



MVOTMA

Ministerio de Vivienda
Ordenamiento Territorial
y Medio Ambiente

Informe Monitoreo de Calidad del Agua de la Cuenca del Río Santa Lucía

Año 2018

Diciembre 2019



Director Nacional de Medio Ambiente

Eduardo Andrés

División Calidad Ambiental

Ing. Luis Reolón

Departamento Seguimiento de Componentes del Ambiente

Ing. Qca. Magdalena Hill

Redacción del Informe:

Lic. Mario Acosta - Lic. Facundo Lepillanca

Responsable del Programa de Monitoreo:

Mario Acosta

Técnicos participantes:

Alejandro Cendón, Guillermo Cervetto, Javier Martínez, Jorge
Rodríguez, Mario Acosta

Análisis de Laboratorio: Dpto. Laboratorio Ambiental
DINAMA

Jefa Laboratorio: Natalia Barboza

Participan Intendencias de:

Canelones, Florida, Lavalleja, y San José

Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1	Objetivo del Informe.....	7
1.2	Diseño del programa de monitoreo	7
1.3	Área de estudio	8
2.	METODOLOGÍA	9
2.1	Estaciones	9
2.2	Frecuencia	10
2.3	Variables	10
2.4	Índices.....	12
2.5	Logística de muestreo	15
3.	RESULTADOS.....	16
3.1	Río Santa Lucía	16
3.1.1	<i>Parámetros físico-químicos.....</i>	17
3.1.2.	Nutrientes	23
3.1.3.	Sólidos.....	26
3.1.4.	Variables Biológicas	27
3.1.4.1.	Coliformes Termotolerantes (Ct).....	27
3.1.5.	AOX.....	28
3.1.6.	Síntesis del río Santa Lucía.....	28
3.2.	Río Santa Lucía Chico	29
3.2.1.	Parámetros fisicoquímicos	29
3.2.3.	Nutrientes	35
3.2.3.1.	Nitrogenados	35
3.2.4.	Sólidos.....	38
3.2.5.	Variables Biológicas	39
3.2.5.3.	Coliformes Termotolerantes (Ct).....	39
3.2.6.	Síntesis Santa Lucía Chico	40
3.3.	Embalse Paso Severino.....	41
3.3.1.	Parámetros fisicoquímicos	41
3.3.3.	Nutrientes	46
3.3.4.	Sólidos.....	49
3.3.4.1.	Sólidos suspendidos totales (SST)	49
3.3.4.2.	Sólidos totales (ST)	50
3.3.5.	Variables Biológicas	50
3.3.5.3.	Coliformes termotolerantes (Ct).	52

3.3.7. AOX.....	53
3.3.8. Síntesis Embalse Paso Severino.	53
3.4. Río San José.....	54
3.4.1. Parámetros fisicoquímicos.	54
3.4.3. Nutrientes	60
3.4.4. Sólidos.....	63
3.4.5. Variables Biológicas	64
3.4.5.1. Coliformes Termotolerantes (Ct).....	64
3.4.6. AOX.....	65
3.4.7. Síntesis Río San José.....	66
3.5.1. Ao. Canelón Grande	67
3.5.1.1. Parámetros físico-químicos.....	68
3.5.1.2. Transparencia	72
3.5.1.3. Nutrientes.....	73
3.5.1.3.1. Nitrogenados	73
3.5.1.4. Sólidos.....	75
3.5.1.5. Variables Biológicas.....	76
3.5.1.5.3. Coliformes Termotolerantes (Ct).....	76
3.5.1.6. AOX	77
3.5.1.7. Síntesis del Ao. Canelón Grande	78
3.5.3. Embalse Canelón Grande.....	78
3.5.3.1. <i>Parámetros fisicoquímicos</i>	79
3.5.3.2. Transparencia	84
3.5.3.3. <i>Nutrientes</i>	84
3.5.3.3.1. Nitrogenados	84
3.5.3.3.2. Nitrógeno Total (NT).....	85
3.5.3.4. Sólidos.....	87
3.5.3.5. Variables biológicas.....	88
3.5.3.5.3. Coliformes Termotolerantes (Ct).....	89
3.5.3.6. AOX	90
3.5.3.7. Síntesis Embalse Canelón Grande.	90
3.5.2. Arroyo Canelón chico	91
3.5.2.1. Parámetros fisicoquímicos.....	91
3.5.2.2. Transparencia	96
3.5.2.3. Nutrientes.....	96
3.5.2.3.1. Nitrogenados	96

3.5.2.3.2. Nitrógeno Total (NT).....	97
3.5.2.4. Sólidos.....	99
3.5.2.5.1. Coliformes Termotolerantes (Ct).....	100
3.5.2.6. AOX	101
3.5.2.7. Síntesis Arroyo Canelón Chico.....	101
3.6. Arroyo Colorado	102
3.6.1. Parámetros físico-químicos	102
3.6.3. Nutrientes	107
3.6.3.1 Nitrogenados	107
3.6.3.2. Nitrógeno Total (NT)	107
3.6.4. Sólidos.....	109
3.6.5. Variables Biológicas	110
3.6.5.1. Coliformes Termotolerantes (Ct).....	110
3.6.8. Síntesis Arroyo Colorado	110
3.7. Arroyo de la Virgen	111
3.7.1. Parámetros fisicoquímicos	111
3.7.3. Nutrientes	116
3.7.4. Sólidos.....	118
3.7.5. Variables Biológicas	118
3.7.5.3. Coliformes Termotolerantes	118
3.7.7. AOX.....	119
3.7.8. Síntesis Arroyo de la Virgen.....	119
4. Compuestos orgánicos	120
5. Índices de Calidad de Agua.....	120
5.1. Índice de Calidad de Agua (IQA)	121
5.2. Índice de estado Trófico (IET)	123
7. REFERENCIAS.....	127
Anexo	128

1. INTRODUCCIÓN

El sistema “cuenca del Río Santa Lucía” es un ambiente complejo integrado por las subcuencas de los ríos Santa Lucía Chico, San José Canelón, Grande y Chico, Arroyo de la Virgen, Arroyo Colorado y otros tributarios. Constituyen uno de los sistemas fluviales más importantes del país por sus características ecológicas, su ubicación y su función. Entre otras características, es la fuente de agua potable para casi la mitad de la población nacional, incluyendo al área metropolitana de Montevideo y ciudades próximas, además de ser una fuente de agua de riego para la zona de actividad agroindustrial más intensa del país. El sistema del río Santa Lucía se ve afectado por una serie de factores que constituyen “entradas” que impactan al sistema y determinan procesos de transformación que ocurren tanto en el territorio como en los cursos de agua.

Debido a la importancia de este sistema, el MVOTMA ha realizado esfuerzos por determinar el estado ambiental de la cuenca hidrográfica, evaluando los impactos a los que está sometido y tratando de estimar las respuestas que el sistema puede dar en diferentes escenarios. La complejidad de este sistema, asociado a las variaciones propias del ambiente (clima anual, ciclos climáticos, cambios en los sistemas productivos), hace que la evaluación de la calidad del agua, así como la estimación de las respuestas a diferentes impactos, constituya un trabajo de largo plazo y de múltiples instituciones.

Este programa surgió en 2011 como un nuevo diseño de monitoreo (o rediseño) que se lleva adelante desde entonces y que se ha mantenido hasta la fecha, lo que permite evaluar en el largo plazo cuál es la calidad del agua en la cuenca.

A partir de junio de 2013 el MVOTMA pone en práctica en la cuenca hidrográfica del Río Santa Lucía un “Plan de acción para la protección de la calidad ambiental y la disponibilidad de las fuentes de agua potable”. Dicho Plan define dos zonas en la cuenca (Figura 1) que ordenan las prioridades para su gestión, a efectos de adoptar las medidas tendientes a alcanzar los objetivos de calidad de aguas que se establecen para cada una:



Figura 1. Zonas A (verde) y B (naranja) definidas para la gestión de la cuenca del sistema Río Santa Lucía.

ZONA (A): Objetivo de uso preponderante “Fuente de Agua Potable”.

ZONA (B): Objetivo de uso preponderante “Conservación de la flora y fauna hídrica”.

1.1 Objetivo del Informe

El objetivo de este trabajo es realizar una evaluación global de la calidad del agua del sistema cuenca del río Santa Lucía, ordenada por subcuencas de orden 2.

