. X2018 y X2017= promedio de Turbidez para los años 2018 y 2017 respectivamente. La línea roja marca el valor estándar fijado en el decreto 253

3.2.5.2. Nutrientes

3.2.5.2.1. Nutrientes Nitrogenados

Los NO₃ fueron promediamente elevados, fluctuando entre una concentración mínima de 0.03 mg/l (en diciembre) y una máxima de 0.12 mg/l (en marzo), con un promedio y una mediana iguales, de 0.08 mg/l (Fig. 69). Se aprecia un descenso interanual de la concentración de NO₃ en el San Luis, siendo el promedio de 2017 de 0.13 mg/l. Este descenso es gradual a partir del año 2015, en el que se alcanzó una concentración promedio de 0.28 mg/l. Todos los valores observados para esta variable son muy inferiores al estándar fijado en el decreto 253 (10 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

Los NO₂ se ubicaron en valores entre 0.0031 mg/l (en junio) y 0.0056 mg/l (en diciembre), con un promedio de 0.0045 mg/l y una mediana de 0.0048 mg/l. Se observa un leve incremento interanual de la concentración de NO₂, siendo el promedio del 2017 de 0.0038 mg/l. Las concentraciones más altas se registran en aguas más cálidas. Todos los valores observados para esta variable son inferiores al estándar fijado en el decreto 253 (0,1 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

El amonio libre fue calculado en valores entre 0.0007 mg/l (en diciembre) y 0.0068 mg/l (en marzo), con un promedio de 0.0031 mg/l y una mediana de 0.0018 mg/l. Presenta una variación interanual amplia,

observándose un aumento de la concentración, que en 2017 fue de 0.0009 mg/l en promedio. Todos los valores observados para esta variable son inferiores al estándar fijado en el decreto 253 (0,02 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

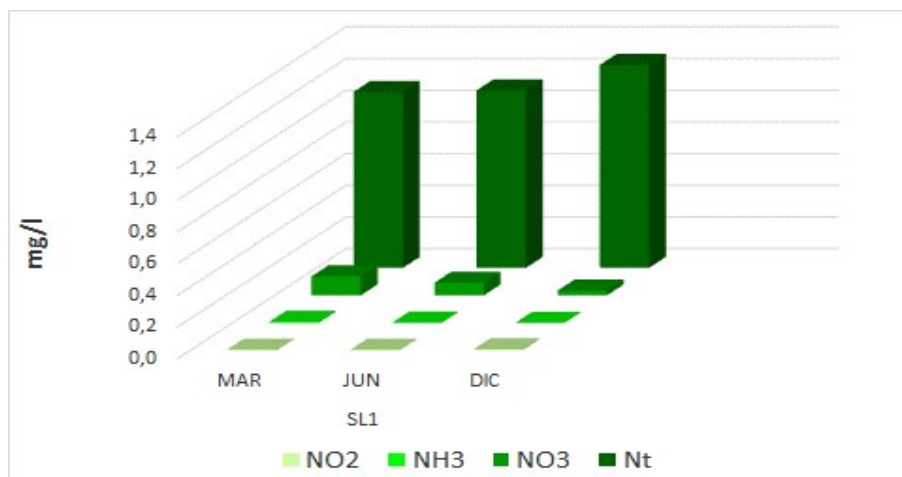


Fig. 69: Variación temporal de los nutrientes nitrogenados en el arroyo San Luis durante 2018.

El NT se registró en concentraciones altas, entre una mínima de 1.11 mg/l (en marzo) y una máxima de 1.28 mg/l (en diciembre), con un promedio de 1.17 mg/l y una mediana de 1.12 mg/l (Fig. 70).

Se observa una reducción interanual de la concentración de NT en esta estación de monitoreo, siendo la concentración en 2017 de 1.37 mg/l. Esta reducción se continúa desde 2016, año en que se registraba una concentración promedio de 1.63 mg/l. La concentración del NT en aguas del Aº San Luis durante el ciclo 2018 fue estable, con sólo una diferencia de 0.17 mg/l de diferencia entre concentraciones extremas

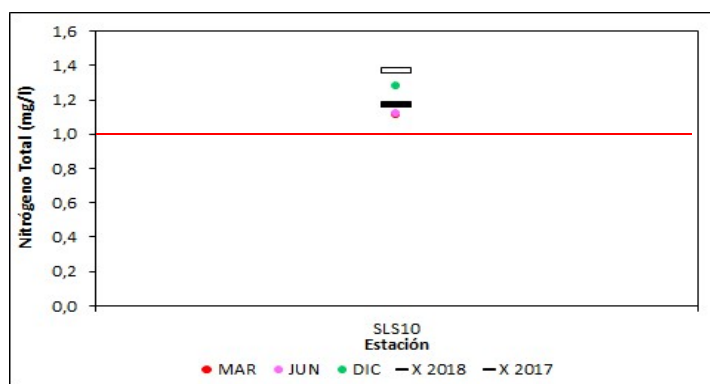


Fig. 70: Fluctuaciones del Nitrógeno Total en la cuenca del arroyo San Luis durante 2018. X2018 y X2017= promedio de Nitrógeno Total para los años 2018 y 2017 respectivamente. La línea roja representa el valor guía sugerido por la Mesa Técnica del Agua.

Todos los valores obtenidos para esta variable superan el valor sugerido por la Mesa Técnica del Agua (2017), por lo que se produce un incumplimiento del 100 % con respecto a este valor (Anexo 1).

En la figura 71 se presentan las proporciones de los diferentes componentes del NT en cada campaña y en el promedio anual. Se observa estabilidad de las proporciones relativas, situándose el nitrógeno orgánico (Norg) aproximadamente entre el 80 y el 90%, los NO_3 entre el 8 y el 318% y los NO_2 alrededor del 1%, mientras que la fracción NH_3 es mínima en la proporción total. Tanto el NH_3 como el Norg son calculados y no medidos en forma directa.

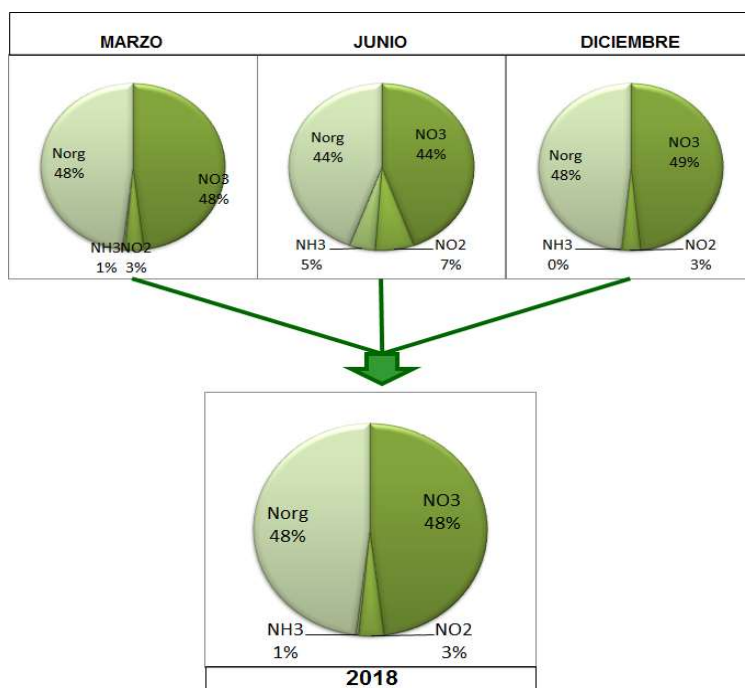


Fig. 71: Proportión de los diferentes componentes del Nitrógeno Total en el Ao. San Luis durante 2018. NH₃ y Norg, valores calculados.

3.2.5.2.2. Nutrientes Fosforados

Los nutrientes fosforados, medidos como Fósforo Reactivo y Fósforo Total presentaron valores altos.

3.2.5.2.2.1. Fósforo Reactivo (PO₄)

El PO₄ fue medido en valores entre un mínimo de 73 µg/l (en marzo) y un máximo de 130 µg/l (en junio), con un promedio de 101 µg/l y una mediana de 100 µg/l (Fig. 72).

La concentración de PO₄ durante 2018 es más elevada que en 2017, siendo el promedio para este año de 90 µg/l.

El rango de variación es amplio, mostrando una fuerte variación temporal de los PO₄ en el Aº San Luis.

Todos los valores observados para el PO₄ en el Aº San Luis superan ampliamente el valor estándar sugerido por el Digesto CARU (35 µg/l), por lo que se establece un incumplimiento del 100 % respecto a ese valor.

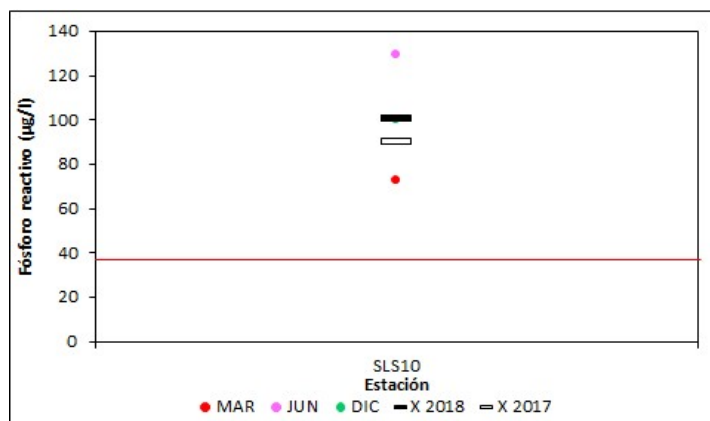


Fig. 72: Fluctuaciones del Fósforo Reactivo en la cuenca del arroyo San Luis durante 2018. X2018 y X2017= promedio de Fósforo Reactivo para los años 2018 y 2017 respectivamente. La línea roja marca el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua.

3.2.4.2.2. Fosforo Total (Pt)

El PT fue medido en valores entre 71 µg/l (en junio) y 140 µg/l (en diciembre), con un promedio anual de 110 µg/l y una mediana de 120 µg/l (Fig. 73).

Se observa una fuerte disminución de la concentración de PT desde 2017 (155 µg/l) hacia 2018 (110 µg/l), disminución sostenida desde 2016, en el que se registraba una concentración máxima, de 366 µg/l.

El rango de variación es amplio, mostrando una fuerte variación temporal del PT en el Aº San Luis.

Las concentraciones observadas de Pt son siempre superiores al estándar fijado por el decreto 253 (25 µg/l). Incluso, comparando estas concentraciones con las del nuevo estándar propuesto por el grupo GESTA agua (70 µg/l), el estándar sería siempre superado.

El Pt incumple con el valor guía en el 100 % de las mediciones realizadas durante 2018.

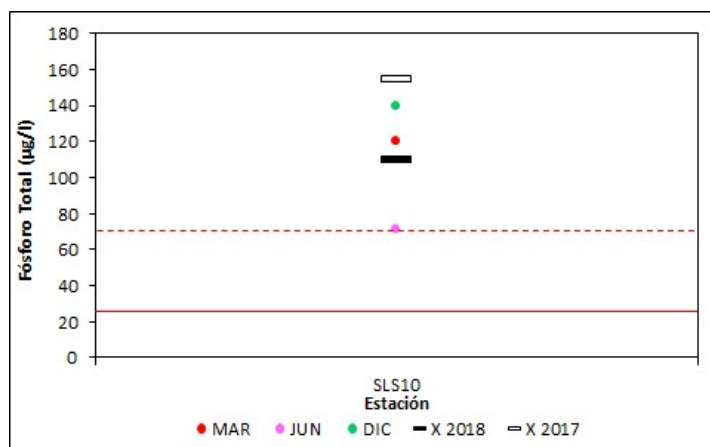


Fig. 73: Fluctuaciones del Fósforo Total en la cuenca del arroyo San Luis durante 2018. X2018 y X2017= promedio de Fósforo Total para los años 2018 y 2017 respectivamente. Las líneas rojas representan los valores estándar fijados, en el Decreto 253 (25 µg/l) y en el grupo GESTA Agua (70 µg/l).

3.2.5.3. Sólidos

3.2.5.3.1. Sólidos Suspendidos Totales

Los SST del Aº San Luis fluctuaron entre una concentración mínima de 9.6 mg/l (en marzo) y una máxima de 28.0 mg/l (en diciembre), con un promedio de 14.6 mg/l y una mediana de 9.6 mg/l (Fig. 74). La concentración promedio de SST de 2018 duplica la calculada para 2017 (7.5 mg/l). Esta diferencia se produce por un pico de SST en la campaña de diciembre; los otros dos valores son similares a los registrados durante 2017.

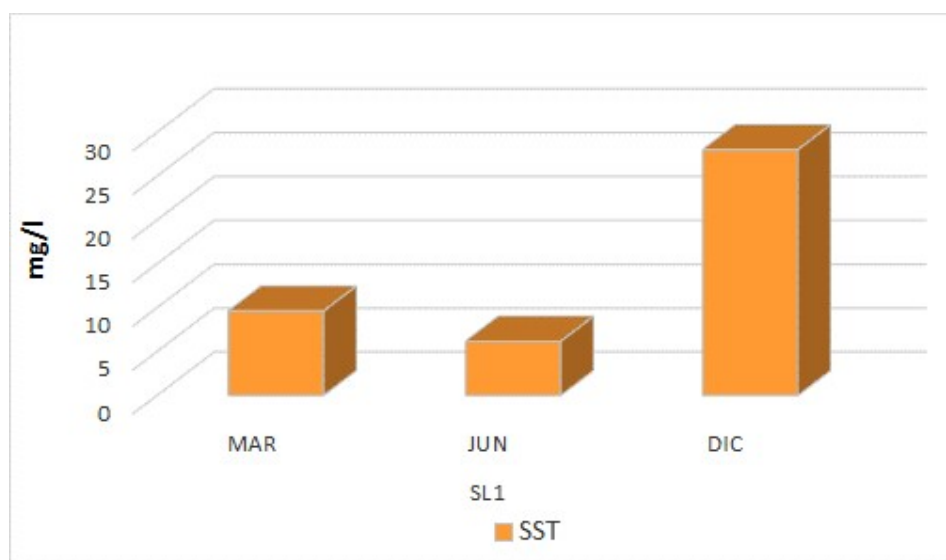


Fig. 74: Variación temporal de los Sólidos Suspendidos Totales en el arroyo San Luis durante 2018. Datos cuantificables > 9 mg/l

3.2.5.3.2. Sólidos Totales

Los ST se registraron en valores entre un mínimo de 150 mg/l (en marzo) y un máximo de 290 mg/l (en junio), con un promedio de 210 mg/l y un promedio de 190 mg/l (Fig. 75). Se observan concentraciones más elevadas que en 2017.

Los STF se ubicaron en valores entre 100 mg/l (en marzo) y 190 mg/l (en junio), con un promedio de 140 mg/l y una mediana de 130 mg/l. También se observaron concentraciones más elevadas que en 2017.

Los STF fluctuaron entre un valor mínimo de 50 mg/l (en marzo) y un máximo de 100 mg/l (en junio), con un promedio de 70 mg/l y una mediana de 60 mg/l. Al igual que las otras fracciones, muestra valores más elevados que durante 2017.

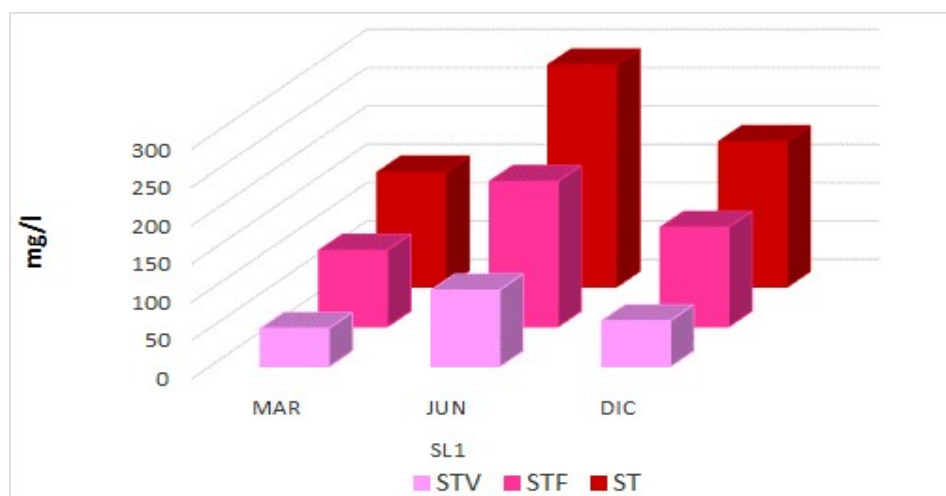


Fig. 75. Variación espacial y temporal de los Sólidos Totales en el arroyo San Luis durante 2018

3.2.5.4. Variables Biológicas

La clorofila *a* y la feofitina *a* no fueron medias en el arroyo San Luis.