1.2 Diseño del programa de monitoreo

El programa de monitoreo actual surge en 2011 como mejora del primer programa de monitoreo realizado en la cuenca entre los años 2004 y 2010. El mismo se basa en las siguientes premisas:

- Considerar como base de la información lo aprendido en los períodos previos de la Cooperación JICA-DINAMA. Dar continuidad a los datos obtenidos desde el programa inicial. Estructurar el nuevo programa en base a subcuencas hidrográficas.
- Estructurar el monitoreo en Niveles de acuerdo al objetivo de estudio.
- Los niveles a los que refiere el rediseño, tienen relación con el tipo de información que se pretende obtener de los diferentes tipos de estaciones. En la Tabla I se describen los niveles de monitoreo que se vienen ejecutando.

Tabla I. Niveles de Monitoreo de acuerdo con el objetivo del programa de vigilancia (JICA-DINAMA 2010, N°4)

Nivel 1	Estaciones ubicadas a lo largo de los 4 cauces principales, para determinar la calidad de los ríos principales.
Nivel 2	Estaciones ubicadas dentro o a la salida de subcuencas que se sabe reciben altas cargas hidráulicas o contaminantes.
Nivel 3	Estaciones ubicadas en los embalses Canelón Grande y Paso Severino.
Nivel 4	Estaciones ubicadas aguas arriba y abajo de los puntos de interés relativos a la contaminación.

1.3 Área de estudio

La cuenca del Río Santa Lucía, tiene una extensión de 13310 km² y es la tercera en importancia territorial del país. Está formada –mayormente- por los valles correspondientes a los ríos San José al Oeste, Santa Lucía Chico en el centro, Santa Lucía desde el Este y otras subcuencas menores hacia el sur.

De acuerdo con la organización del Programa de Monitoreo en niveles de muestreo, las estaciones fueron situadas en puntos estratégicos de las subcuencas. En la Figura 2 se muestra la ubicación de las estaciones de muestreo y la subcuenca donde se encuentran.

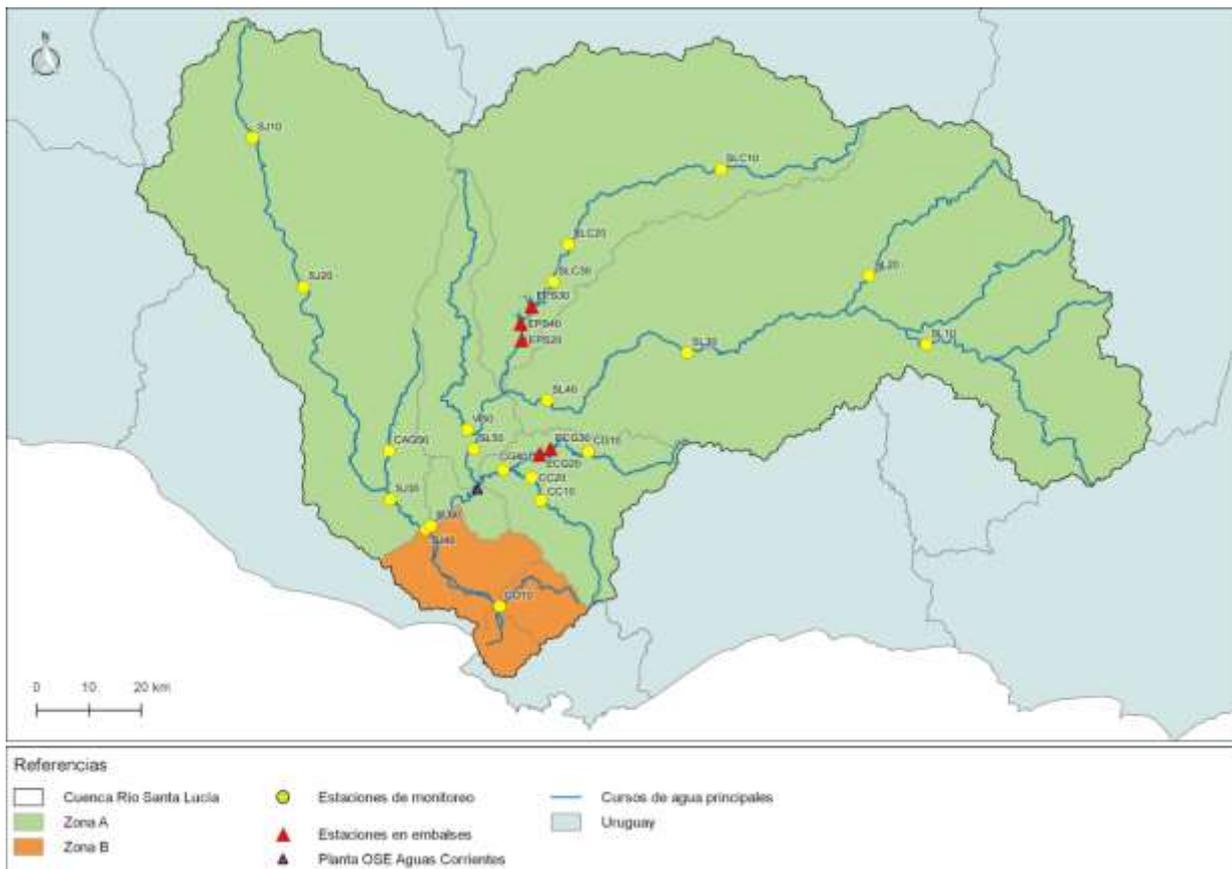


Figura 2. Cuenca del Río Santa Lucía diferenciada en las subcuencas que la componen y la ubicación de las estaciones de monitoreo consideradas para este informe.

2. METODOLOGÍA

2.1 Estaciones

En cada sub-cuenca se definieron estaciones de monitoreo que corresponden al Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3; según las características de las mismas. En la tabla II, se indican los niveles de monitoreo realizados en cada subcuenca y la nomenclatura de las estaciones seleccionadas (las nomenclaturas de las estaciones fueron modificadas en 2019, ver ANEXO). En cada estación, se tomaron muestras subsuperficiales de agua.

Tabla II. Nomenclatura y distribución de las estaciones de muestreo de acuerdo a la subcuenca donde se ubican y al Nivel de monitoreo. (Anexo 1 se presenta la correlación con la nomenclatura anterior)

SUBCUENCA	Río Santa Lucía	Río Santa Lucía chico	Río San José	Ao. Canelón	Ao. Colorado	Ao. de la Virgen
	SL10	SLC10	SJ10	CC10		
	SL20	SLC20	SJ20	CC20		
Estaciones de Nivel 1	SL30	SLC30	SJ30	ECG20		
	SL40	SLC40	SJ40	CG40		
	SL50					
	SL60					
Estaciones de Nivel 2			CAG50		CO10	V150
		Paso Severino		Canelón Grande		
Estaciones de Nivel 3		SLC30		CG10		
		EPS20		ECG20		
		EPS30		ECG30		
		EPS40				

La ubicación geográfica de estos puntos se describe en la tabla III.

Tabla III: Ubicación geográfica de las estaciones monitoreadas en la cuenca del río Santa Lucía.

TRIBUTARIO	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD
Santa Lucía	SL10	-34.266.969	-55.454.623
	SL20	-34.146.820	-55.574.159
	SL30	-34.281.214	-55.954.939
	SL40	-34.364.333	-56.249.056
	SL50	-34.449.417	-56.402.222
	SL60	-34.582.607	-56.493.001
Santa Lucía Chico	SLC10	-33.960.907	-55.884.337
	SLC20	-34.091.667	-56.203.968
	SLC30	-34.157.475	-56.235.501
Embalse Paso Severino	EPS20	-34.264.086	-56.305.456
	EPS30	-34.195.806	-56.282.639
	EPS40	-34.235.581	-56.297.925
San José	SJ10	-33.905.497	-56.866.533
	SJ20	-34.166.814	-56.759.683
	SJ30	-34.536.846	-56.577.726
	SJ40	-34.588.411	-56.502.325
	CAG50	-34.452.158	-56.580.195
Canelón Grande	CG10	-34.453.828	-56.162.772
	CG40	-34.484.736	-56.341.016
Canelón Chico	CC10	-34.538.192	-56.261.687
	CC20	-34.538.192	-56.281.941
Embalse Canelón Grande	ECG20	-34.458.717	-56.264.986
	ECG30	-34.448.867	-56.241.606
Ao. Colorado	CO10	-34.721.983	-56.348.000
Ao. de la Virgen	VI50	-34.415.567	-56.416.061

2.2 Frecuencia

El monitoreo está diseñado para realizarse con una frecuencia bimestral, a fin de obtener seis datos al año. Durante el año 2018 se realizaron los seis muestreos previstos de forma normal.

2.3 Variables

Las variables de calidad de agua incluidas en este programa se presentan en la Tabla IV y por punto de muestreo en la Tabla V; algunas están incluidas en el Decreto 253/79 y modificativos (Tabla IV), a las que se agregaron otras, por considerar que proporcionan información relevante para los objetivos del monitoreo. En tal sentido para nitritos (NO_2^-) se consideró como valor de referencia el sugerido en el documento GESTA-Agua (2014) como objetivo de calidad (límite máximo) para aguas superficiales, siendo este valor de concentración de 0.1 mgN L^{-1} . Para el fósforo total se tuvieron en cuenta dos valores de referencia. El valor estándar que establece el Decreto 253/79 ($0.025 \text{ } \mu\text{g P L}^{-1}$) y un valor guía sugerido por el GESTA-Agua (2014), para sistemas fluviales que no sean afluentes de sistemas lenticos, de $0.070 \text{ } \mu\text{g P L}^{-1}$. Para el nitrógeno total, se utilizó el estándar de la Mesa Técnica del Agua (MTA) el cual es de 1 mg/L .

A partir de octubre de 2018 se inició el muestreo de Sólidos Totales (ST) en todas las estaciones monitoreadas.

Entre los compuestos orgánicos que se analizan y que no se encuentran en el Decreto 253/79 o en la propuesta GESTA- Agua, se encuentran los AOX, para los que se toman valores de referencia internacional (Tabla IV).

Las características de la cuenca y los usos del suelo asociados hacen que el uso intensivo de productos agroquímicos este extendido en toda el área. El conocimiento de cuáles son los productos más utilizados y la necesidad de desarrollos analíticos para su determinación hicieron que a partir de julio de 2013 se decidiera comenzar a analizar estos compuestos en las estaciones EPS20, SL50, SL60, SJ40, CAG50 y CG40, agregando a partir de 2015, VI50 (Figura 3).



Figura 3. Estaciones de monitoreo en las cuales se realizan análisis de orgánicos y AOX durante el año 2018

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 (línea continua roja en gráfico), normativa propuesta en GESTA agua (2014) y MTA aplicada en este trabajo (línea punteada verde en gráficos).

	Parámetro	Abreviatura	Unidad	Decreto 253	GESTA 2014	MTA	Otros
Características Físicoquímicas	Oxígeno disuelto	OD	mg/L	≥ 5	-	-	-
	Porcentaje - saturación de O ₂	SatO2	%	-	-	-	-
	Potencial de hidrógeno	pH	-	6,5-8,5	-	-	-
	Conductividad	Conduc	μS/cm	-	-	-	-
	Temperatura	T	°C	-	-	-	-
	Turbiedad	Turb	NTU	≤ 50	-	-	-
	Sólidos suspendidos totales	SST	mg/L	-	-	-	-
	Sólidos totales	ST	mg/L	-	-	-	-
	Demanda biológica de oxígeno	DBO5	mg O ₂ /L	≤ 10	-	-	-
Compuestos halogenados adsorbibles	AOX	μg/L	-	-	-	≤ 25 *	
Nutrientes	Fósforo reactivo soluble	PO4	μg PO ₄ -P/L	-	-	≤ 35	-
	Fósforo total	PT	μg P/L	≤ 25	≤ 70	-	-
	Nitrato	NO3	mg NO ₃ -N/L	≤ 10	-	-	-
	Nitrito	NO2	mg NO ₂ -N/L	≤ 0,1	-	-	-
	Nitrógeno amoniacal	NAmoniacal	mg NH ₄ - N/L	-	-	-	-
	Amonio Libre	NH3	mg/L	≤ 0,02	-	-	-
	Nitrógeno total	NT	mg N/L	-	-	< 1	-
Biológicos	Clorofila a	Clo a	μg/L	-	-	-	-
	Feofitina a	Feo a	μg/L	-	-	-	-
	Coliformes termotolerantes	TermoTMF	UFC/100ml	≤ 2000**	-	-	-
Fitosanitarios	Glifosato	Glifosato	μg/L	-	≤ 0,65	-	-
	Ácido amino-metil-fosfónico	AMPA	μg/L	-	-	-	-
	Endosulfano	Endoα	μg/L	-	sumados ≤ 0,02	-	-
	Endosulfanβ	Endoβ	μg/L	-		-	-
	Endosulfan SO4	EndoSO4	μg/L	-		-	-
	Atrazina	Atrazina	μg/L	-	≤ 1,8	-	-

* República Federal de Alemania

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

Tabla V: Parámetros analizados por puntos de muestreo en 2018. Los cuadros en gris refieren a parámetros no analizados en esas estaciones.

	Niveles	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	
	Puntos	CC10	CC20	CG40	CG10	SLC30	SJ10	SJ20	SJ30	SJ40	SL10	SL20	SL30	SL40	SL50	SL60	SLC10	SLC20	VI50	CO10	CAG50	ECG20	ECG30	EPS20	EPS30	EPS40	
Características Físico - químicas	OD	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	SatO2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	pH	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Conduc	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	T	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Turbidez	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Transparencia																										
	SST	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	ST	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	AOX			•						•					•	•				•		•			•		
	DBO5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Nutrientes	NO ₂	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	NO ₃	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	NamoniacaI	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	NT	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	PO ₄	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	PT	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Biológicos	Clorofila a				•	•													•			•	•	•	•	•	
	Feofitina a				•	•													•			•	•	•	•	•	
	Ecoli																		•								
	TermoTMF	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Orgánicos	6 activos			•					•					•	•			•		•			•				

2.4 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 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 utilizan dos fórmulas de Lamparelli (2004):

Para ríos/arroyos:

$$10 * (6 - ((0.42 - 0.36 * (\ln(PT) \ln(2)))))) - 20$$

Para lagos/embalses

$$TSI(TP)_{tsr} = 10 \left[6 - \left(\frac{-0.27637 \ln TP + 1.329766}{\ln 2} \right) \right]$$

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

Tabla VI. 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	≤ 0,013	≤ 47
Oligotrófico	0,013 < PT ≤ 0,035	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	0,035 < PT ≤ 0,137	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	0,137 < PT ≤ 0,296	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	0,296 < PT ≤ 0,640	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	> 0,640	> 67

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). 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. Uruguay adopta por recomendación de Quintans (2015) el índice IQA:

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

Donde:

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

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

Wi: 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 VII).

Tabla VII: 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
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 VIII).

Tabla VIII. 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	

2.5 Logística de muestreo

La realización de los muestreos está a cargo del Departamento Seguimiento Componentes del Ambiente (DSCA) y éste coordina con el Laboratorio de la DINAMA y con las Intendencias Departamentales (Direcciones de Higiene o Gestión Ambiental según corresponda) de los Departamentos de la cuenca hidrográfica: Canelones, Florida, Lavalleja y San José. Los mismos se realizan durante 4 días en una semana, cada dos meses.

Participan en las tareas de muestreo técnicos de DINAMA-DSCA que van al campo en conjunto con los técnicos (de campo y laboratorio) de las diferentes Intendencias Departamentales involucradas (Tabla IX) y técnicos del Dpto. de Laboratorio Ambiental de DINAMA en la recepción y análisis del material.

Tabla IX. Monitoreo de las Intendencias departamentales en las diferentes estaciones y variables analizadas.