3.2.5.4.1. Coliformes Termotolerantes (ColiTermo)

Los ColiTermo del Aº San Luis se midieron en densidades siempre bajas, entre 10 UFC/100ml (en marzo y junio) y 360 UFC/100ml (en diciembre), con un promedio de 127 UFC/100ml y una mediana de 10 UFC/100ml (Fig. 76).

Siempre dentro de densidades muy bajas, se percibe un pequeño aumento entre 2017 y 2018.

Con las bajas densidades registradas, los ColiTermo cumplen al 100 % con respecto al valor guía establecido (2000 UFC/100ml) (Anexo 1).

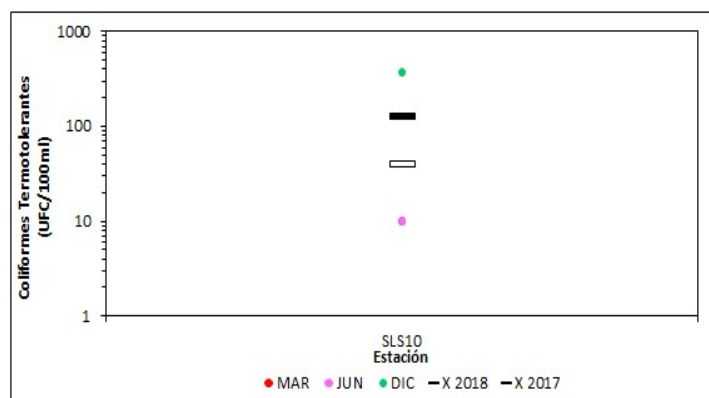


Fig. 76: Fluctuaciones de los Coliformes Termotolerantes en la cuenca del arroyo San Luis durante 2018. X2018 y X2017= promedio de Coliformes Termotolerantes para los años 2018 y 2017 respectivamente.

3.2.5.5. Síntesis del arroyo San Luis

La calidad del agua en el arroyo San Luis es media, cumpliendo las exigencias del Decreto 253 en la mayor parte de las variables analizadas, aunque incumpliendo con los valores de referencia en cinco de éstas: conductividad (100 %), turbidez (100 %), NT (100 %), PO4 (100 %) y PT (100 %).

3.2.6. Arroyo San Miguel

3.2.6.1. Variables *in situ*

3.2.6.1.1. Temperatura

La temperatura del Aº San Miguel fluctuó entre un valor mínimo de 14.00 °C (ambas estaciones en junio) y un máximo de 24.10 °C (SMI20 en marzo), con un promedio de 20.30 °C y una mediana de 22.40 °C.

Se observa similitud en el comportamiento de la temperatura con respecto a 2017, siendo los promedios calculados para cada estación idénticos (en SMI20) y con sólo 0.7 °C de diferencia (SMI10) (Fig. 77).

Es notoria la homogeneidad espacial de la temperatura en la cuenca del San Miguel, calculándose promedios iguales en ambas estaciones y rangos de variación cuya amplitud máxima se en menos de 1 °C, siendo mayor en la estación SMI20.

Temporalmente sólo se aprecia la notoria estacionalidad de la temperatura.

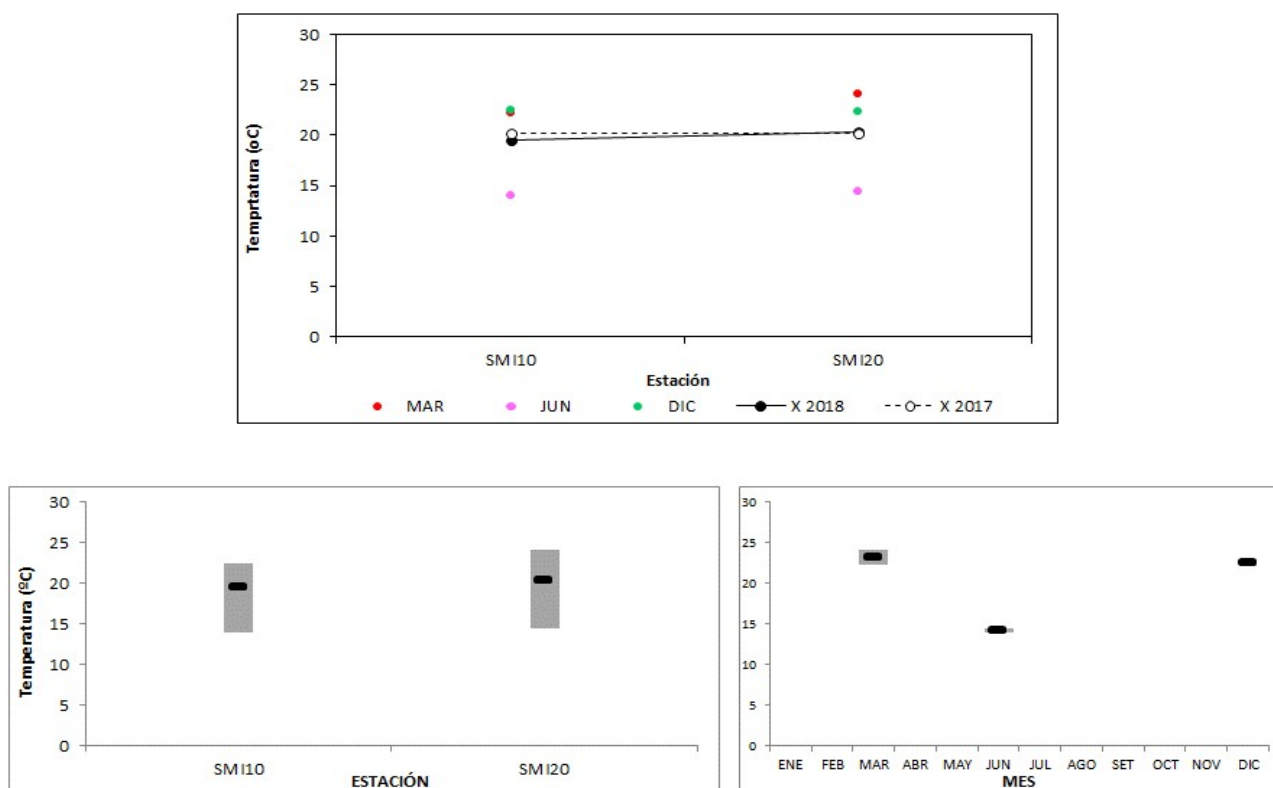


Fig. 77: Superior: Fluctuaciones de la Temperatura en la cuenca del Aº. San Miguel durante 2018 y comparación con 2017.

X2018 y X2017= promedio de Temperatura para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Temperatura (promedio y rango de variación) en el Aº. San Miguel durante 2018.

3.2.6.1.2. Conductividad

La conductividad del Aº. San Miguel es promediamente alta, ubicándose en una concentración mínima de 137.6 $\mu\text{S/cm}$ (SMI10 en diciembre) y una máxima de 260.0 $\mu\text{S/cm}$ (SMI20 en junio), con un promedio de 206.1 $\mu\text{S/cm}$ y una mediana de 224.5 $\mu\text{S/cm}$.

La salinidad tiene un comportamiento diferente en 2018 y 2017 (Fig. 78); los resultados de 2018 muestran mayor conductividad que los de 2017, con promedios calculados de 206 $\mu\text{S/cm}$ y 140 $\mu\text{S/cm}$ respectivamente.

La distribución espacial también es diferente con respecto al año precedente, mostrando una tendencia al aumento de concentración y rango de variación en el sentido del curso durante 2018, a la inversa que en 2017.

La variación temporal en el ciclo anual no presenta un patrón determinado.

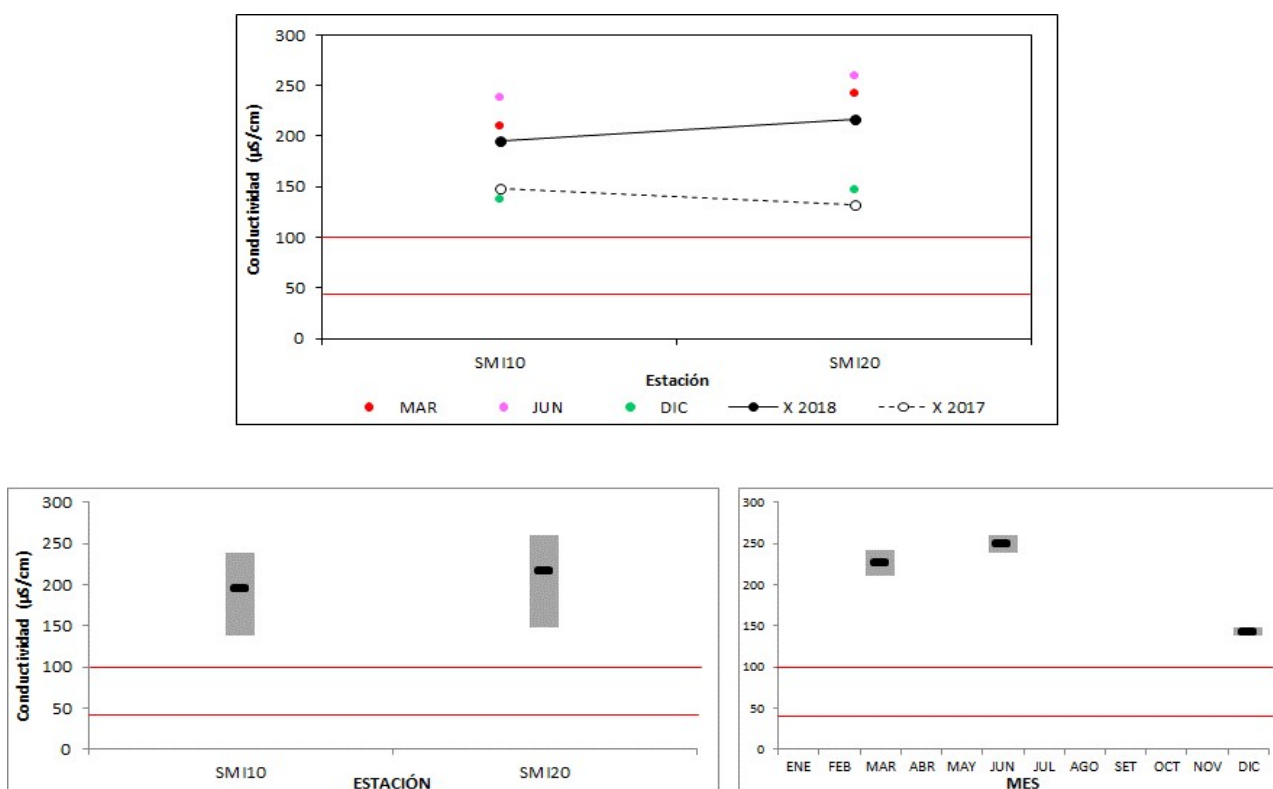


Fig. 78: Superior: Fluctuaciones de la Conductividad en la cuenca del Aº. San Miguel durante 2018 y comparación con 2017.

X2018 y X2017= promedio de Conductividad para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Conductividad (promedio y rango de variación) en el Aº. San Miguel durante 2018. Las líneas rojas marcan el valor guía propuesto en el Digesto CARU.

3.2.6.1.3. Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto del Aº. San Miguel presentó concentraciones bajas, fluctuando entre un mínimo de 3.91 mg/l (SMI10 en marzo) y un máximo de 9.52 mg/l (SMI20 en junio), con un promedio de 6.14 mg/l y una mediana de 4.98 mg/l.

El comportamiento de la concentración de OD en la cuenca del arroyo San Miguel muestra una diferencia con respecto a 2017 (Fig. 79). Durante 2018, la concentración promedio fue inferior en SMI10 y mayor en SMI20. Este comportamiento “cruzado” anuales, generando 6.14 mg/l en 2018 y 6.05 mg/l en 2017.

Espacialmente se aprecia una distribución homogénea del oxígeno disuelto en la cuenca del San Miguel, con promedios y rangos de variación similares en ambas estaciones.

Temporalmente es notoria la variación anual del OD, caracterizada por concentraciones menores en aguas más cálidas.

La mitad de los resultados referidos al OD en el Aº San Miguel durante 2018 ($n = 3/6$) se ubican en valores por debajo del límite establecido en la normativa (≤ 5 mg/l), reflejándose, entonces en un incumplimiento del 50 % (Anexo 1).

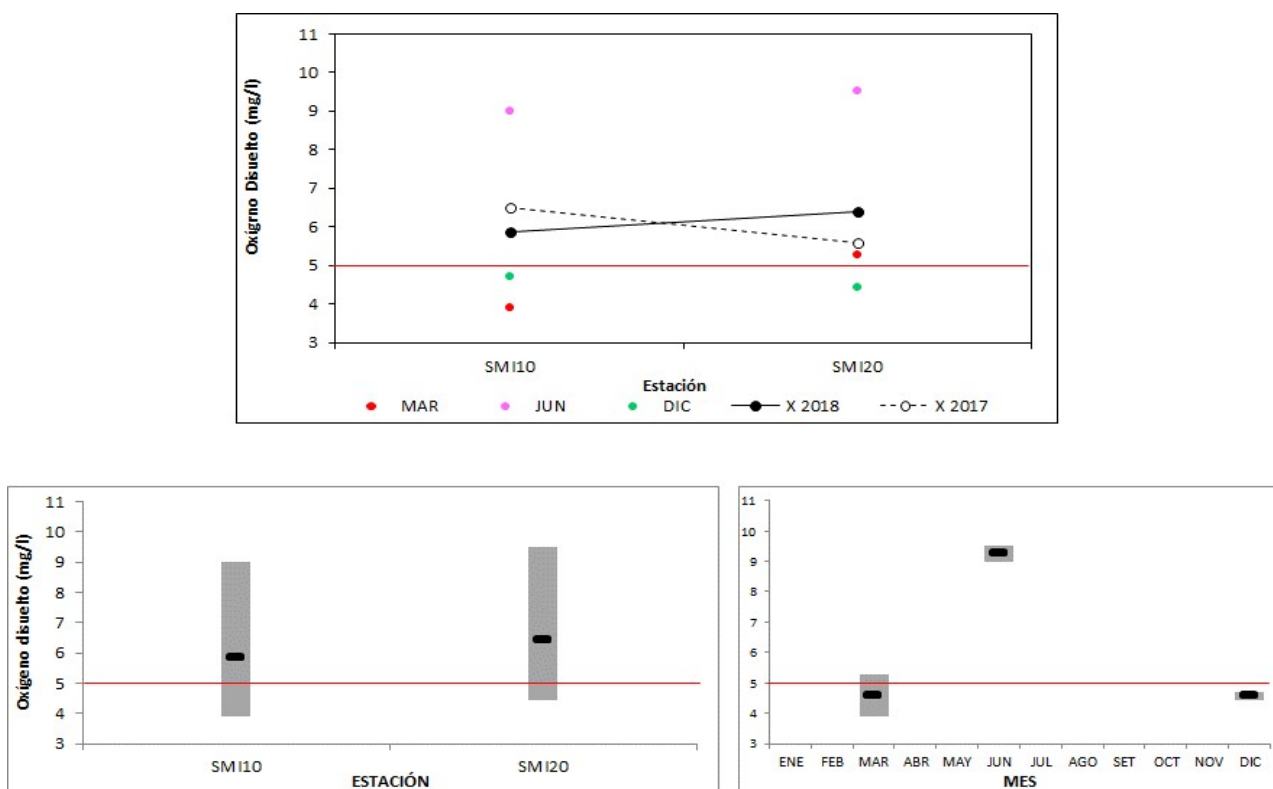


Fig. 79: Superior: Fluctuaciones del Oxígeno Disuelto en la cuenca del Aº. San Miguel durante 2018 y comparación con 2017.

X2018 y X2017= promedio de Oxígeno disuelto para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Oxígeno disuelto (promedio y rango de variación) en el Aº. San Miguel durante 2018. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

3.2.6.1.4. pH

El pH se ubicó en valores entre un mínimo de 6.59 (SMI10 en diciembre) y un máximo de 8.06 (SMI10 en junio), con un promedio de 7.30 y una mediana de 7.23 (Fig. 80).

Los valores de pH se mantienen casi constantes entre 2017 y 2018, mostrando estabilidad interanual en la concentración. Con pequeñas diferencias anuales, los promedios calculados fueron idénticos, de 7.3 para 2018 y 2017.

Espacialmente se mantiene la tendencia de disminución de la concentración hacia la desembocadura que se viene observando ya en años previos.

La variación en el ciclo anual muestra una –esperable- mayor concentración en la campaña con aguas más frías.

El pH cumplió con el valor guía establecido en el decreto 253 (6,5 - 8,5), en el 100 % de las medidas efectuadas (Anexo 1), más allá de tener un valor muy cercano al límite inferior del decreto.

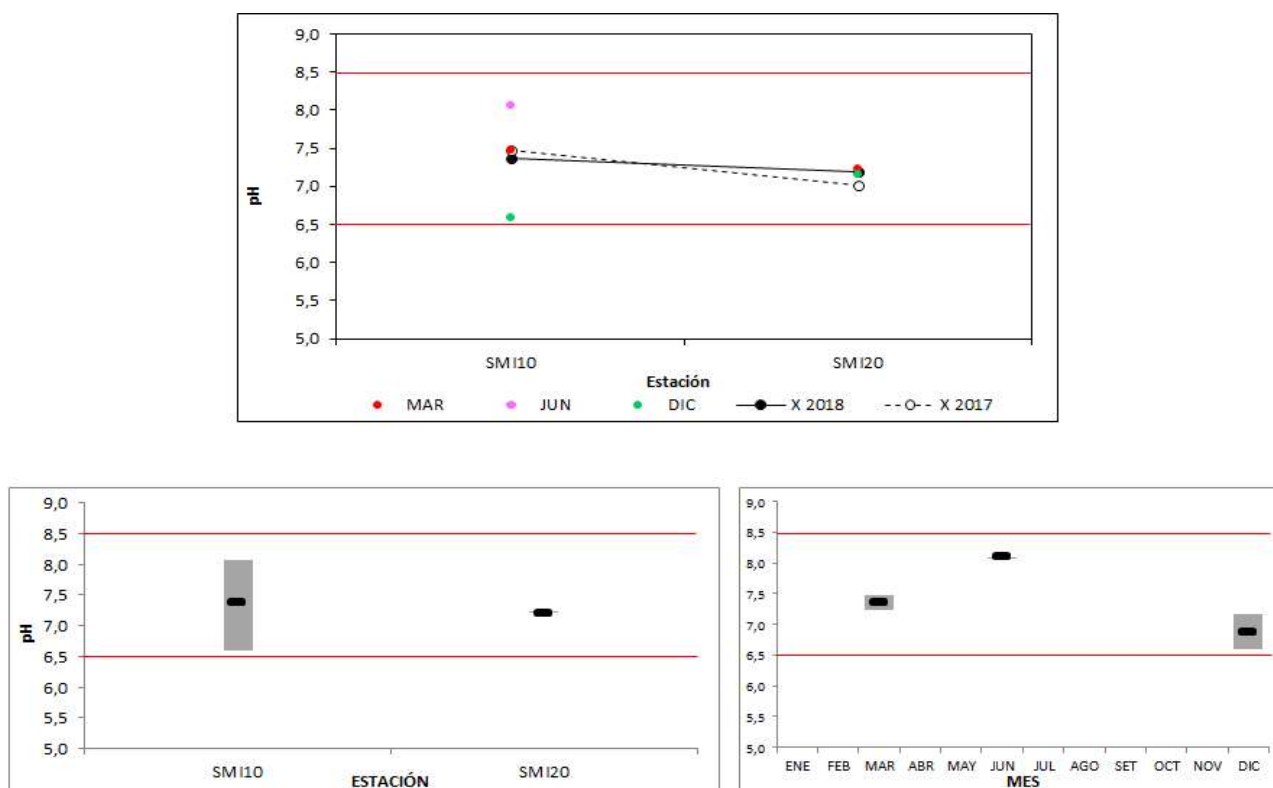


Fig. 80: Superior: Fluctuaciones del pH en la cuenca del A. San Miguel durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio pH para los años 2018 y 2017 respectivamente.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del pH (promedio y rango de variación) en el A. San Miguel durante 2018. Las líneas rojas marcan el estándar fijado en el decreto 253.

3.2.6.1.5. Transparencia

No se realizaron mediciones de transparencia en este período.

3.2.6.1.6. Turbidez

La turbidez del A. San Miguel durante 2018 fue promediamente alta, oscilando entre una concentración mínima de 14 NTU (SMI10 en junio) y una máxima de 122 NTU (SMI10 en diciembre), con un promedio de 45 NTU y una mediana de 28 NTU (Fig. 81).

En 2018 se inició el monitoreo de la Turbidez, por lo tanto no hay resultados de 2017. En este año el promedio fue de 45 NTU.

Especialmente se aprecia una tendencia a menores concentraciones y rango de variación de Turbidez hacia la desembocadura.

En el ciclo anual se observa un pico de turbidez durante la campaña de diciembre, posiblemente relacionada a fuertes precipitaciones ocurridas en los cuatro días previos al muestreo, e incluso el mismo día.

De las seis muestras tomadas en el año 2018, dos superaron el valor límite establecido en la legislación (50 NTU), por lo que se alcanza un 33 % de incumplimiento con respecto a la norma (Anexo 1).

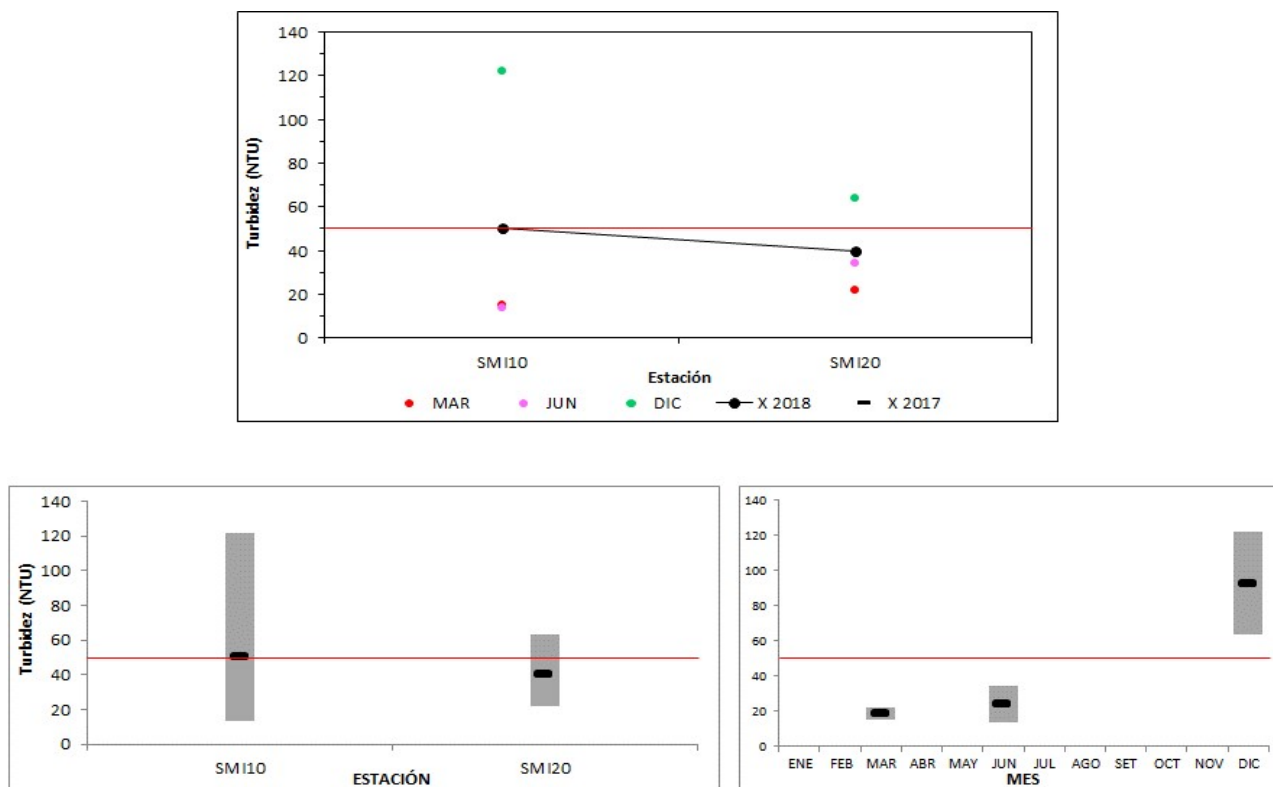


Fig. 81: Superior: Fluctuaciones de la Turbidez en la cuenca del Aº. San Miguel durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Turbidez para los años 2018 y 2017 respectivamente.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Turbidez (promedio y rango de variación) en el Aº. San Miguel durante 2018. Las líneas rojas marcan el estándar fijado en el decreto 253.

3.2.6.2. Nutrientes

3.2.6.2.1. Nutrientes Nitrogenados

Las fluctuaciones de los nutrientes nitrogenados son presentadas en la figura 82.

Los NO₃ fluctuaron entre una concentración mínima de 0.02 mg/l (SMI10 en junio) y una máxima de 0.24 mg/l (SMI10 en diciembre), con un promedio de 0.09 mg/l y una mediana de 0.06 mg/l. Los valores registrados durante 2018 son superiores a los de 2017 en la estación SMI10 e inferiores en la estación SMI20, mostrando una distribución “cruzada” que genera promedios anuales similares, de 0.09 mg/l en 2018 y 0.08 mg/l en 2017. La distribución espacial es opuesta en ambos años, viéndose en 2017 una tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura, y en 2018 la tendencia es a la disminución. Temporalmente no se aprecia ningún patrón de variación. Todos los valores observados para esta variable son muy inferiores al estándar fijado en el decreto 253 (10 mg/l), e incluso al valor propuesto por el grupo GESTA Agua (5 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

Los NO₂ oscilaron entre 0.003 mg/l (ambas estaciones en junio) y 0.018 mg/l (SMI20 en diciembre), con un promedio de 0.009 mg/l y una mediana de 0.007 mg/l. Los valores registrados durante 2018 son siempre superiores a los de 2017, confirmándose en los promedios anuales, de 0.009 en 2018 y 0.003 en 2017. Espacialmente muestran una leve tendencia al aumento de concentración y rango de variación hacia la desembocadura. Temporalmente no se aprecia ningún patrón de variación. Todos los valores observados para esta variable son inferiores al estándar propuesto por el grupo GESTA Agua (0,1 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

El NH₃ se calculó en valores entre un mínimo de 0.0000003 mg/l (SMI20 en junio) y un máximo de 0.0023 mg/l (SMI20 en diciembre), con un promedio de 0.0012 mg/l y una mediana de 0.0013 mg/l. Los valores registrados durante 2018 son inferiores a los de 2017 en la estación SMI10 y superiores en la estación SMI20, mostrando una distribución “cruzada” que genera promedios anuales de 0.0021 mg/l en 2018 y 0.00187 mg/l en 2017. Se observa una clara tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura, así como reducción del rango de variación en ese mismo sentido. No se observa ningún patrón de variación temporal en el ciclo anual estudiado. Todos los valores observados para esta variable son inferiores al estándar fijado en el decreto 253 (0,02 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100% (Anexo 1).

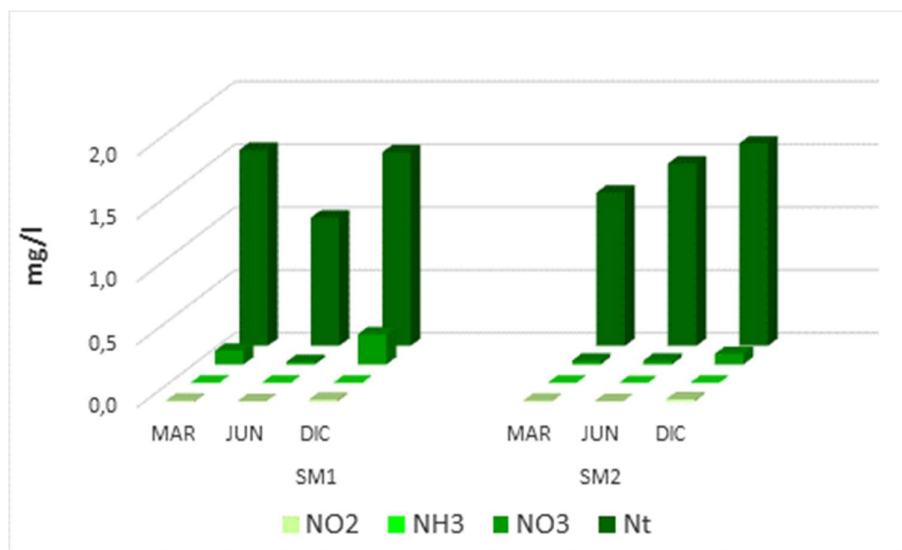


Fig. 82: Variación temporal de los nutrientes nitrogenados en el arroyo San Miguel durante 2018

El NT fluctuó entre una concentración mínima de 1.02 mg/l (SMI10 en junio) y una máxima de 1.61 mg/l (SMI20 en diciembre), con un promedio de 1.40 mg/l y una mediana de 1.50 mg/l (Fig. 83).

La variación interanual del NT es diferente en ambas estaciones: en SMI10 los promedios anuales calculados son iguales en ambos años, mientras que en la estación SMI20 el promedio calculado para 2018 es mayor que el de 2017. Los promedios totales son de 1.4 mg/l en 2018 y de 1.2 mg/l en 2017.

Espacialmente se aprecia una tendencia al aumento de la concentración hacia la desembocadura, siendo más estable esta porción del arroyo, mostrando un rango de variación menor en los datos.

La variación de concentraciones en el ciclo anual muestra más uniformidad que la observada en los nutrientes nitrogenados, aunque tampoco se observa un patrón de variación definido.

Los valores detectados de NT en las muestras tomadas durante 2018 son todos superiores al valor límite sugerido por la Mesa Técnica del Agua (1 mg/l), de ahí que esta variable mostraría un 100 % de incumplimiento con respecto a este valor sugerido (Anexo 1).

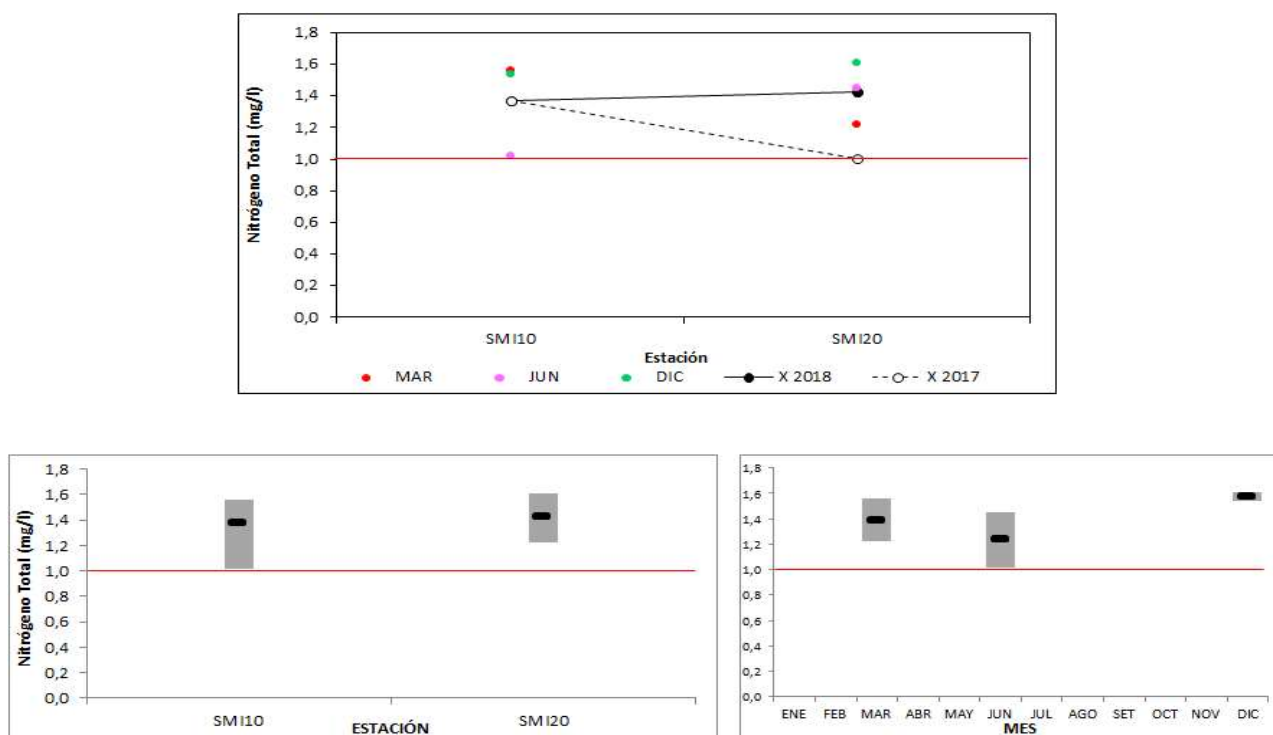


Fig. 83: Superior: Fluctuaciones del Nitrógeno Total en la cuenca del Aº San Miguel durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Nitrógeno Total para los años 2018 y 2017 respectivamente. Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Nitrógeno Total (promedio y rango de variación) en el Aº San Miguel durante 2018. Las líneas rojas marcan el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua.