Canelones Coliformes Termotolerantes y DBO5	Florida Coliformes Termotolerantes	Lavalleja Coliformes Termotolerantes	San José Coliformes Termotolerantes
CG10	SLC10	SL10	CAG50
CG40	SLC20	SL20	CO01
CC10	SLC30		SL60
CC20	EPS20		SJ20
ECG20	EPS30		SJ30
ECG30	EPS40		SJ40
SL30			
SL40			
SL50			

3. RESULTADOS

En este capítulo, se presentan los resultados de las variables ambientales medidas *in situ* y de las analizadas en el laboratorio, en los diferentes muestreos realizados durante el año 2018 según se detalla en cada caso. Se muestra la evolución de las diferentes variables a lo largo del año y la variación espacial en cada uno de los puntos de muestreo. Se comparan los resultados con los del año previo.

3.1 Río Santa Lucía

En esta sub-cuenca se tienen seis estaciones de monitoreo, según se muestra en la Figura 4. La estación SL20 (Arroyo Casupá) es un tributario del río Santa Lucía, el cual se muestra por separado en los gráficos siguientes.



Figura 4. Localización de las estaciones de muestreo del río Santa Lucía.

3.1.1 Parámetros físico-químicos.

3.1.1.1 Temperatura.

La temperatura del agua varió entre un máximo de 26.7 °C (SL60, febrero), un mínimo de 10.6 °C (SL20, junio), un promedio en el año de 18.6 °C y mediana de 21.3 °C (Figura 5).

El comportamiento de la temperatura es similar a la de 2017, aunque siempre fue inferior durante 2018 (Figura 5), esta diferencia se refleja en los promedios calculados, de 18.4 °C en 2017 y 17.4 °C en 2018.

La variación espacial de la temperatura muestra homogeneidad a lo largo del curso principal del río Santa Lucía. Los rangos de variación también son similares en todas las estaciones.

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

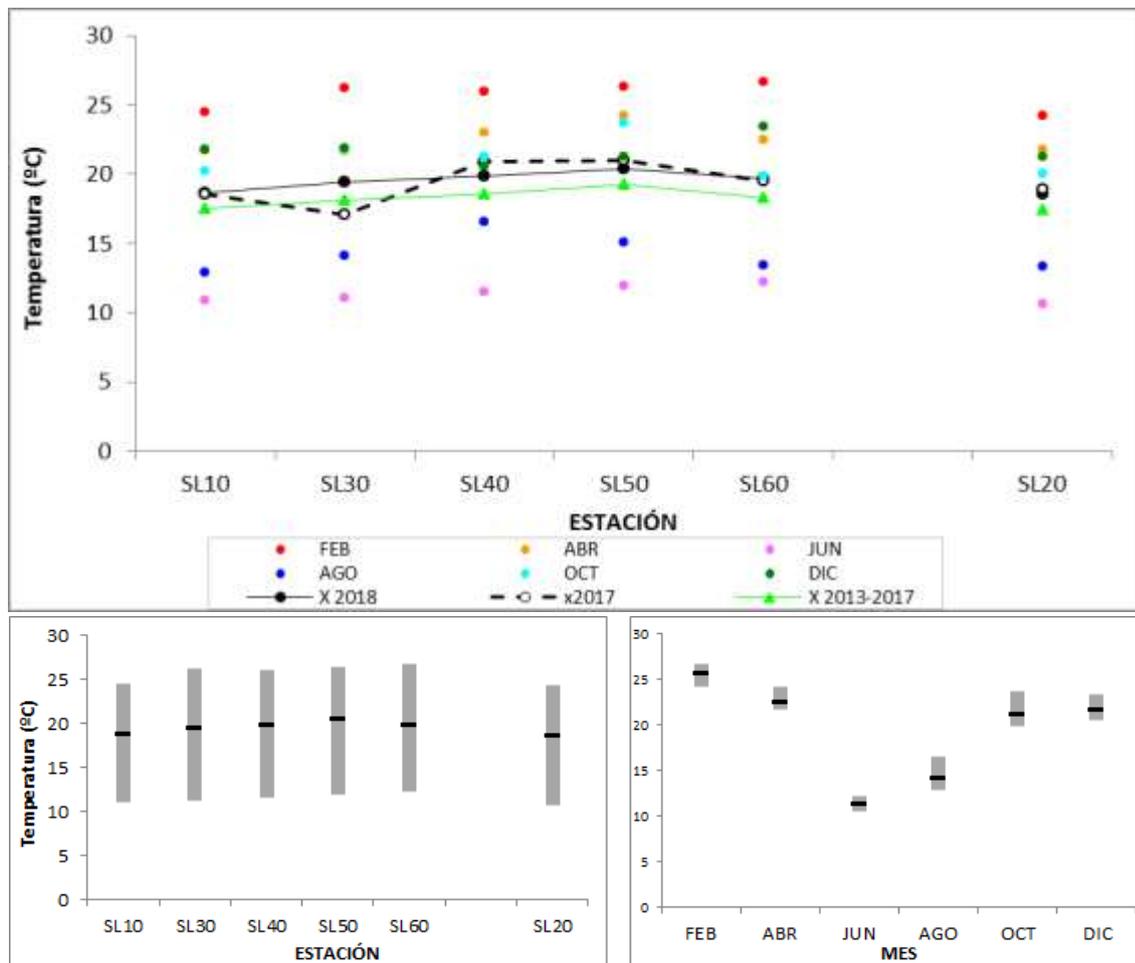


Figura 5. Superior: Fluctuaciones de Temperatura en el río Santa Lucía.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y comparación temporal (derecha) de la temperatura en el río Santa Lucía durante 2018.

3.1.1.2 Conductividad.

La conductividad del agua se caracterizó por un máximo de 456.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (SL60, febrero), un mínimo de 112.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (SL10, junio), el promedio fue de 284.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una mediana de 257.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 6).

El comportamiento de la conductividad es equivalente al de 2017, con promedios 283.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2017 y 284.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018. Asimismo, los valores de conductividad registrados en 2018 fueron mayores a los registrados en los últimos 5 años, lo que se refleja en los promedios, 251.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el lustro y 284.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018.

No se aprecia una variación espacial, los promedios y rangos de variación son variables en las seis estaciones. A pesar de no apreciarse una variación espacial, se percibe una ligera tendencia a la disminución de la conductividad hacia la desembocadura (Figura 6).

Respecto a la variación temporal se observan conductividades mayores meses cálidos y menores en los meses fríos.