En la figura 84 se presentan las proporciones de los diferentes componentes del NT en cada campaña y en el promedio anual. Se observa estabilidad de las proporciones relativas, situándose el nitrógeno orgánico (Norg) aproximadamente entre el 80 y el 90%, los NO_3 entre el 8 y el 318% y los NO_2 alrededor del 1%, mientras que la fracción NH_3 es mínima en la proporción total. Tanto el NH_3 como el Norg son calculados y no medidos en forma directa.

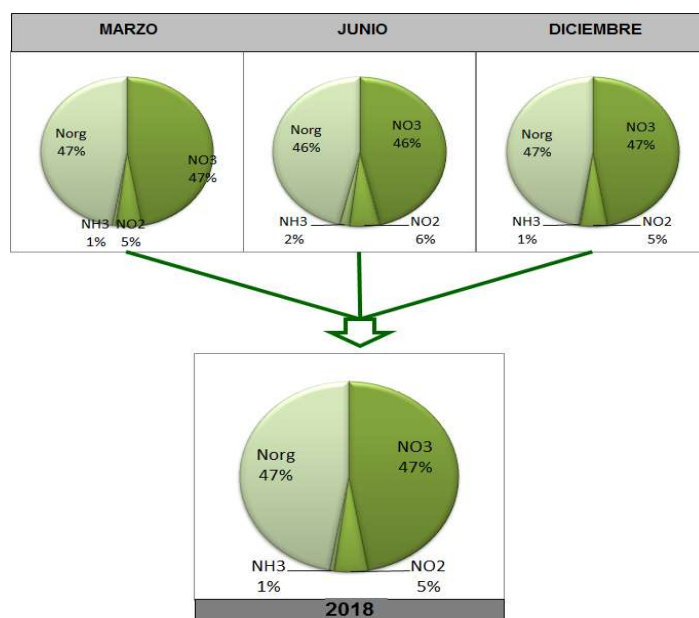


Fig. 84: Proporción de los diferentes componentes del Nitrógeno Total en el río Aº. San Miguel durante 2018. NH_3 y Norg, valores calculados.

3.2.6.2.2. Nutrientes Fosforados

Los nutrientes fosforados, medidos como Fósforo Reactivo y Fósforo Total presentaron valores altos.

3.2.6.2.2.1. Fósforo Reactivo (PO₄)

Los valores de PO₄ se ubicaron entre un mínimo de 11 µg/l (SMI10 en junio) y un máximo de 120 µg/l (SMI20 en diciembre), con un promedio de 55 µg/l y una mediana de 37 µg/l (Fig. 85).

Los valores registrados durante 2018 son mayores que los de 2017 en ambas estaciones. Esta diferencia se hace más notoria en SMI20. Estas mayores concentraciones se reflejan en los promedios anuales, de 55 µg/l en 2018 y 42 µg/l en 2017.

Espacialmente, hay una notoria tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura, aunque la oscilación es estable en la cuenca y el rango de variación es muy similar en ambas estaciones.

En el ciclo anual sólo se observan valores más elevados en la campaña de diciembre.

Cuatro de las seis muestras tomadas de PO₄ superan el estándar sugerido por la Mesa Técnica del Agua (35 µg/l), resultando en un porcentaje de incumplimiento del 67 % (Anexo 1).

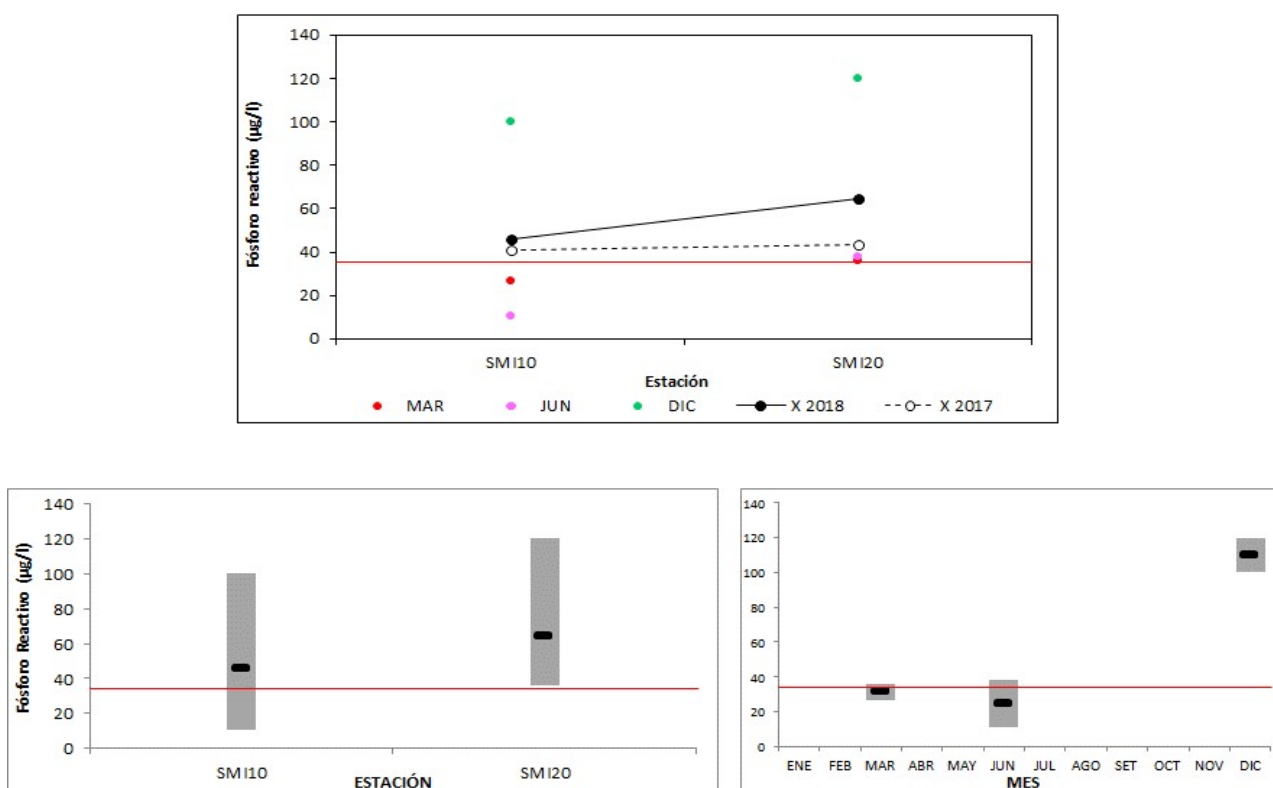


Fig. 85: Superior: Fluctuaciones del Fósforo Reactivo en la cuenca del A^o. San Miguel durante 2018 y comparación con 2017. X2018 y X2017= promedio de Fósforo Reactivo para los años 2018 y 2017 respectivamente.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Fósforo Reactivo (promedio y rango de variación) en el A^o. San Miguel durante 2018. Las líneas rojas marcan el valor guía sugerido en el Digesto CARU.

3.2.6.2.2. Fosforo Total (Pt)

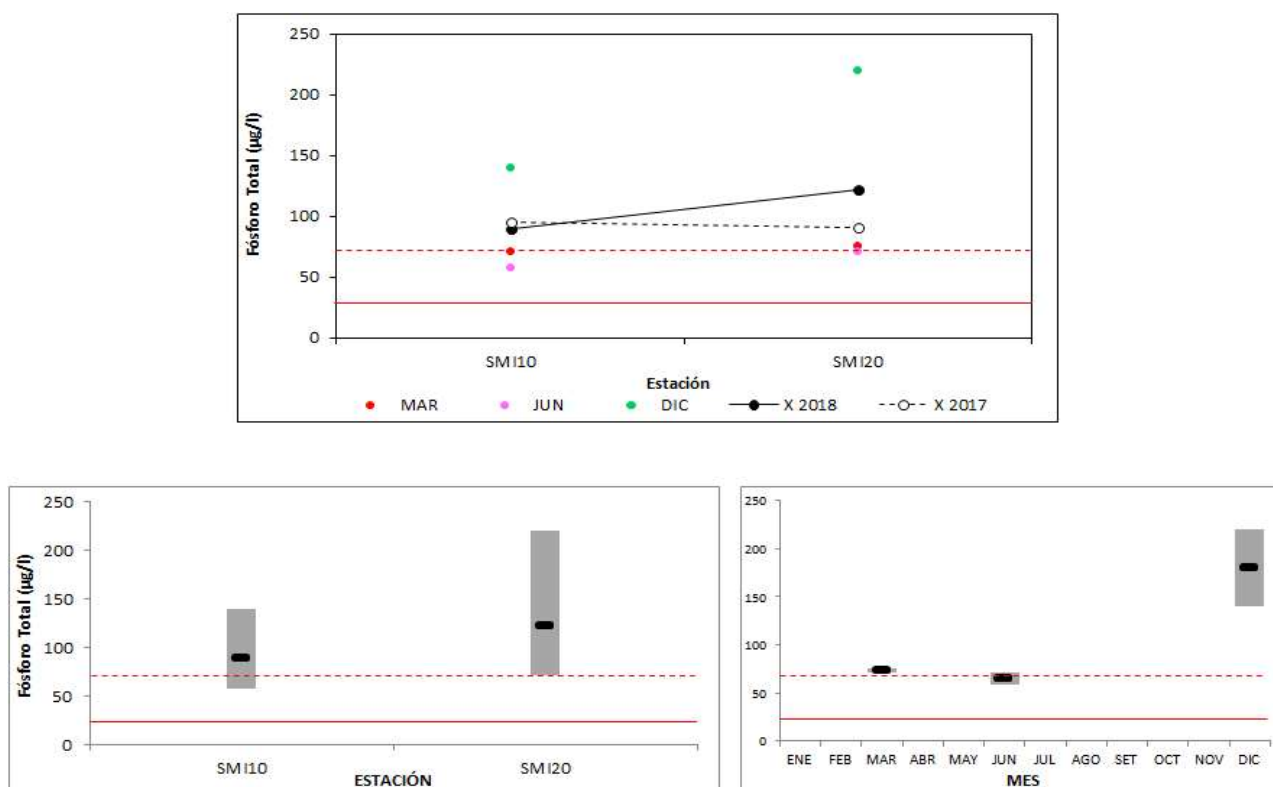
El PT fluctuó entre una concentración mínima de 58 $\mu\text{g/l}$ (SMI10 en junio) y una máxima de 220 $\mu\text{g/l}$ (SMI20 en diciembre), con un promedio de 106 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 74 $\mu\text{g/l}$ (Fig. 86).

El comportamiento de los promedios entre 2018 y 2017 muestra homogeneidad interanual en la estación SMI10, con valores muy cercanos y una diferencia en la estación SMI20 en la que se observa durante 2018 una concentración mayor. Los promedios calculados para ambos años son 106 $\mu\text{g/l}$ en 2018 y 93 $\mu\text{g/l}$ en 2017.

La distribución espacial de la concentración de PT en la cuenca del San Miguel muestra una clara tendencia al aumento hacia la desembocadura, en forma opuesta a lo observado durante 2017, en que se percibía una leve tendencia al descenso en esa dirección. El rango de variación de la estación SMI20 casi duplica al de la estación SMI10.

Temporalmente, se observa un fuerte pico de concentración de PT durante la campaña de diciembre, que casi triplica la concentración promedio de las otras campañas realizadas.

Cinco de las seis muestras consideradas para esta variable superan el valor guía sugerido por el grupo GESTA Agua (70 $\mu\text{g/l}$), alcanzando un 83 % de incumplimiento en relación a este valor.



3.2.6.3. Sólidos

3.2.6.3.1. Sólidos Suspendidos

Las fluctuaciones de los Sólidos Suspendidos Totales son presentadas en la figura 87.

Los SST se ubicaron en valores entre un mínimo de 15 mg/l (SMI20 en marzo) y un máximo de 160 mg/l (SMI20 en diciembre), con un promedio de 51 mg/l y una mediana de 16 mg/l, habiendo dos resultados con valores por debajo del límite de cuantificación de la técnica.

Los promedios calculados son mayores en 2018 que en 2017, con homogeneidad espacial, siendo las líneas de promedios casi paralelas. Los promedios anuales calculados fueron 51 mg/l en 2018 y 27 mg/l en 2017.

Los SST muestran una clara tendencia al aumento de concentración y rango de variación desde las nacientes hacia la desembocadura.

Temporalmente sólo se observa un fuerte pico de concentración durante la campaña de diciembre, probablemente a consecuencia de fuertes precipitaciones.

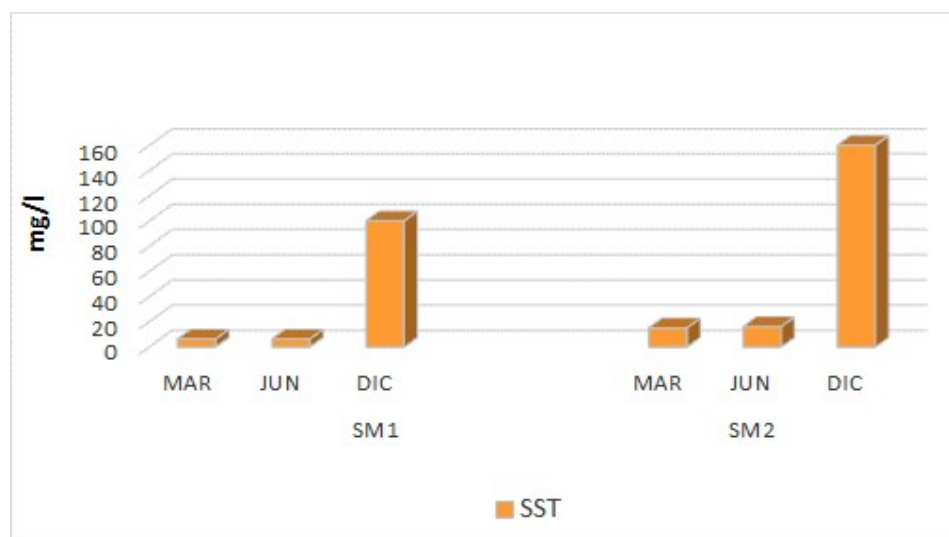


Fig. 87: Variación temporal de los Sólidos Suspendidos Totales en el arroyo San Miguel durante 2018.
Datos cuantificables > 9 mg/l

3.2.6.3.2. Sólidos Totales

Las fluctuaciones de los Sólidos Suspendidos Totales son presentadas en la figura 88.

Los ST oscilaron entre un mínimo de concentración de 150 mg/l (SMI10 en marzo) y un máximo de 230 mg/l (SMI20 en junio), con un promedio de 193 mg/l y una mediana de 195 mg/l. Los valores observados son mayores durante 2018 que durante 2017, con promedios calculados de 193 mg/l y 167 mg/l respectivamente. Al igual que el año precedente, muestran una clara tendencia al aumento de concentración en el sentido de la desembocadura. Temporalmente no se aprecia ningún patrón de variación.

Los STF fluctúan entre 100 mg/l (SMI10 en marzo) y 160 mg/l (SMI20 en junio), con un promedio de 132 mg/l y una mediana de 135 mg/l. Los valores registrados durante 2018 son mayores que los de 2017, con promedios de 132 mg/l y 88 mg/l respectivamente. Se percibe una tendencia al aumento de concentración y rango de variación en el sentido del curso de agua, a diferencia de 2017 en que la concentración disminuía hacia la desembocadura. La concentración de STF es poco variable durante el ciclo anual, sin picos destacables.