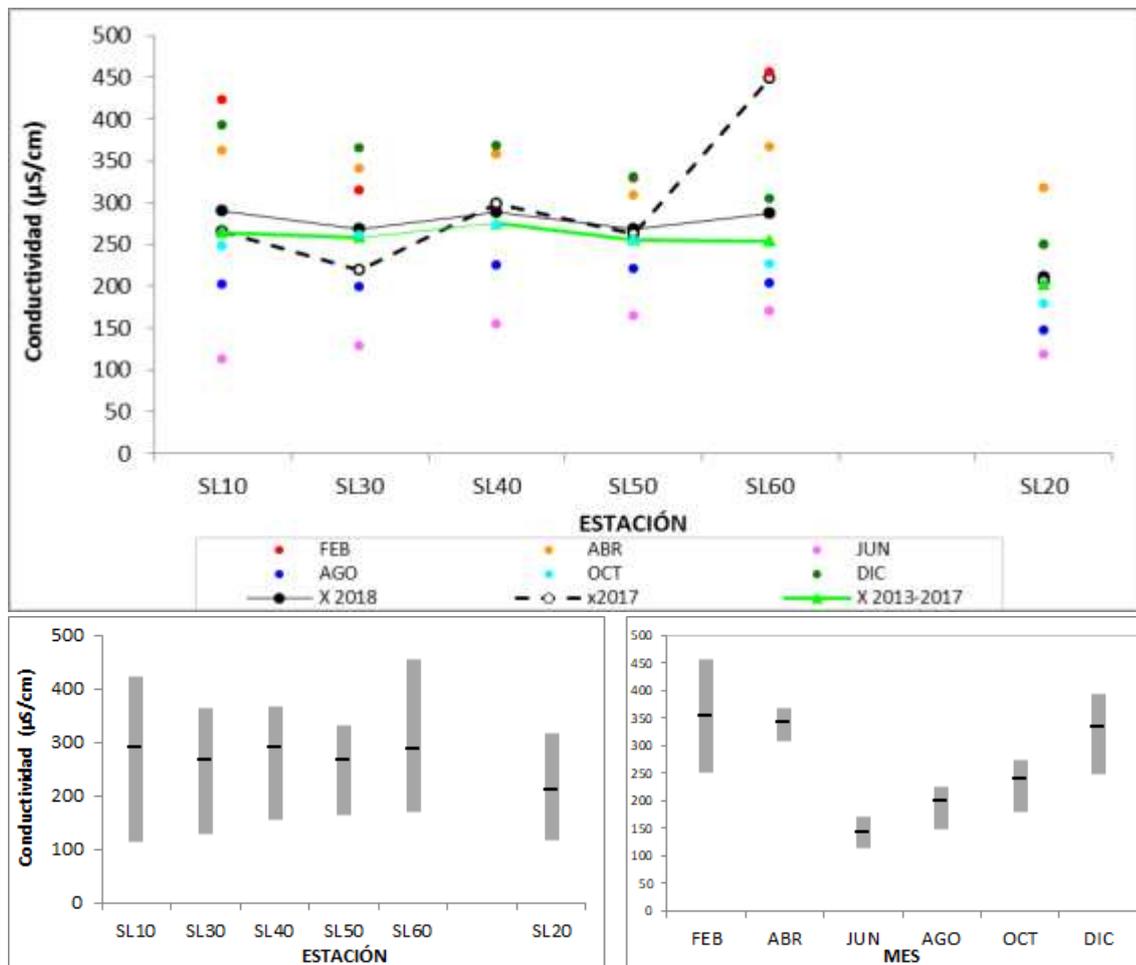


Figura 6. Superior: Fluctuaciones de Conductividad en el río Santa Lucía.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la conductividad en el río Santa Lucía durante 2018.

3.1.1.3. pH.

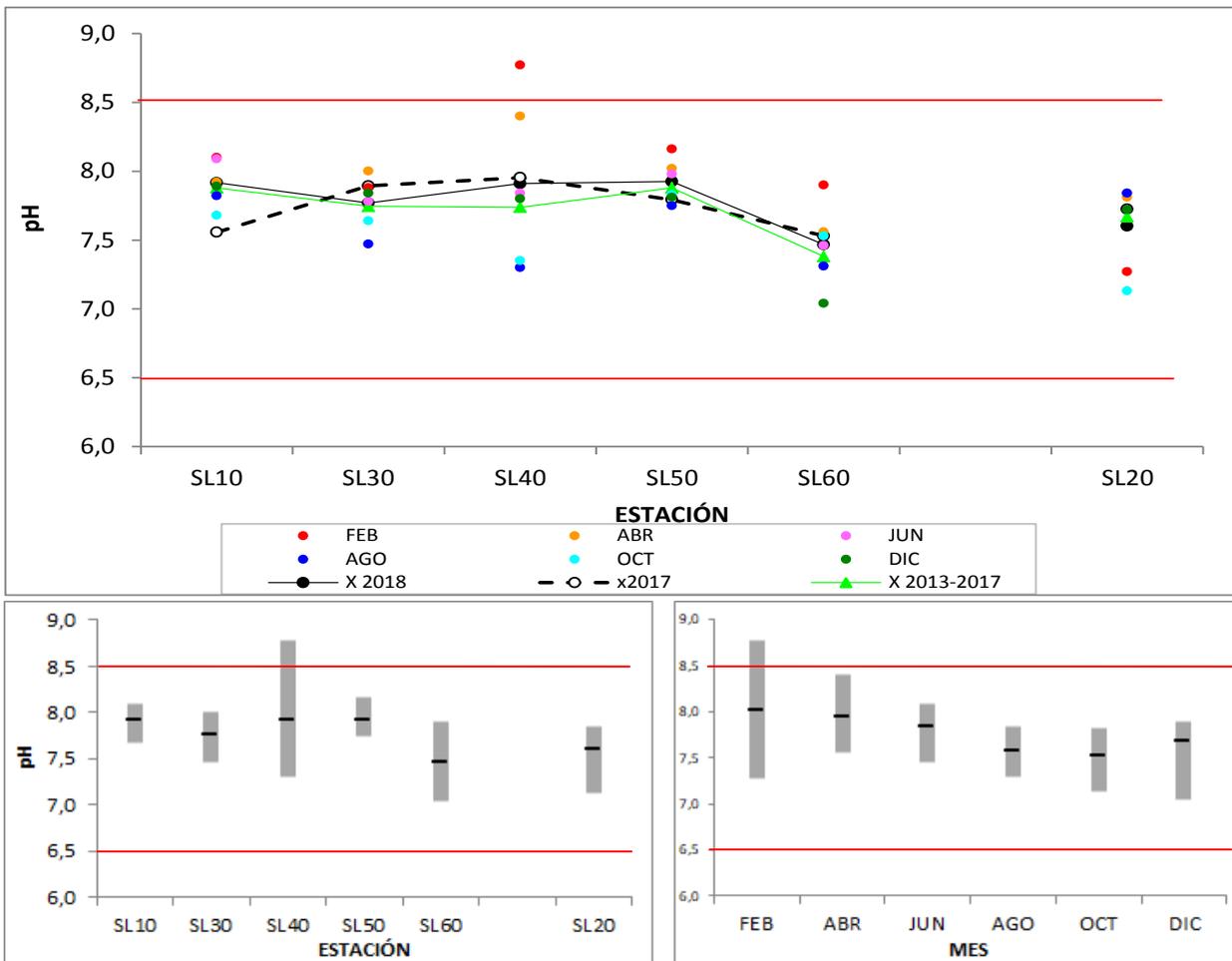
El pH del río Santa Lucía durante 2018 fue predominantemente levemente básico, con un máximo de 8.77 (SL40, febrero), un mínimo de 7.04 (SL60, diciembre), un promedio anual de 7.90 y mediana de 7.8 (Figura 7).

Las curvas anuales de pH muestran que los valores promedio fueron más altos durante 2018. Esta diferencia se refleja en los promedios anuales, 7,74 en 2017 y 7,90 en 2018. Asimismo, las curvas anuales de pH del último lustro muestran valores promedios más bajos que en 2018, lo que se refleja en los promedios, 7.70 en el lustro y 7.90 en 2018.

No se aprecia una variación espacial clara, los promedios y rangos de variación son variables en las seis estaciones. A pesar de no apreciarse una variación espacial, se percibe una ligera tendencia a la disminución del pH hacia la desembocadura (Figura 7).

La variación temporal del pH es escasa. Se observa un rango de variación un poco mayor en los meses más cálidos.

En un solo caso que representa el 3% no se cumplió la norma establecida (6.5 - 8.5) para aguas naturales (clase 3).



3.1.1.4. Oxígeno disuelto (OD).

El OD en el agua se situó en valores extremos de 12.64 mg/l de máximo (SL40, febrero) y 2.23mg/l de mínimo (SL20, febrero), un promedio y mediana anual de 8.70 mg/l (Figura 8).

La distribución interanual de la concentración de OD es homogénea, observándose curvas de perfil muy similar, siempre con valores levemente mayores durante 2018, lo que se refleja en los promedios anuales, de 7.81 mg/l para 2017 y 8.70 mg/l para 2018. Asimismo, se observan curvas de perfil similares, respecto al lustro con valores mayores durante el año 2018, lo que se refleja en los promedios, 7.50 mg/l para el lustro y 8.70 mg/l para 2018.

No se aprecia una variación espacial clara, los promedios y rangos de variación son variables en las seis estaciones. A pesar de no apreciarse una variación espacial, se percibe una ligera tendencia a la disminución de la concentración de OD hacia la desembocadura (Figura 8).

Temporalmente la concentración del OD en el río Santa Lucía es estable, siempre en valores elevados, con concentraciones superiores en aguas más frías.

Las concentraciones de OD se encuentran en casi todos los casos por encima del valor mínimo aceptable fijado en el Decreto 253/79 y modificativos, indicando un buen nivel de oxigenación del cuerpo de agua. En una sola ocasión se observó un valor por debajo del Decreto 253/79 y modificativos con un valor de 2.23 mg/l dicho valor fue registrado en el punto SL20 en el mes de febrero del 2018, produciendo un 3 % de incumplimiento de la norma.