Los STV fueron observados entre un mínimo de 50 mg/l (SMI10 en marzo y diciembre) y un máximo de 80 mg/l (SMI10 en junio), con un promedio de 62 mg/l y una mediana de 60 mg/l. El comportamiento interanual de los STV es diferente en ambas estaciones: en la estación SMI10 la concentración promedio es similar en ambos años, mientras que en SMI20 la concentración durante 2017 es más elevada. Esto se refleja en los promedios anuales, de 62 mg/l en 2018 y 79 mg/l en 2017. La variación espacial de los STF durante 2018 muestra una leve tendencia al aumento de concentración y rango de variación hacia la desembocadura. Al igual que las otras fracciones de sólidos totales, los STV también muestran poca variabilidad dentro del ciclo anual, sin picos destacables.

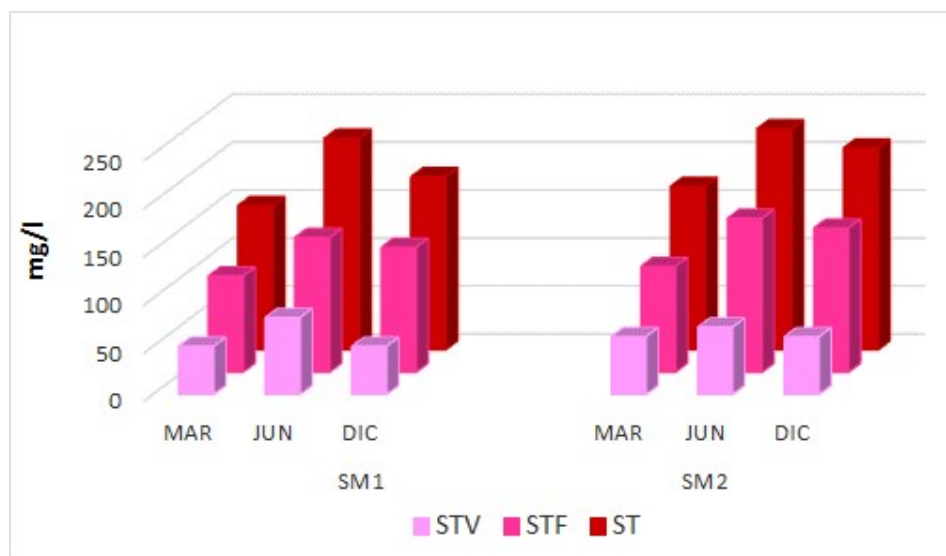


Fig. 88. Variación espacial y temporal de los Sólidos Totales en el arroyo San Miguel durante 2018.

3.2.6.4. Variables Biológicas

La clorofila *a* y la feofitina *a* del arroyo San Miguel sólo fueron medidas en la estación SM2, la cual proporciona información como cierre de cuenca.

3.2.6.4.1. Clorofila *a*

La clorofila tuvo un solo valor cuantificable durante 2018, siendo de 2.2 µg/l y registrado en la estación SMI20 en la campaña de diciembre. Los otros dos resultados muestran valores por debajo del límite de la técnica. El promedio anual de la clorofila en el Aº. San miguel fue de 1.7 µg/l y la mediana de 1.45 µg/l. Si bien en valores bajos y muy similares, la concentración de clorofila es más baja en 2018 que en 2017, con promedios de 1,7 µg/l y 1.8 µg/l respectivamente.

La variación temporal de la clorofila muestra el pico de mayor concentración en la campaña de diciembre.

La clorofila cumple en un 100 % con el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (30 µg/l)

3.2.6.4.2. Feofitina α

Al igual que la clorofila, la feofitina tiene un solo valor cuantificable en las campañas de 2018. El mismo fue de 7.2 $\mu\text{g/l}$ y fue registrado en la estación SMI20 en la campaña de diciembre. El promedio de concentración de feofitina es más elevado en 2018 que en 2017, siendo estos de 4.3 $\mu\text{g/l}$ y 2.9 $\mu\text{g/l}$ respectivamente. La feofitina también presenta su mayor concentración en la campaña de diciembre.

El cálculo de la relación clo/feo para el caso de la población fitoplanctónica del río San Miguel, refleja un estado senescente, con alta degradación, en las campañas de junio y diciembre, y degradación moderada en marzo. En ninguna de las oportunidades se calculó una relación positiva, con crecimiento algal.

3.2.6.4.3. Coliformes Termotolerantes (ColiTermo)

Los Coliformes Termotolerantes fluctuaron en valores entre un mínimo de 10 UFC/100ml (en marzo) y un máximo de 4800 UFC/100ml (en diciembre), con un promedio de 1630 UFC/100ml y una mediana de 80 UFC/100ml (Fig. 89).

La abundancia de ColiTermo registrada en 2018 excede largamente la de 2017, con promedios de 1630 UFC/100ml y 232 UFC/100ml respectivamente.

Con valores bajos en las dos primeras campañas realizadas, en la campaña de diciembre se observa una alta densidad de ColiTermo.

Con los resultados obtenidos se comprueba que para el año 2018 los coliformes termotolerantes tienen un 33 % de incumplimiento con respecto a la norma (2000 UFC/100ml) (Anexo 1).

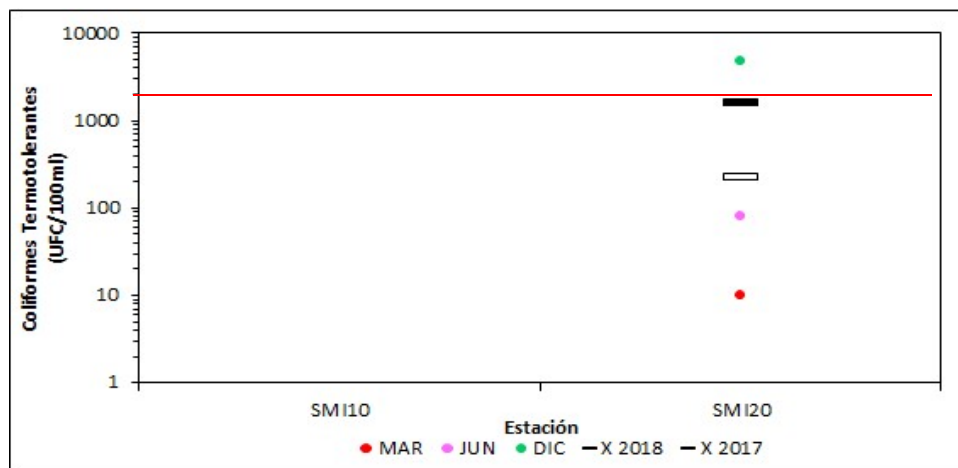


Fig. 89: Variación de los Coliformes Termotolerantes en el arroyo San Miguel durante 2018.

3.2.6.5. AOX

Los AOX sólo fueron medidos sólo en la estación SM2, como estación de cierre de cuenca.

Una sola medida de AOX superó el límite de la técnica, siendo de 19.0 $\mu\text{g/l}$ en la campaña de marzo. Tuvieron un promedio de 12.0 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 8.5 $\mu\text{g/l}$

Se percibe una fuerte diferencia de concentración interanual, calculándose un promedio de 12 $\mu\text{g/l}$ en 2018 y de 32 $\mu\text{g/l}$ en 2017.

La concentración de AOX durante 2017 no muestra un patrón de variación, aunque se destaca un fuerte pico en aguas más calientes, en marzo.

Todos los valores del año 2018 son inferiores a los 25 µg/l fijados como estándar por la República Federal de Alemania, y tomado para este informe debido a no ser una variable considerada en el decreto 253. Se considera, entonces, un cumplimiento de 100 % (Anexo 1).

3.2.6.6. Síntesis del río San Miguel

La calidad del agua en el arroyo San Miguel es media, cumpliendo las exigencias del Decreto 253 en la mayor parte de las variables analizadas, aunque incumpliendo con los valores de referencia en siete de éstas: oxígeno disuelto (50 %), conductividad (100 %), turbidez (33 %), NT (100 %), PO4 (100 %), fósforo reactivo (67 %), PT (83 %) y coliformes termotolerantes (33%).

3.3. Fitosanitarios

En los muestreos de los diferentes tributarios de la Laguna Merín se consideraron, en total, 23 fitosanitarios (Fig. 11; Tabla IV). En ningún caso se registraron concentraciones que superaran los límites de la técnica analítica (Anexos 5 y 6), por lo cual, a grandes rasgos se puede considerar la ausencia de estos fitosanitarios en los diferentes cuerpos de agua, al menos en concentraciones detectables. Sin embargo, para muchos de estos compuestos se debe afinar la sensibilidad del análisis, ya que en algunos el límite de la técnica es muy cercano al valor estándar establecido; e incluso, en algunos casos (endosulfán, clorpirifos) el límite de la técnica es superior al estándar (Anexos 2, 6 y 7).

3.4. Índices de calidad de agua

3.4.1. Aplicación del IET

La aplicación del IET para las diferentes subcuencas tributarias de la Laguna Merín en el período 2018, muestra una cuenca que refleja un estado –mayoritariamente- Mesotrófico, en 1 estación, alcanzando el estado Supereutrófico, 4 estaciones con estado Mesotrófico. Entonces, el 66.6% de las estaciones mostraron un estado Mesotrófico, el 26.6 % estado Eutrófico y el 6.6 % estado Supereutrófico (Fig. 90).

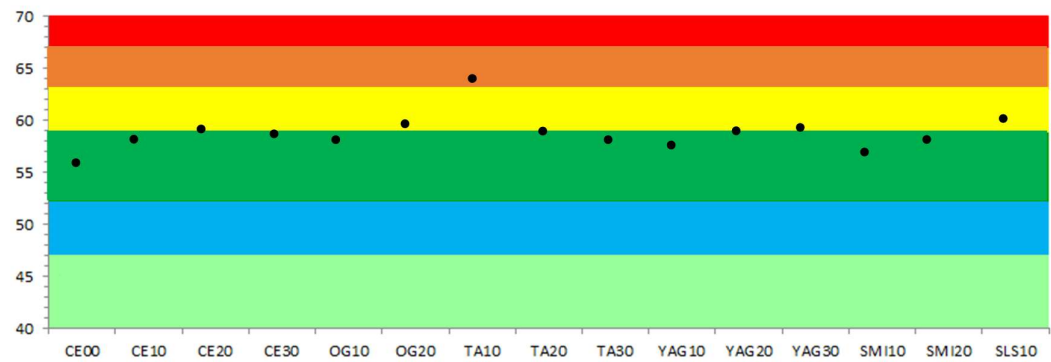


Fig. 90: Valor de la calidad del agua según el IET en cada estación analizada de la cuenca de la Laguna Merín.

Las cuencas del Cebollatí, el Olimar, el Jaguarón y el San Luís tienen nivel Eutrófico en la cuenca, mientras que el Tacuarí es el río más comprometido de la cuenca de la laguna Merín, con un nivel Supereutrófico en la mayor parte de su curso. Resulta importante aclarar que los cálculos para el año 2017 se realizaron en base a dos campañas, por lo que los valores del índice se vieron sesgados (se presentan a modo informativo). Entonces, comparando con una situación similar (en el período 2014-2016) se observa que

en 2/15 estaciones (13 %), el IET es mayor, lo que implica una concentración de PT mayor en el agua. En 13/15 estaciones (87 %) el IET muestra una disminución de su valor, rebelando una mejoría.

En líneas generales, se aprecia un mejoramiento de la calidad del agua en gran parte de la cuenca de la Laguna Merín con respecto a los valores calculados para el período 2014 – 2016. (Figs. 91 y 92).

AÑO	CE00	CE10	CE20	CE30	OG10	OG20	TA10	TA20	TA30	YAG10	YAG20	YAG30	SMI10	SMI20	SLS10
2014-2016	60	60	60	60	60	59	65	62	61	60	60	60	58	57	65
2017	56	58	58	58	58	58	62	59	58	58	58	59	57	57	60
2018	56,4	58,4	59,3	58,8	58,0	59,7	63,9	58,8	58,4	57,6	58,8	59,4	56,9	58,1	60,0
	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Supereutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico

Fig. 91: Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo de la cuenca de la Laguna Merín

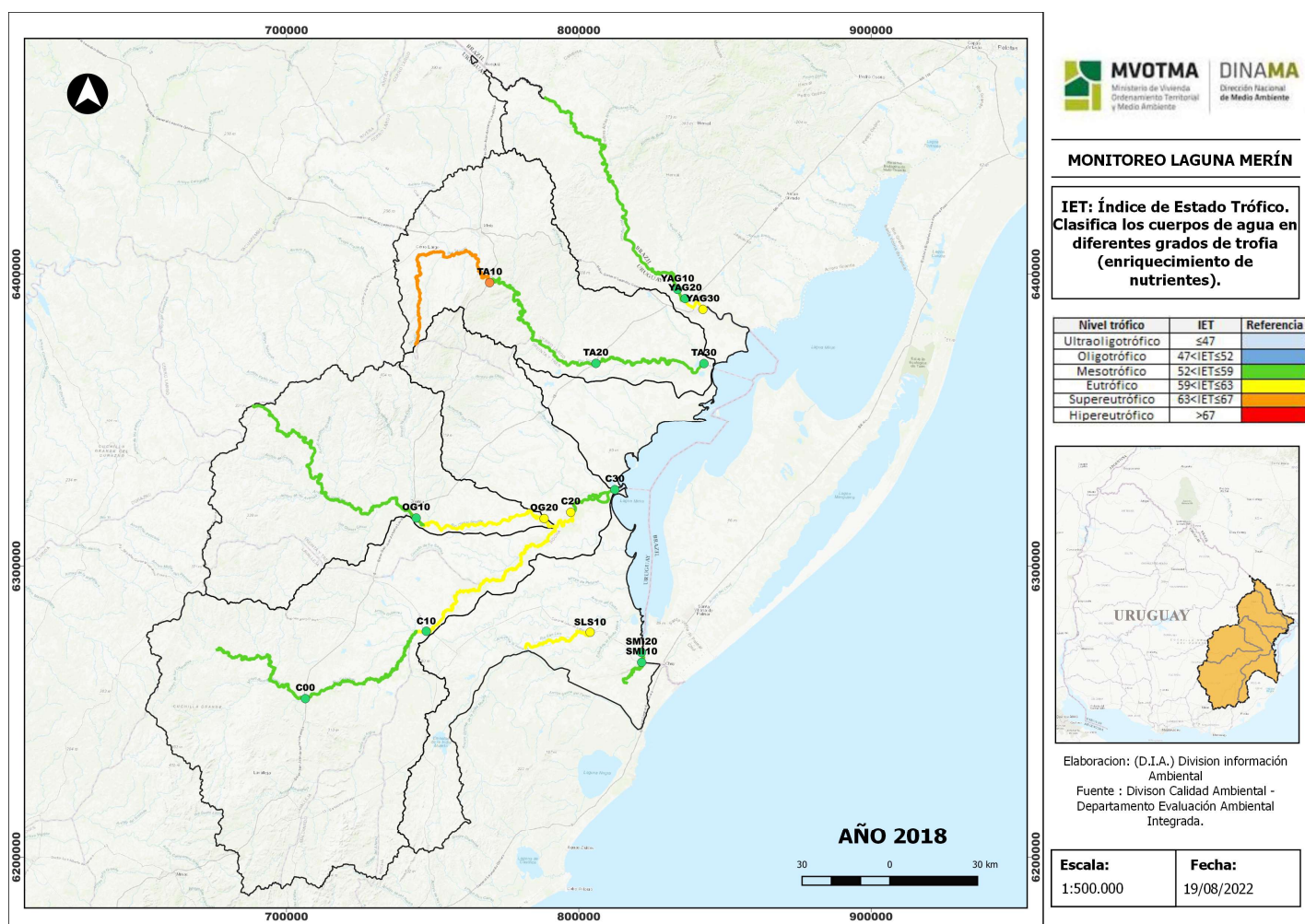


Fig. 92: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación del Índice de Estado Trófico (IET).

3.4.2. Aplicación del IQA

En líneas generales, el estado de la calidad del agua interpretado a partir del IQA en estos cursos de agua es medio, aunque se pueden encontrar ciertos matices (Fig. 93).

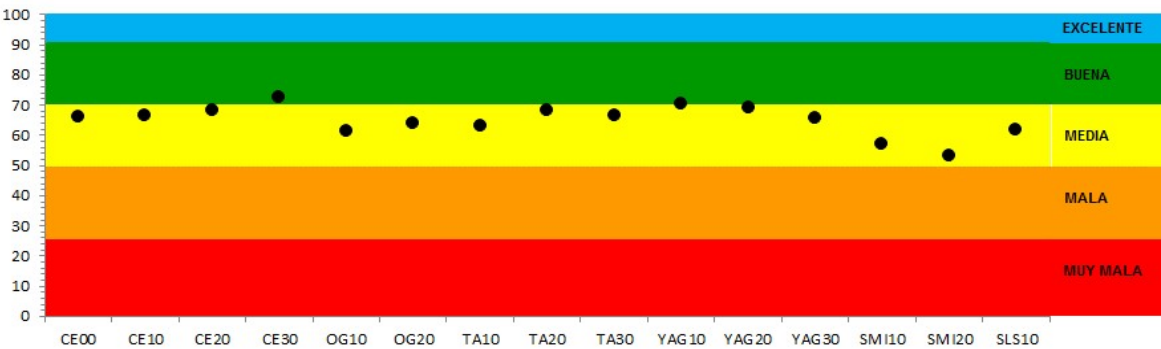


Fig. 93: Valor de la calidad del agua según el IQA en cada estación analizada de la cuenca de la Laguna Merín.

En la figura 87 se observa el valor de IQA calculado para cada estación de monitoreo. El IQA se empezó a calcular para esta cuenca de la laguna Merín en 2017 y, al igual que para el caso del IET, sólo se colectaron datos en dos campañas, por lo que los valores pueden verse sesgados (o ausentes). Se desprende una calidad de agua MEDIA en la mayor parte de las estaciones muestreadas, sólo mostrando calidad de agua Buena en la cuenca baja del Cebollatí y la cuenca alta del Yaguarón (Fig. 94 y 95).

Con la salvedad hecha a los resultados calculados en 2017, se aprecia que en las nueve estaciones “comparables” el valor del IQA se reduce, mostrando una aparente degradación de la calidad del agua de la cuenca entre ambos años.

	CE00	CE10	CE20	CE30	OG10	OG20	TA10	TA20	TA30	YAG10	YAG20	YAG30	SMI10	SMI20	SLS10
2017	78			77	69	74	68		76			72		67	72
2018	66	67	68	73	62	64	63	68	67	71	69	66	57	53	62
	MEDIA	MEDIA	MEDIA	BUENA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	BUENA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA

Fig. 94: Resultado de la aplicación del IQA en las estaciones de monitoreo de la cuenca de la Laguna Merín

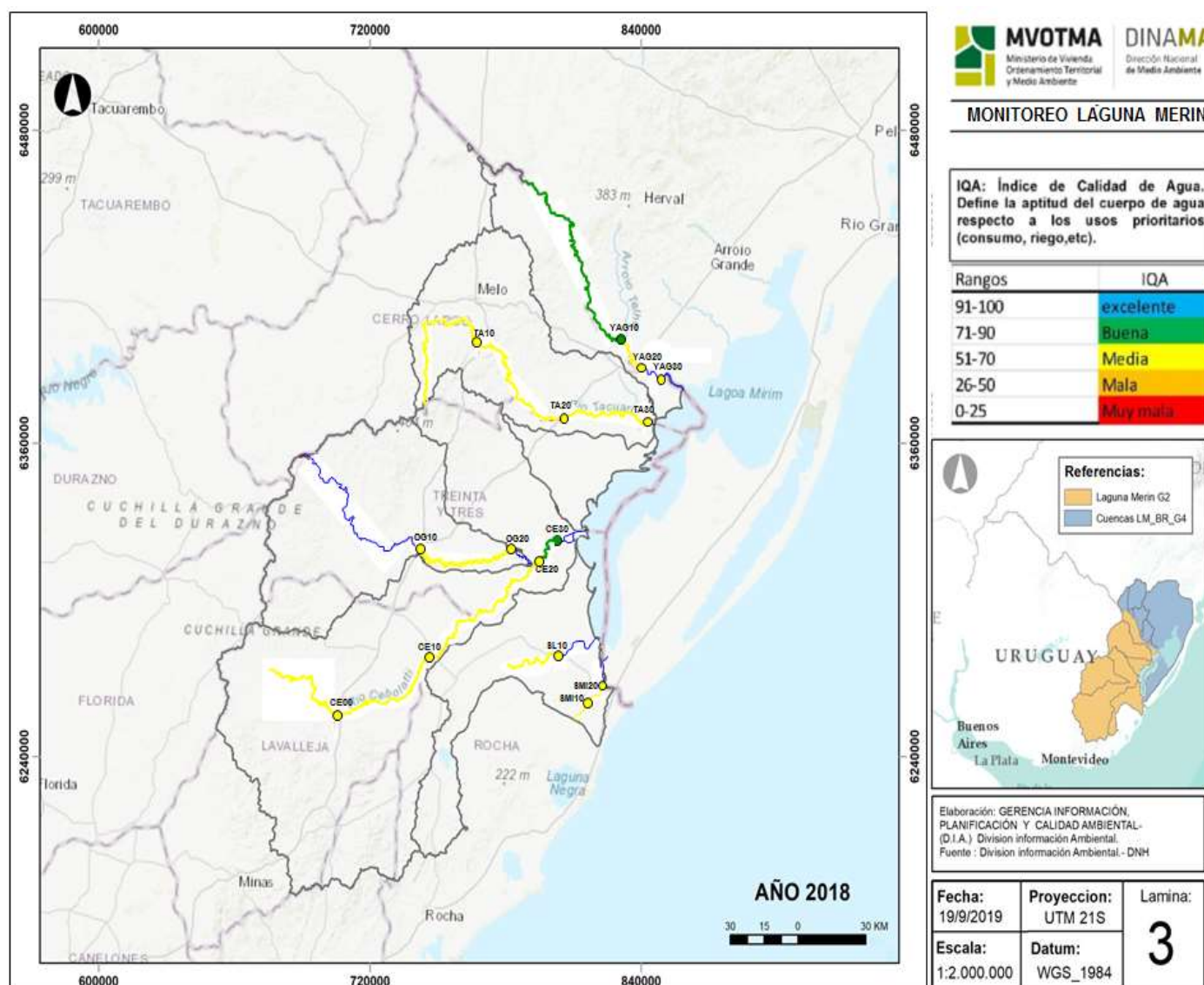


Fig. 95: Mapa de calidad de agua en la cuenca de la laguna Merín, en base a la aplicación del índice IQA.

3.5. Síntesis Cuenca Laguna Merín

En líneas generales el agua que ingresa a la laguna Merín por sus principales tributarios es aceptable.

El sector norte de la hemicuenca es el que recibe aguas en mejor estado. En ese sector, que involucra las desembocaduras de los ríos Yaguarón y Tacuarí, se observa sólo un incumplimiento total con las variables fosforadas (PT y PO₄). La conductividad incumple totalmente en el Yaguarón, pero este incumplimiento es sólo parcial en el Tacuarí y también se observan incumplimientos parciales de la turbidez y el NT en ambas subcuencas.

El Sector medio recibe la descarga del río Cebollatí y -por su intermedio del río Olimar-. Es el sector que recibe aguas en mejor estado. El Olimar genera un incumplimiento total en las concentraciones de conductividad y PT, mientras que el Cebollatí sólo en sus cuencas media y baja. Las dos subcuencas incumplen al 100 % con el valor del PO₄, aunque no en su cuenca alta, donde sólo es parcial. También se observan incumplimientos parciales en NT (Olimar en cuenca baja) y turbidez (Cebollatí en su cuenca alta).

El sector sur es el más afectado por las descargas desde la cuenca. Los arroyos San Miguel y San Luis descargan menos caudal en la laguna, pero las aguas del San Miguel son las que tienen peor calidad de agua en la cuenca. Este arroyo presenta incumplimiento total en dos variables (conductividad y NT) y parcial en otras cinco (OD, turbidez, ColiTermo, PO₄ y PT). El San Luis, por su parte presenta un incumplimiento total en cinco variables (conductividad, turbidez, NT, PO₄ y PT).

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

El IET calculado refleja un estado de Mesotrofia en la mayor parte de las subcuencas analizadas.

El IQA muestra una calidad de agua Media en la mayor parte de las subcuencas controladas, presentando inferior calidad de agua en las estaciones con influencia antrópica.

El índice GEMS muestra Mala calidad de agua en toda la hemicuenca uruguaya de la laguna Merín, a excepción de las nacientes del Cebollatí.

4. REFERENCIAS

- Achkar, M.; Domínguez, A. & F. Pesce (2012) Cuenca de la Laguna Merín. Aportes para la discusión ciudadana. Amigos de la tierra (ed): 30pp
- Beltrame, L. F. S. & Tucci, C. E. M. (Organizadores). (1998) Estudo para avaliação e gerenciamento da disponibilidade hídrica da Bacia da Lagoa Mirim. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas-IPH/UFRGS. Vol. 1. 128p.
- GEMS/Agua, 3ra Ed, 94.1
- Grupos de Estandarización (GESTA) Agua (2014). Propuesta de modificación del Decreto 253/79 "Normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas". MVOTMA, DINAMA.
- INE (2011) Proyección de la Población, al 30/6 de cada año. Instituto Nacional de Estadística. Montevideo, Uruguay.
- Lamparelli M.C (2004). Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. USP/ Departamento de Ecologia. Tesis PhD, Universidade de São Paulo, 235 pp.
- LAWA, 1998. LAWA-Verfahren zur "Chemischen Gewässerklassifikation" [LAWA procedure for "chemical classification of bodies of water"], 1998
- Machado G. (2002) Qualidade das Águas no Canal Sao Goncalo. Rio Grande do Sul – Brasil – UFSC – Pós Graduacao em Geografia Dissertacao de Mestrado, 170 p.
- Mesa Técnica del Agua, 2017. Documento técnico N° 1. Establecimiento de niveles guía de indicadores de estado trófico en cuerpos de agua superficiales. Inf. Tec.: 48 pp.
- Montgomery D.C. & George C.R (2003). Applied statistics and probability for engineers. John Wiley & Sons, USA.
- MVOTMA (2017). Plan Nacional de Aguas. MVOTMA – DINAGUA: 326 pp.
- Quintans F. (2015) Propuesta de aplicación de índices de calidad de agua y mapas de vulnerabilidad ambiental para las cuencas del país. Caso Santa Lucía. Informe de Consultoría Proyecto PNUD URU/14/001, MVOTMA-DINAMA, 65 pp.
- OEA, BID, OPP (1992) Uruguay - Estudio Ambiental Nacional. Washington DC
- ONU (2009) III Informe del Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de Naciones Unidas. Caso de Estudio Cuenca de la Laguna Merin. Carlos Ma. Serrentino. Unesco, Paris.
Disponible en:
http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/case_studies/pdf/Case_Studies_LatinAmCaribbean.pdf.
- PROBIDES (2002) Bases para un Plan de Manejo de la Laguna Merin. Documentos de Trabajo – N° 40, PROBIDES, Reserva de Biosfera Bañados del Este. UE/PNUD/GEF, Rocha, Uruguay
- R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>
- Serrentino, C.M. (2013) Cuenca Binacional de la Laguna Merin. Fernández, C.; de Cássia, R.; Yeomans, L. & E. Pastén (Eds.): 55 pp.




















































































































































UNDP/FAO/Comisión Laguna Merin Brasil-Uruguay (1970) Merin Lagoon Project. Escala 1:1.000.000.

Anexo 1: Cuadro sinóptico de los porcentajes de cumplimiento (celeste) e incumplimiento (rojo) de diferentes variables con respecto a su valor estándar, en las estaciones muestreadas en la cuenca de la Laguna Merín en 2018.

	CEBOLLATI				OLIMAR		TACUARI			YAGUARÓN			SAN MIGUEL		SAN LUIS	TOTAL DE LA CUENCA
	CE00	CE10	CE20	CE30	OG10	OG20	TA10	TA20	TA30	YAG10	YAG20	YAG30	SMI10	SMI20	SLS10	
OXÍGENO DISUELTO																
pH																
TURBIDEZ																
COLIFORMES termotolerantes																
NO ₃																
NO ₂																
NH ₃																
NITRÓGENO TOTAL																
FÓSFORO REACTIVO																
FÓSFORO TOTAL																
CLOROFILA																
AOX																

➤ El % de cumplimiento del PT se calculó con el estándar propuesto por el grupo GESTA Agua, de 70 µg/l

Anexo 2: Cuadro sinóptico de los porcentajes de cumplimiento (celeste) e incumplimiento (rojo) de los diferentes plaguicidas muestreados, con respecto a su valor estándar, en las estaciones muestreadas en la cuenca de la Laguna Merín en 2018.

	CEBOLLATI				OLIMAR		TACUARI			YAGUARÓN			SAN MIGUEL		SAN LUIS	TOTAL DE LA CUENCA
	CE00	CE10	CE20	CE30	OG10	OG20	TA10	TA20	TA30	YAG10	YAG20	YAG30	SMI10	SMI20	SLS10	
Endosulfan α																
Endosulfan β																
Endosulfan SO ₄																
Glifosato																
p,p' DDD																
p,p' DDE																
p,p' DDT																
ENDRIN																
ALDRIN																
DIELDRIN																
ATRAZINA																
CLORDANO trans																
CLORDANO cis																
CLORPIRIFOS																
HEPTACLORO																
HEPTACLORO EPOX																
LINDANO																
MALATION																
METIL PARATION																
METOXICLOR																
Mirex																

Anexo 3: Variables muestreados *in situ* en la cuenca de la Laguna Merín durante 2018.

Campaña	Estación	TEM	Cond	OD	% OD	pH	SECCHI	TURB
Cuenca río Cebollati		°C	µscm	mg/l	%		cm	NTU
MAR	CE00	97,90	8,15	7,94	296,20	23,90		8,0
MAR	CE10	106,10	8,69	8,01	220,00	25,20		25,0
MAR	CE20	86,20	7,34	7,92	147,50	23,30		34,3
MAR	CE30	92,10	8,03	7,83	118,40	22,50	50	23,1
JUN	CE00	94,50	10,03	7,96	184,70	12,80		25,9
JUN	CE10	96,80	10,18	8,03	150,10	13,20		88,3
JUN	CE20	97,00	10,20	8,06	162,80	13,70		31,9
JUN	CE30	95,20	9,87	7,87	154,40	14,60	75	35,0
DIC	CE00	77,80	6,91	7,29	60,70	20,90		28,8
DIC	CE10	77,40	6,85	7,08	105,10	21,60		53,3
DIC	CE20	79,20	6,81	7,31	185,70	23,50	45	24,6
DIC	CE30	75,20	6,51	7,30	192,00	23,20	85	14,9
Cuenca río Olimar								
MAR	OG10							
MAR	OG20	81,40	6,91	7,71	231,20	23,90		26,1
JUN	OG10	93,50	9,84	7,95	144,90	13,10		46,2
JUN	OG20	95,70	10,04	8,02	170,60	13,60		34,4
DIC	OG10	74,30	6,68	6,89	116,60	20,70		25,0
DIC	OG20	85,70	7,61	7,38	132,70	21,60		37,7
Cuenca río Tacuarí								
MAR	TA10	77,10	6,81	7,68	189,90	21,70		14,9
MAR	TA20	88,80	7,70	7,86	118,10	22,00		18,1
MAR	TA30	95,80	7,88	7,99	128,50	24,30		29,1
JUN	TA10	87,40	9,38	7,88	99,20	12,00		45,9
JUN	TA20	92,30	9,84	7,85	99,50	12,70		82,5
JUN	TA30	95,70	9,99	7,72	114,10	14,00	30	81,2
DIC	TA10	70,00	6,07	7,74	239,40	22,10		13,7
DIC	TA20	99,50	8,96	7,54	188,90	21,80		16,9
DIC	TA30	86,00	7,45	7,10	95,10		60	18,5
Cuenca río Yaguarón								
MAR	YAG10							
MAR	YAG20							
MAR	YAG30	92,20	7,71	8,08	167,00	23,80		64,1
JUN	YAG10							
JUN	YAG20							
JUN	YAG30	93,00	9,80	8,22	101,30	13,20		73,9
DIC	YAG10	91,10	7,74	7,35	143,50	23,30	23	19,6
DIC	YAG20	87,20	7,40	7,20	170,00	23,00	50	21,9
DIC	YAG30	85,10	7,08	7,14	157,20	24,20	70	16,0
Cuenca A°. San Miguel								
MAR	SMI10	45,30	3,91	7,48	210,40	22,20		14,8
MAR	SMI20	63,10	5,27	7,23	242,30	24,10		22,1
JUN	SMI10	86,40	8,99	8,06	238,50	14,00		13,7
JUN	SMI20	92,30	9,52	3,93	260,00	14,40		34,2
DIC	SMI10	54,40	4,69	6,59	137,60	22,50		122,0
DIC	SMI20	51,30	4,44	7,16	147,60	22,40		63,6
Cuenca A°. San Luis								
MAR	SLS10	77,00	6,41	7,58	199,20	24,30		
JUN	SLS10	85,50	8,73	7,72	219,60	14,80		77,9
DIC	SLS10	69,20	5,91	7,13	164,70	22,90		51,8

Anexo 4: Nutrientes y Sólidos muestreados en la cuenca de la Laguna Merín durante 2018.