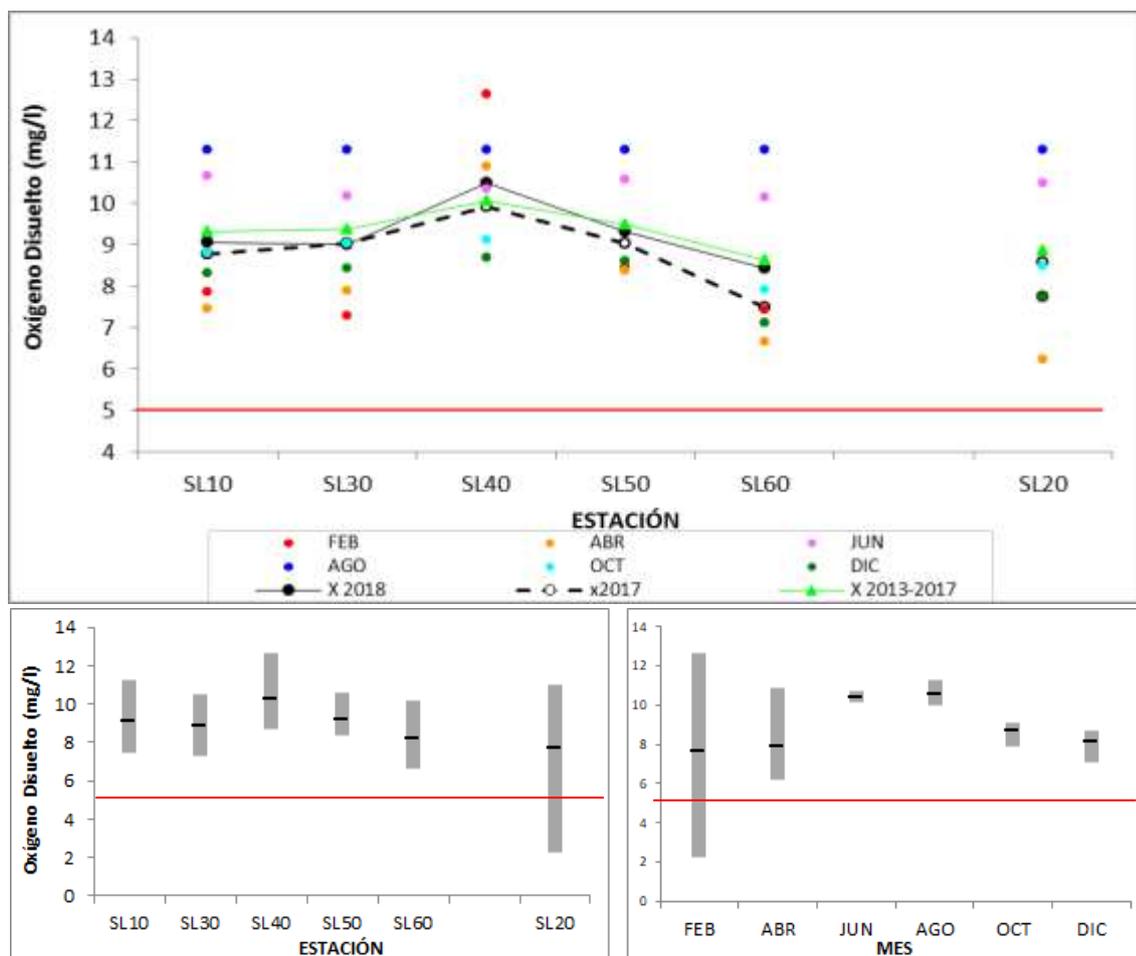


Figura 8. Superior: Fluctuaciones del oxígeno disuelto en el río Santa Lucía.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del oxígeno disuelto en el río Santa Lucía durante 2018.

--- .La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.1.1.5. DBO₅

Los niveles de la Demanda Biológica de Oxígeno se ubicaron entre un máximo de 5.00 mg/l, un mínimo de 0.42 mg/l (SL60, octubre), con un promedio anual de 3.30 mg/l y una mediana de 4.15 mg/l.

Los valores de DBO₅ fueron muy similares a los del año precedente, produciendo promedios de 3.20 mg/l en 2017 y de 3.30 mg/l en 2018. Con respecto al lustro los promedios son similares, siendo los mismos de 3.20 mg/l

A pesar de estas bajas concentraciones en la cuenca baja, la tendencia general es al aumento de la DBO₅ a lo largo del curso del río.

A pesar de las fluctuaciones registradas, en un 100% los valores observados se mantuvieron aproximadamente a la mitad del valor guía (≤ 10 mg/l).

3.1.1.6. Turbidez

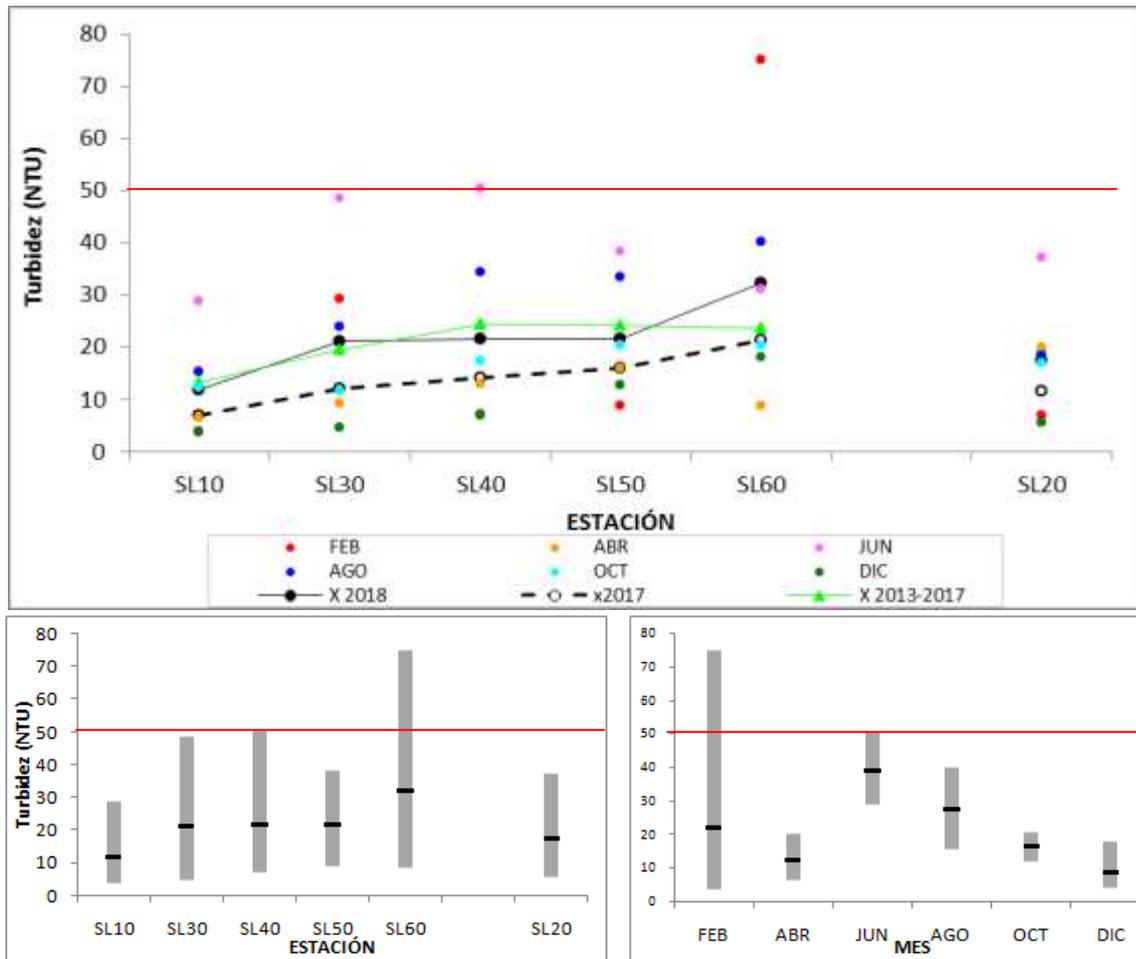
Los niveles de turbidez del agua mostraron valores extremos de máximo 75 NTU (SL60 febrero), un mínimo de 4 NTU (SL10 diciembre), un promedio anual de 21 NTU y una mediana de 17 NTU (Figura 9).