Campaña	Estación	NO3	NO2	NH4	NH3	Nt	PO4	Pt	sst	ST	STF	STV
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Cuenca río Cebollati												
MAR	CE00	0,02	0,0031	0,053	0,0024	0,64	11	66	6	200	160	40
MAR	CE10	0,02	0,0031	0,022	0,0013	0,59	54	110	13	180	140	40
MAR	CE20	0,13	0,0031	0,065	0,0028	0,80	96	150	13	60	8	52
MAR	CE30	0,03	0,0031	0,044	0,0014	0,62	0		6	130	80	50
JUN	CE00	0,06	0,0015	0,036	0,0007	0,55	20		11	200	120	80
JUN	CE10	0,03	0,0031	0,025	0,0006	0,55	40	67	26	200	130	70
JUN	CE20	0,16	0,0015	0,059	0,0017	0,75	76	80	6	180	110	70
JUN	CE30	0,15	0,0031	0,067	0,0013	0,68	75	100	6	170	110	60
DIC	CE00	0,02	0,0015	0,060	0,0005	0,74	36	160	14	83	59	24
DIC	CE10	0,07	0,0076	0,024	0,0001	0,65	79		55	140	94	46
DIC	CE20	0,23	0,0031	0,061	0,0007	0,58	99	100	13	150	110	40
DIC	CE30	0,11	0,0094	0,069	0,0007	0,69	82	160	5	150	100	50
Cuenca río Olimar												
MAR	OG10	0,03	0,0031	0,067	0,0019	0,36	70	130	6	190	140	50
MAR	OG20	0,17	0,0031	0,085	0,0018	0,74	34	95	19	160	100	60
JUN	OG10	0,36	0,0073	0,053	0,0013	1,03	140	87	24	170	110	60
JUN	OG20	0,03	0,0031	0,067	0,0002	0,47	48	150	12	120	80	40
DIC	OG10	0,31	0,0031	0,077	0,0009	0,86	84	150	51	160	120	40
DIC	OG20											
Cuenca río Tacuarí												
MAR	TA10	0,28	0,0058	0,065	0,0014	1,02	400	480	6	160	120	40
MAR	TA20	0,03	0,0031	0,380	0,0128	0,55	49	92	6	120	90	30
MAR	TA30	0,03	0,0031	0,060	0,0032	0,76	67	120	9	120	70	50
JUN	TA10	0,22	0,0031	0,088	0,0014	1,43	120	150	15	170	90	80
JUN	TA20	0,31	0,0031	0,055	0,0009	1,55	120	160	30	180	110	70
JUN	TA30	0,28	0,0015	0,055	0,0007	1,11	68	120	32	190	130	60
DIC	TA10	1,20	0,0500	0,190	0,0049	2,25	390	480	5	180	120	60
DIC	TA20	0,20	0,0085	0,087	0,0014	0,84	55	120	11	150	110	40
DIC	TA30	0,02	0,0015	0,075		0,74	52	93	5	120	72	48
Cuenca río Yaguarón												
MAR	YAG10				0,0000							
MAR	YAG20				0,0000							
MAR	YAG30	0,20	0,0068	0,220	0,0137	1,15	84	130	23	150	110	40
JUN	YAG10				0,0000							
JUN	YAG20				0,0000							
JUN	YAG30	0,60	0,0063	0,130	0,0050	2,20	130		16	180	110	70
DIC	YAG10	0,28	0,0091	0,074	0,0009	0,74	53	120	5	130	96	34
DIC	YAG20	0,30	0,0100	0,060	0,0005	0,85	61	93	5	140	88	52
DIC	YAG30	0,35	0,0110	0,250	0,0019	1,01	58	96	5	130	83	47
Cuenca A°. San Miguel												
MAR	SMI10	0,11	0,0074	0,075	0,0011	1,56	27	71	6	150	100	50
MAR	SMI20	0,03	0,0066	0,150	0,0014	1,22	36	76	15	170	110	60
JUN	SMI10	0,02	0,0031	0,071	0,0020	1,02	11	58	6	220	140	80
JUN	SMI20	0,03	0,0031	0,130	0,0000	1,45	38	71	16	230	160	70
DIC	SMI10	0,24	0,0160	0,230	0,0004	1,54	100	140	100	180	130	50
DIC	SMI20	0,08	0,0180	0,320	0,0023	1,61	120	220	160	210	150	60
Cuenca A°. San Luis												
MAR	SLS10	0,12	0,0048	0,320	0,0068	1,11	73	120	10	150	100	50
JUN	SLS10	0,08	0,0031	0,130	0,0018	1,12	130	71	6	290	190	100
DIC	SLS10	0,03	0,0056	0,100	0,0007	1,28	100	140	28	190	130	60

Anexo 5: Variables biológicas y AOX muestreados en la cuenca de la Laguna Merín durante 2018.

Campaña	Estación	Clorofila a	Feofotina a	Coli termo	AOX
		$\mu g/l$	$\mu g/l$	UFC/100ml	$\mu g/l$
Cuenca río Cebollati					
MAR	CE00			40	
MAR	CE10				
MAR	CE20				
MAR	CE30	3,50	1,90	10	8,5
JUN	CE00			10	
JUN	CE10				
JUN	CE20				
JUN	CE30	1,45	1,90	10	8,5
DIC	CE00			340	
DIC	CE10				
DIC	CE20				
DIC	CE30	1,45	1,90	10	10,0
Cuenca río Olimar					
MAR	OG10				
MAR	OG20	4,90	1,90	10	23,0
JUN	OG10			320	
JUN	OG20	1,45	1,90	75	20,0
DIC	OG10			120	
DIC	OG20	1,45	3,75	510	10,0
Cuenca río Tacuarí					
MAR	TA10			10	
MAR	TA20				
MAR	TA30	7,60	1,90	10	10,0
JUN	TA10			70	
JUN	TA20				
JUN	TA30	1,45	1,90	25	8,5
DIC	TA10			30	
DIC	TA20				
DIC	TA30	1,45	1,90	10	10,0
Cuenca río Yaguarón					
MAR	YAG10				
MAR	YAG20				
MAR	YAG30	5,90	1,90	10	8,5
JUN	YAG10				
JUN	YAG20				
JUN	YAG30	2,70	1,90	10	36,0
DIC	YAG10				
DIC	YAG20				
DIC	YAG30	3,30	1,90		10,0
Cuenca A°. San Miguel					
MAR	SMI10				
MAR	SMI20	1,45	1,90	10	19,0
JUN	SMI10				
JUN	SMI20	1,45	3,75	80	8,5
DIC	SMI10				
DIC	SMI20	2,20	7,20	4800	8,5
Cuenca A°. San Luis					
MAR	SLS10			10	
JUN	SLS10			10	
DIC	SLS10			360	

Anexo 6: Fitosanitarios muestreados en la cuenca de la Laguna Merín durante 2018.

Campaña	Estación	Endosulfan α	Endosulfan β	Endosulfan SO ₄	ATRAZINA	p,p' DDD	p,p' DDE	p,p' DDT	ENDRIN	ALDRIN	DIELDRIN	METOXICLOR
Cuenca río Cebollati		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
MAR	CE00	0,0006	0,0006	0,0007	0,05	0,0005	0,0006	0,0006	0,0000	0,0006	0,0007	0,0006
MAR	CE10											
MAR	CE20											
MAR	CE30											
JUN	CE00											
JUN	CE10	0,0006	0,0006	0,0002	0,05	0,0003	0,0004	0,0004	0,0010	0,0006	0,0007	0,0006
JUN	CE20											
JUN	CE30											
DIC	CE00	0,0006	0,0006	0,0006	0,06	0,0006	0,0006	0,0006	0,0000	0,0006	0,0007	0,0006
DIC	CE10											
DIC	CE20											
DIC	CE30											
Cuenca río Olimar												
MAR	OG10	0,0006	0,0006	0,0007	0,05	0,0005	0,0006	0,0006	0,0000	0,0006	0,0007	0,0008
MAR	OG20											
JUN	OG10											
JUN	OG20	0,0006	0,0006	0,0002	0,05	0,0003	0,0004	0,0004	0,0010	0,0006	0,0007	0,0005
DIC	OG10	0,0006	0,0006	0,0006	0,06	0,0006	0,0006	0,0006	0,0000	0,0006	0,0007	0,0009
DIC	OG20											
Cuenca río Tacuarí												
MAR	TA10	0,0006	0,0006	0,0007	0,05	0,0005	0,0006	0,0006	0,0000	0,0006	0,0007	0,0008
MAR	TA20											
MAR	TA30											
JUN	TA10											
JUN	TA20											
JUN	TA30	0,0006	0,0006	0,0002	0,05	0,0003	0,0004	0,0004	0,0010	0,0006	0,0007	0,0005
DIC	TA10	0,0006	0,0006	0,0006	0,06	0,0006	0,0006	0,0006	0,0000	0,0006	0,0007	0,0009
DIC	TA20											
DIC	TA30											
Cuenca río Yaguarón												
MAR	YAG10	0,0006	0,0006	0,0007	0,05	0,0005	0,0006	0,0006	0,0000	0,0006	0,0007	0,0008
MAR	YAG20											
MAR	YAG30											
JUN	YAG10											
JUN	YAG20											
JUN	YAG30	0,0006	0,0006	0,0002	0,05	0,0003	0,0004	0,0004	0,0010	0,0006	0,0007	0,0005
DIC	YAG10	0,0006	0,0006	0,0006	0,06	0,0006	0,0006	0,0006	0,0000	0,0006	0,0007	0,0009
DIC	YAG20											
DIC	YAG30											
Cuenca A°. San Miguel												
MAR	SMI10	0,0006	0,0006	0,0007	0,05	0,0005	0,0006	0,0006	0,0000	0,0006	0,0007	0,0008
MAR	SMI20											
JUN	SMI10											
JUN	SMI20	0,0006	0,0006	0,0002	0,05	0,0003	0,0004	0,0004	0,0010	0,0006	0,0007	0,0005
DIC	SMI10	0,0006	0,0006	0,0006	0,06	0,0006	0,0006	0,0006	0,0000	0,0006	0,0007	0,0009
DIC	SMI20											
Cuenca A°. San Luis												
MAR	SLS10											
JUN	SLS10											
DIC	SLS10											

Anexo 7: Fitosanitarios muestreados en la cuenca de la Laguna Merín.

Campaña		Estación	Glifosato	AMPA	CLORDANO trans	CLORDANO cis	CLORPIRIFOS	HEPTACLORO	HEPTACLORO epox	LINDANO	MALATION	ETIL paration	METIL paration	Mirex
			µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Cuenca río Cebollati	MAR	CE00	0,39	0,25	0,0006	0,0006	0,003	0,0006	0,0006	0,0006	0,0009	0,0000	0,012	0,0007
	MAR	CE10												
	MAR	CE20												
	MAR	CE30												
	JUN	CE00												
	JUN	CE10	0,10	0,25	0,0006	0,0006	0,001	0,0004	0,0004	0,0002	0,0060	0,0025	0,005	0,0007
	JUN	CE20												
	JUN	CE30												
	DIC	CE00												
	DIC	CE10												
	DIC	CE20	0,10	0,00	0,0006	0,0006	0,003	0,0006	0,0006	0,0006	0,0009	0,0000	0,002	0,0007
DIC	CE30													
Cuenca río Olimar														
MAR	OG10	0,10	0,25	0,0006	0,0006	0,003	0,0006	0,0006	0,0006	0,0009	0,0000	0,012	0,0000	
MAR	OG20													
JUN	OG10	0,10	0,73	0,0006	0,0006	0,001	0,0004	0,0004	0,0004	0,0002	0,0060	0,0025	0,005	0,0010
JUN	OG20													
DIC	OG10	0,10	0,00	0,0006	0,0006	0,003	0,0006	0,0006	0,0006	0,0009	0,0000	0,002	0,0000	
DIC	OG20													
Cuenca río Tacuari														
MAR	TA10	0,10	0,25	0,0006	0,0006	0,003	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0009	0,0000	0,012	0,0000
MAR	TA20													
MAR	TA30													
JUN	TA10													
JUN	TA20													
JUN	TA30	0,10	0,25	0,0006	0,0006	0,001	0,0004	0,0004	0,0002	0,0060	0,0025	0,005	0,0010	
DIC	TA10													
DIC	TA20													
DIC	TA30													
DIC	TA30													
Cuenca río Yaguarón														
MAR	YAG10	0,10	0,64	<LD	0,0006	0,003	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0009	0,0000	0,012	0,0000
MAR	YAG20													
MAR	YAG30													
JUN	YAG10													
JUN	YAG20													
JUN	YAG30	0,10	0,25	<LD	0,0006	0,001	0,0004	0,0004	0,0002	0,0060	0,0025	0,005	0,0010	
DIC	YAG10													
DIC	YAG20													
DIC	YAG30													
DIC	YAG30													
Cuenca A°. San Miguel														
MAR	SMI10	0,21	0,67	0,0006	0,0006	0,003	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0009	0,0000	0,012	0,0000
MAR	SMI20													
JUN	SMI10	0,10	0,95	0,0006	0,0006	0,001	0,0004	0,0004	0,0004	0,0002	0,0060	0,0025	0,005	0,0010
JUN	SMI20													
DIC	SMI10	0,10	0,00	0,0006	0,0006	0,003	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0009	0,0000	0,002	0,0000
DIC	SMI20													
Cuenca A°. San Luis														
MAR	SLS10													
JUN	SLS10													
DIC	SL S10													

Anexo 8: Meteorología y Pluviometría: Estación meteorológica de Melo

Como dato anexo se adjunta un breve resumen de las condiciones climáticas durante los 30 días previos a cada campaña (y el primer día de esa campaña). Datos extraídos de la estación meteorológica de Melo, mediante la red OGIMET.

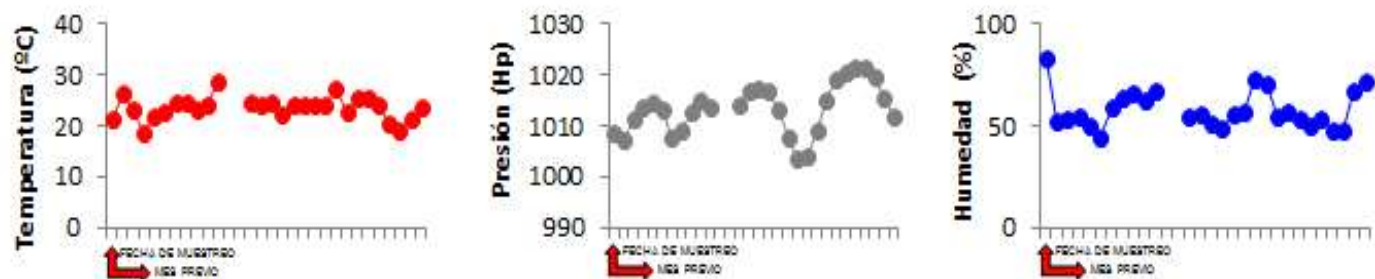
La temperatura ambiente durante 2018 fluctuó entre medias diarias de 8,6 °C y 28,6 °C, con un promedio en las tres campañas de 19,1 °C (Fig. A). La humedad relativa varió entre un mínimo de 44,2 % y un máximo de 97,6 %, con un promedio, en las tres campañas, de 69,5 %. La presión atmosférica tuvo un mínimo en las tres campañas de 1003,9 Hp y un máximo de 1029,2 Hp, con un promedio de 1015,7 Hp. La nubosidad varió entre 0 y 8 octas, con un promedio de 4,2 octas. Estos resultados muestran la alta variabilidad de las condiciones atmosféricas en la región.