Los valores de turbidez fueron siempre mayores durante 2018, produciendo promedios de 14 NTU en 2017 y de 21 NTU en 2018 (Figura 9). Asimismo, los valores de turbidez registrados en 2018 fueron muy similares a los registrados en los últimos 5 años, lo que se refleja en los promedios calculados, 21 NTU en el lustro y en 2018.

Hay una tendencia al aumento de la turbidez a lo largo del curso del río, y también de los rangos de variación.

Temporalmente se observa una tendencia a mayores valores de turbidez en aguas frías y menores en aguas calientes.

El 97% de las concentraciones de turbidez se mantienen dentro de lo estipulado en la legislación (50 NTU). En un solo caso (SL60, febrero) se incumple con la normativa, generando un 3 % de incumplimiento.



3.1.2. Nutrientes

Los nutrientes analizados en este trabajo son compuestos de nitrógeno (nitrato, nitrito, amonio libre y nitrógeno total) y de fósforo (fósforo total). Con respecto a los productos nitrogenados, a consecuencia de la alta cantidad de resultados que se encuentran por debajo de los límites de detección de las técnicas y teniendo en cuenta que todos los valores observados se sitúan muy por debajo de los estándares establecidos en el decreto 253/79, se presentan gráficamente sólo los resultados para Nitrógeno Total y Fósforo Total.

Los nitratos (NO_3) se detectaron entre un máximo de 0.97 mg/l (SL10, abril), mínimo de 0.02 mg/l (SL40 y SL20, febrero y diciembre, respectivamente), el promedio fue de 0.26 mg/l y una mediana de 0.24 mg/l.

Temporalmente se observa una tendencia similar en la concentración de NO_3 con respecto a 2017, con un promedio calculado de 0.24 mg/l en 2017 y de 0.26 mg/l en 2018. En comparación en el lustro los valores de NO_3 fueron similares, produciendo promedios de 0.25 mg/l lustro y 0.26 mg/l en 2018.

No se observa un patrón de variación definido a lo largo del ciclo anual, pero si a nivel espacial, las concentraciones de NO_3 son máximas en las dos estaciones extremas (SL10 y SL60). A partir de SL30 (mínimos valores en el río) se produce un incremento sostenido de la

concentración de NO_3 en el curso principal, lo que marca una tendencia al aumento a lo largo del curso. La estación SL02 reporta los aportes del Ao. Casupá, los que, en 2018, fueron promedialmente altos (0.15 mg/l) comparado con el año 2015 (0.08 mg/l).

En el caso de los nitratos, el 11.1% de los resultados (4/36) se encontraron por debajo de los límites de la técnica analítica (5 mg/l).

Los nitritos (NO_2) mostraron un máximo de 0.053 mg/l (SL30, febrero), un mínimo de 0.004 mg/l y un promedio anual para esta variable de 0.009 mg/l y una media de 0,005 mg/l.

Los valores de NO_2 fueron siempre menores durante 2018 respecto al 2017, produciendo promedios de 0.019 mg/l en 2017 y de 0.009 mg/l en 2018. En comparación con el lustro los valores de NO_2 fueron siempre menores, produciendo promedios de 0.015 mg/l lustro y 0.009 mg/l en 2018.

Todos los valores observados para esta variable son inferiores al estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos (0,1 mg/l), por lo que el cumplimiento es del 100%.

El amonio libre mostró un máximo de 0.016 mg/l, un mínimo de 0.00017 mg/l. El promedio anual para esta variable fue de 0.0018 mg/l y una mediana de 0.0007 mg/l.

No se observa un patrón definido a lo largo de la variación temporal. Se observa una tendencia a aumentar la concentración de amonio libre en los meses cálidos y disminuir en los meses fríos, siempre dentro de los valores admitidos en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.1.2.1. Nitrógeno Total (NT).

El Nitrógeno Total (NT) se caracterizó por una concentración máxima de 1.42 mg/l, y un mínimo de 0.21 mg/l. El promedio anual del NT fue de 0.89 mg/l y una mediana de 0.90 mg/l (Figura 10).

Se aprecia un comportamiento similar de la concentración de Nitrógeno Total (0,05 mg/l) entre 2017 y 2018 (Figura 10), con promedios de 0.84 y 0,89 mg/l respectivamente. En comparación con el lustro los valores de NT fueron siempre mayores, produciendo promedios de 0.7 mg/l en lustro y 0.84 mg/l en 2018.

La variación temporal del NT a lo largo del año no muestra un patrón definido. La variación espacial se caracteriza por mayores concentraciones en la estación más cercana a la desembocadura (SL60), y concentraciones muy cercanas en las estaciones SL10 y SL50. La tendencia general es al aumento desde las nacientes hacia la desembocadura, a pesar de las altas concentraciones en SL10.

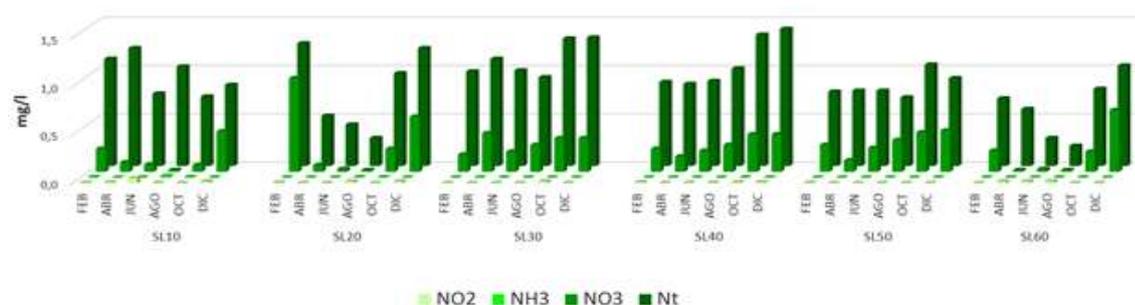
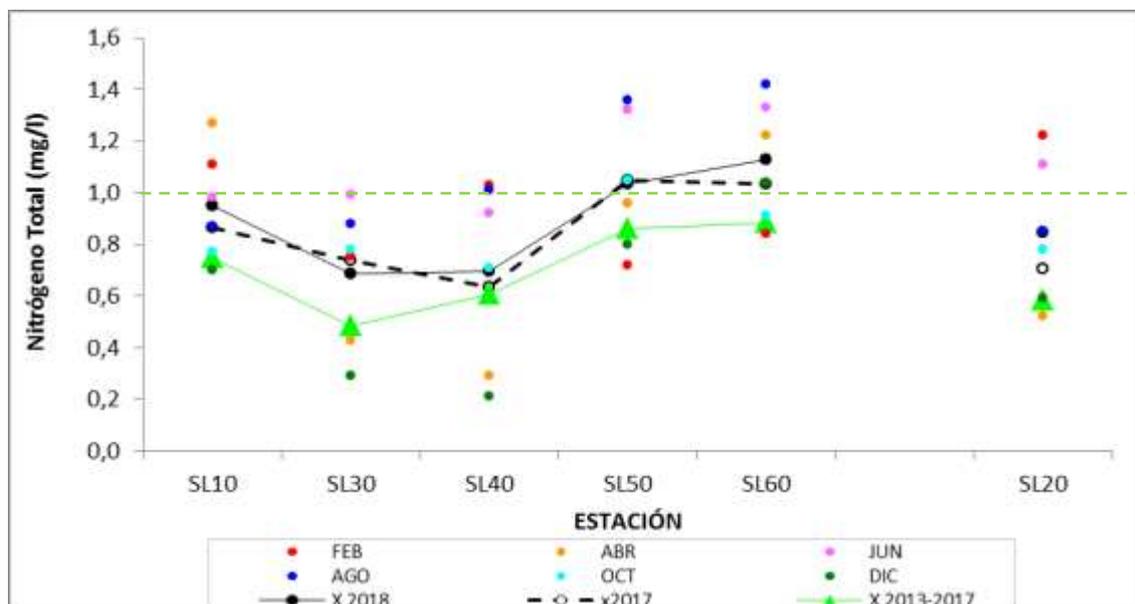


Figura 10. Superior: Fluctuaciones de Nitrógeno total en el río Santa Lucía.
Inferior: Variación espacial y temporal del nitrito, nitrato, amonio y nitrógeno total en el río Santa Lucía durante 2018.
 - - - .La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por la Mesa Técnica del Agua

3.1.2.2. Fósforo Total (PT).

La concentración de PT en el curso principal del río Santa Lucía se situó entre un máximo de 490 µg/l y un mínimo de 50 µg/l con un promedio de 218 µg/l y mediana de 210 µg/l (Figura 11).