El viento mínimo medido fue de 0 Km/h, período de calma registrado en el mes de marzo; el máximo fue de 23,6 Km/h, con un promedio de 10,26 Km/h. La dirección de viento predominante en los períodos considerados fue del cuadrante E, con una marca importante del cuadrante S durante diciembre (Fig. B).

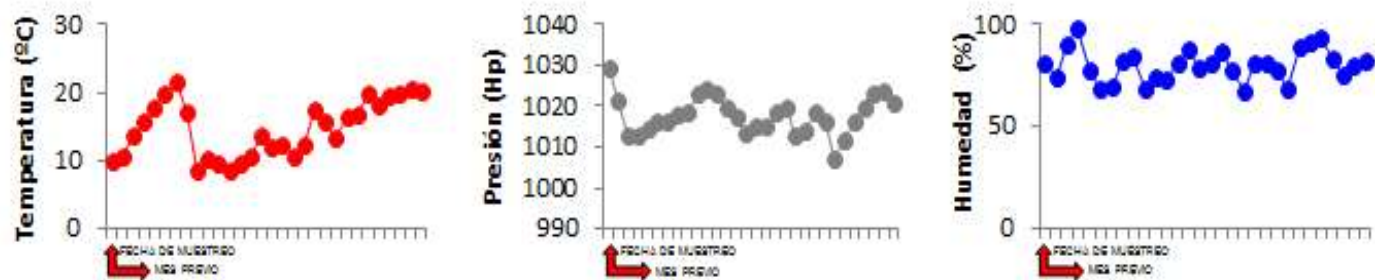
La precipitación fluctuó entre 0 mm y 25,6 mm diarios, con un promedio de 2,4 mm diarios. En las tres campañas se observaron precipitaciones en la semana previa al trabajo de campo; en dos de ellas se produjeron precipitaciones durante el muestreo. Valores bajos, de alrededor de 25 mm en junio diciembre, e inferior en marzo (11,8 mm/día) (Figs. C y D, Tabla A).

Tabla A: Valores extremos y promedio de diferentes variables meteorológicas en la estación meteorológica de Melo

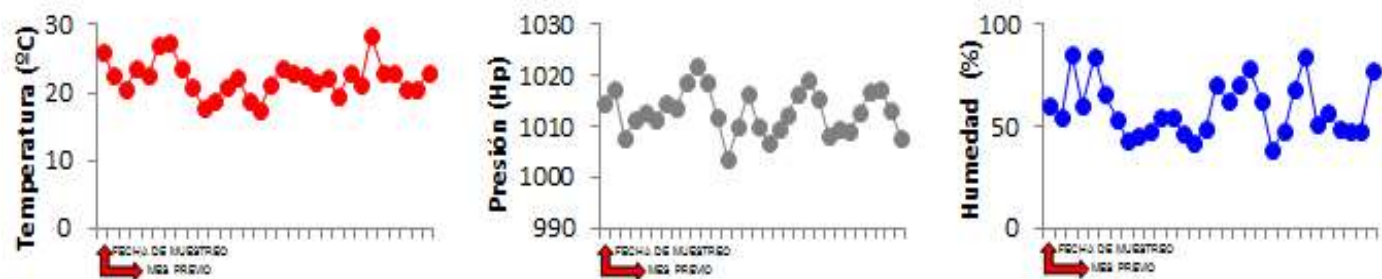
Campaña		Temperatura (°C)	Humedad (%)	Viento (Km/h)	Presión (Hp)	Nubosidad (Oct)	Precipitación (mm)
MARZO	Mínimo	18,8	44,2	0,0	1003,9	0,0	0,0
	Máximo	28,6	82,8	23,6	1021,6	7,0	11,8
	Promedio	23,7	58,2	11,0	1013,5	3,4	1,0
JUNIO	Mínimo	8,6	66,8	1,9	1006,9	0,0	0,0
	Máximo	21,4	97,6	19,6	1029,2	8,0	22,4
	Promedio	14,8	80,1	9,5	1017,7	4,8	2,3
DICIEMBRE	Mínimo	17,4	38,9	6,5	1003,9	0,0	0,0
	Máximo	28,5	86,1	25,0	1022,0	8,0	25,6
	Promedio	22,2	59,0	14,0	1013,1	4,1	4,0
TOTAL TRES CAMPAÑAS	Mínimo	8,6	44,2	0,0	1003,9	0,0	0,0
	Máximo	28,6	97,6	23,6	1029,2	8,0	25,6
	Promedio	19,1	69,5	10,2	1015,7	4,2	2,4



MARZO



JUNIO



DICIEMBRE

Fig. A: Temperatura, presión y humedad atmosféricas en el mes previo al muestreo. Datos extraídos de OGIMET.

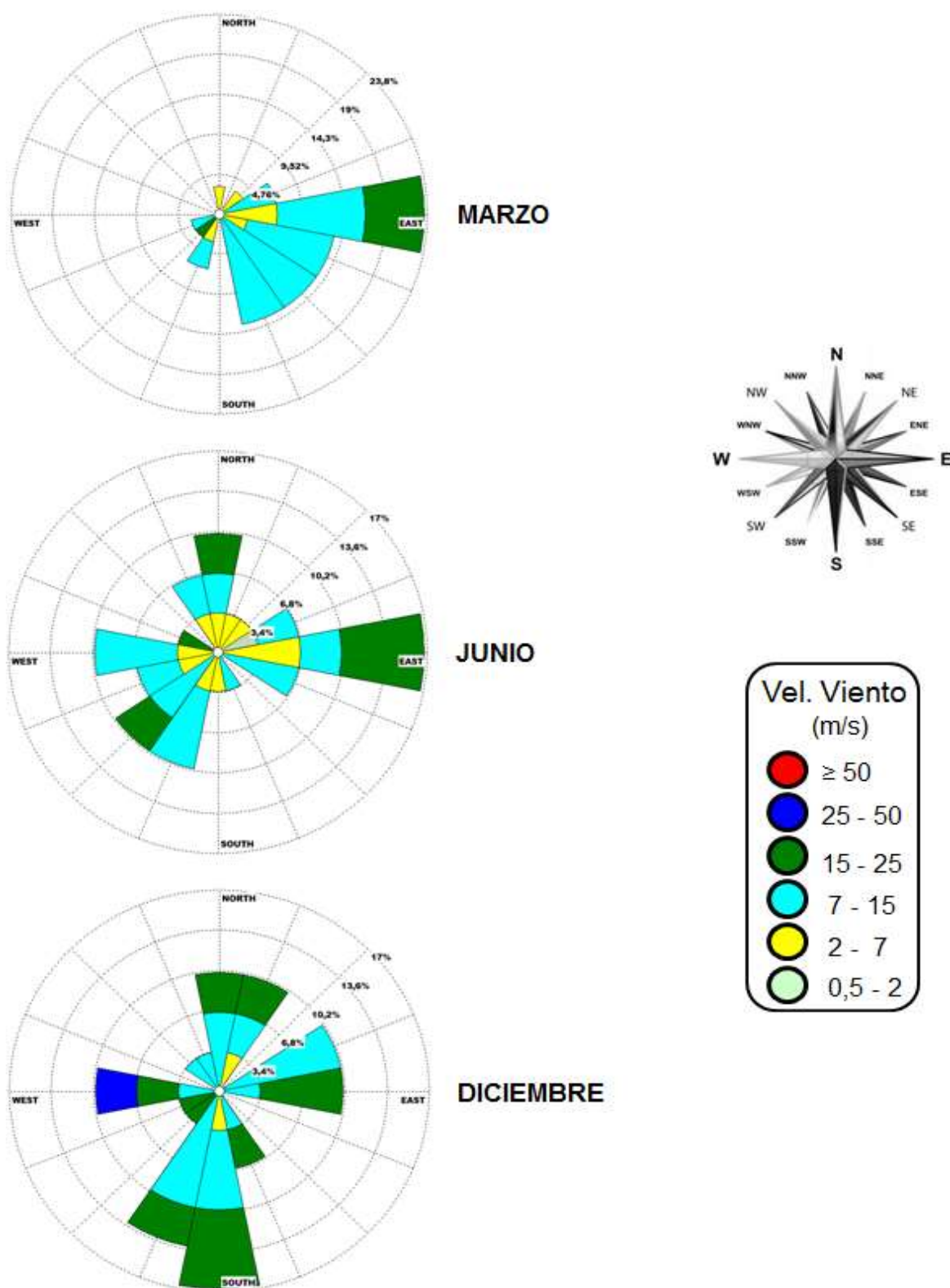


Fig. B: Intensidad y dirección del viento durante los 30 días previos a cada campaña de muestreo. Datos extraídos de OGIMET

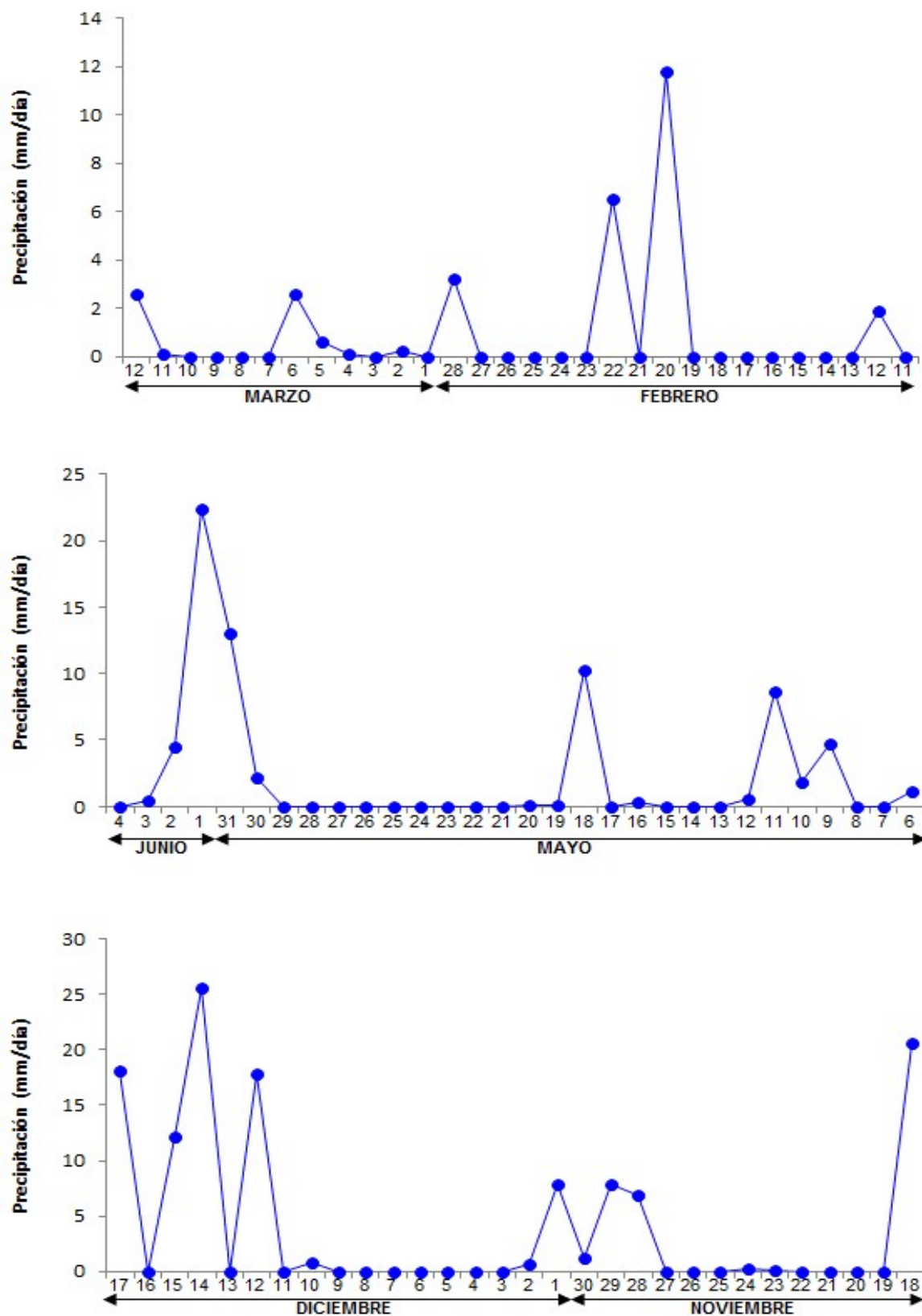


Fig. C: Registros de precipitación en la cuenca de la Laguna Merín durante los 30 días previos a cada campaña. Comienzo de campaña: 27/03, 05/06, 18/09 y 18/12. Datos extraídos de INUMET.

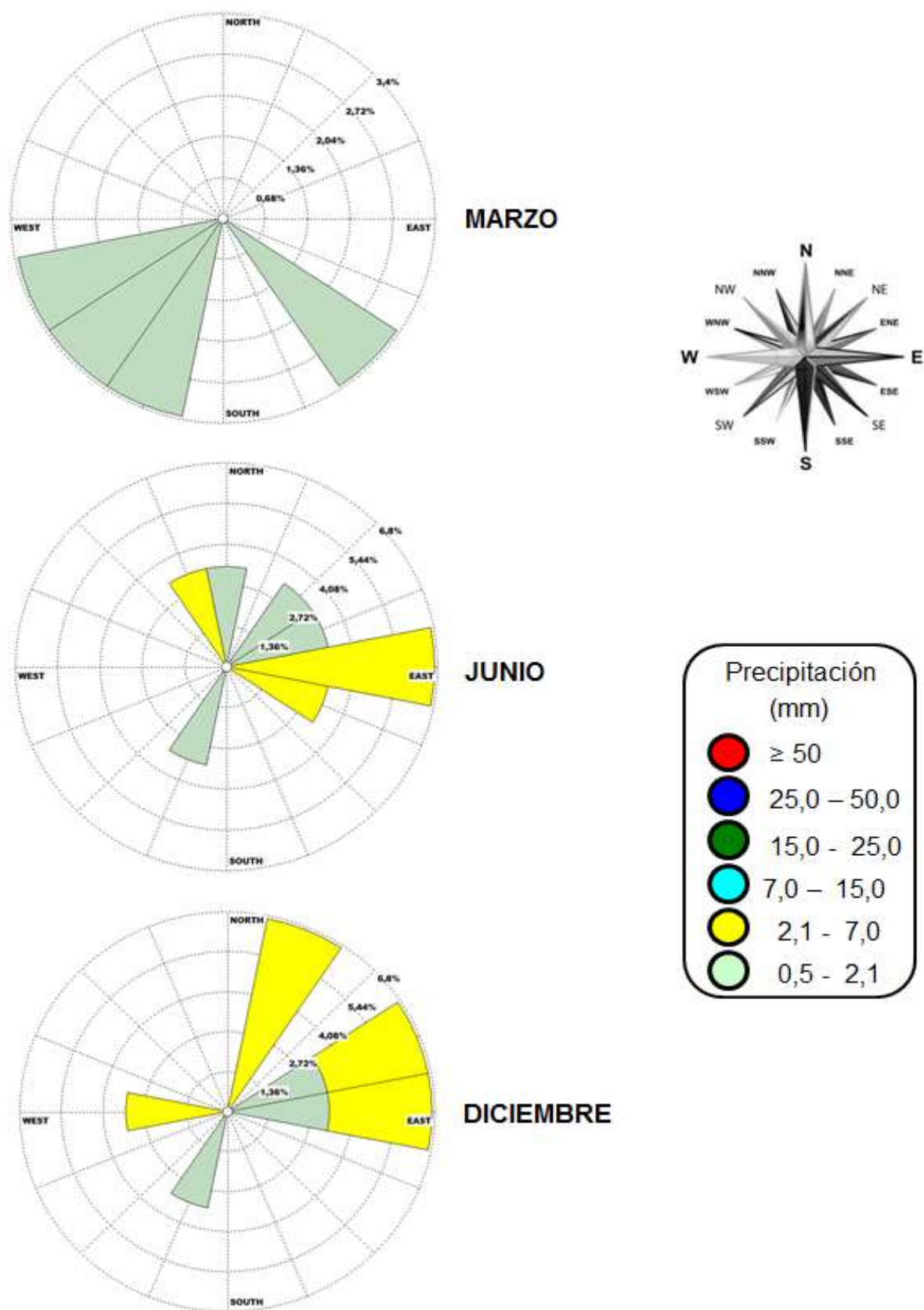


Fig. D: Precipitación y viento predominante durante la misma, en los 30 días previos a cada campaña de muestreo. Datos extraídos de INUMET