Los valores observados son siempre superiores durante 2017, produciéndose una diferencia de concentración de 22 µg/l en los promedios anuales, con 196 µg/l durante 2017 y 218 µg/l en 2018. En comparación con el lustro los valores de PT fueron mayores, produciendo promedios de 162 mg/l en lustro y 218 mg/l en 2018.

La variación temporal del PT en el río Santa Lucía a lo largo del 2018 no muestra un patrón de variación definido. La variación espacial muestra un gradiente positivo desde las nacientes hacia la desembocadura.

Según la legislación vigente, la concentración de este nutriente debe ser inferior a 25 µg/l en cursos de agua natural y a 70 µg/l, valor guía sugerido por el GESTA-Agua (2014).

De acuerdo con los resultados obtenidos, el 100% incumplió con el valor estándar de 25 µg/l de PT, y el 97.2 % no cumplió con el valor de 70 µg/l.

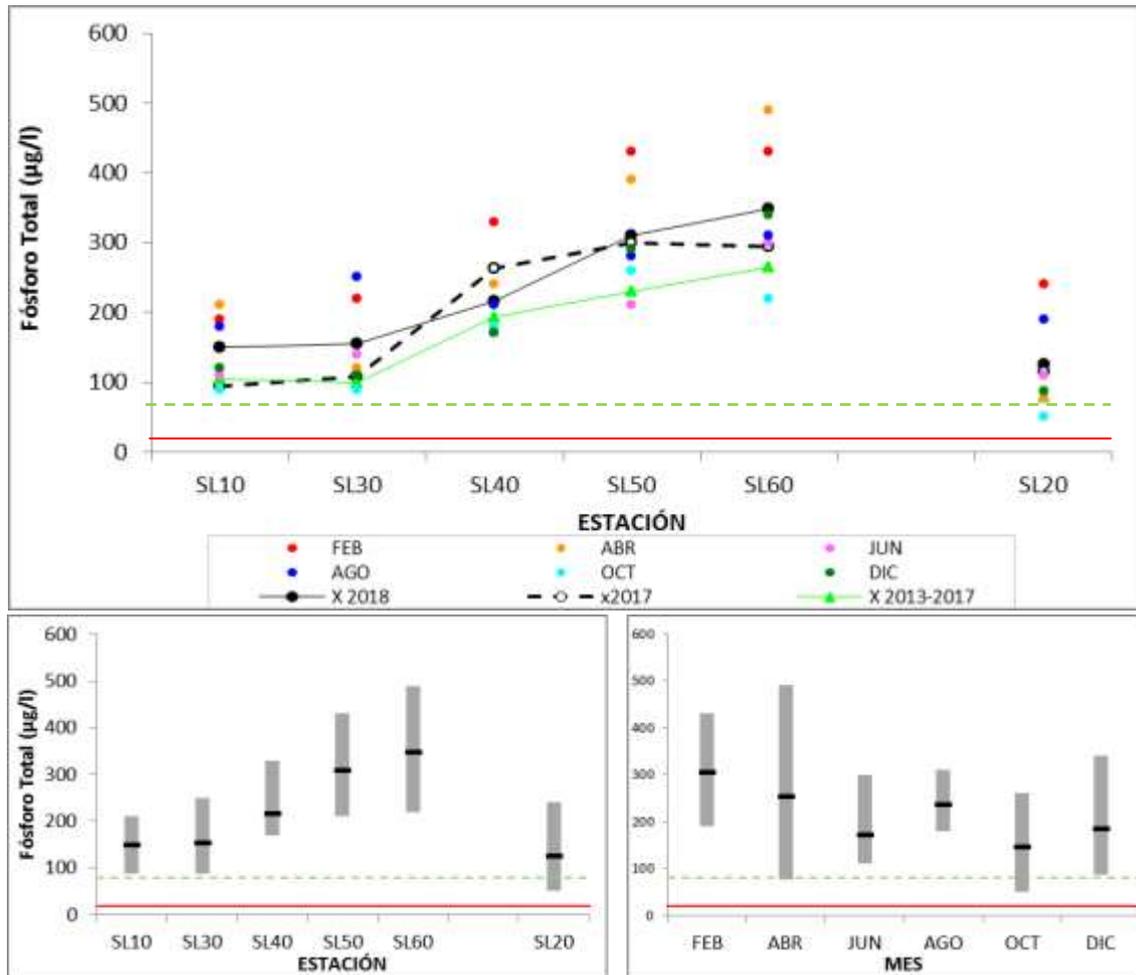


Figura 11. Superior: Fluctuaciones de Fósforo total en el río Santa Lucía.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del fósforo total en el río Santa Lucía durante 2018.

- - - La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.
- - - La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por GESTA (agua) 2014

3.1.3. Sólidos

Los registros de sólidos suspendidos totales y sólidos totales, se llevaron a cabo a partir de octubre del 2018.

3.1.3.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales fluctuaron entre un mínimo de 5 mg/l y un máximo de 11 mg/l, con un promedio de 6 mg/l y una mediana de 5 mg/l (Figura 12).

No se observan tendencias claras en la variación temporal y espacial.

3.1.3.2. Sólidos Totales (ST)

Los sólidos totales estuvieron comprendidos entre un valor mínimo de 150 mg/l y un máximo de 280 mg/l, con un promedio de 218 mg/l y una mediana de 210 mg/l (Figura 12). Se observa una tendencia a aumentar en el mes de diciembre respecto al mes de octubre.

Muestran una tendencia a la disminución de la concentración hacia la desembocadura, mientras que no se observa ningún patrón definido de variación temporal.

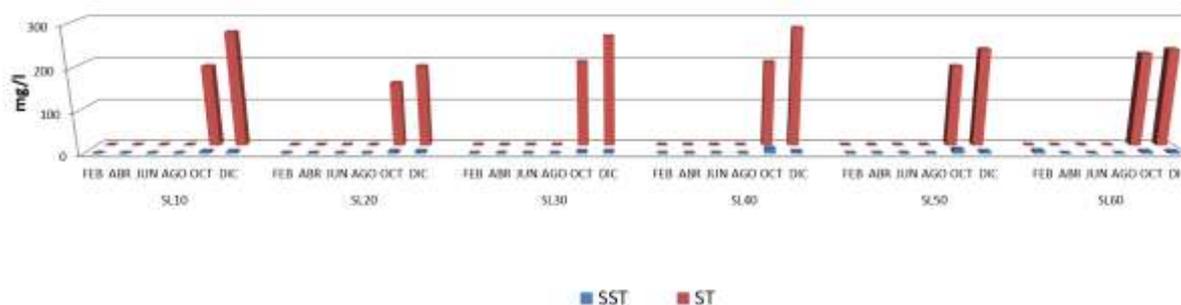


Figura 12. Variación espacial y temporal de los sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos totales (ST) en el río Santa Lucía durante 2018.

3.1.4. Variables Biológicas

No se cuenta con datos de clorofila-a y feofitina-a para esta subcuenca.

3.1.4.1. Coliformes Termotolerantes (Ct)

Los Ct presentaron una densidad máxima de 13000 UFC/100 ml y una densidad mínima de 10 UFC/100 ml, con un promedio anual de 1398 UFC/100 ml y mediana de 150 UFC/100 ml (Figura 13).

Siempre en densidades altas, se observa un incremento de los Ct con respecto al año precedente, con un promedio anual de 193 UFC/100ml en 2017 y de 1235 UFC/100ml en 2018. En comparación con el lustro los Ct fueron mayores, lo que se refleja en los promedios de 762 mg/l en lustro y 1235 mg/l en 2018.

La variación espacial muestra las tres estaciones con densidades altas de Ct (SL30, SL40 y SL50). Se percibe una tendencia a la disminución de densidades hacia la desembocadura. La variación temporal no mostró tendencias claras en el período.

El 14.3 % de los valores (3/21) no cumplieron con el estándar de calidad, superó los 2000 UFC/100 ml.

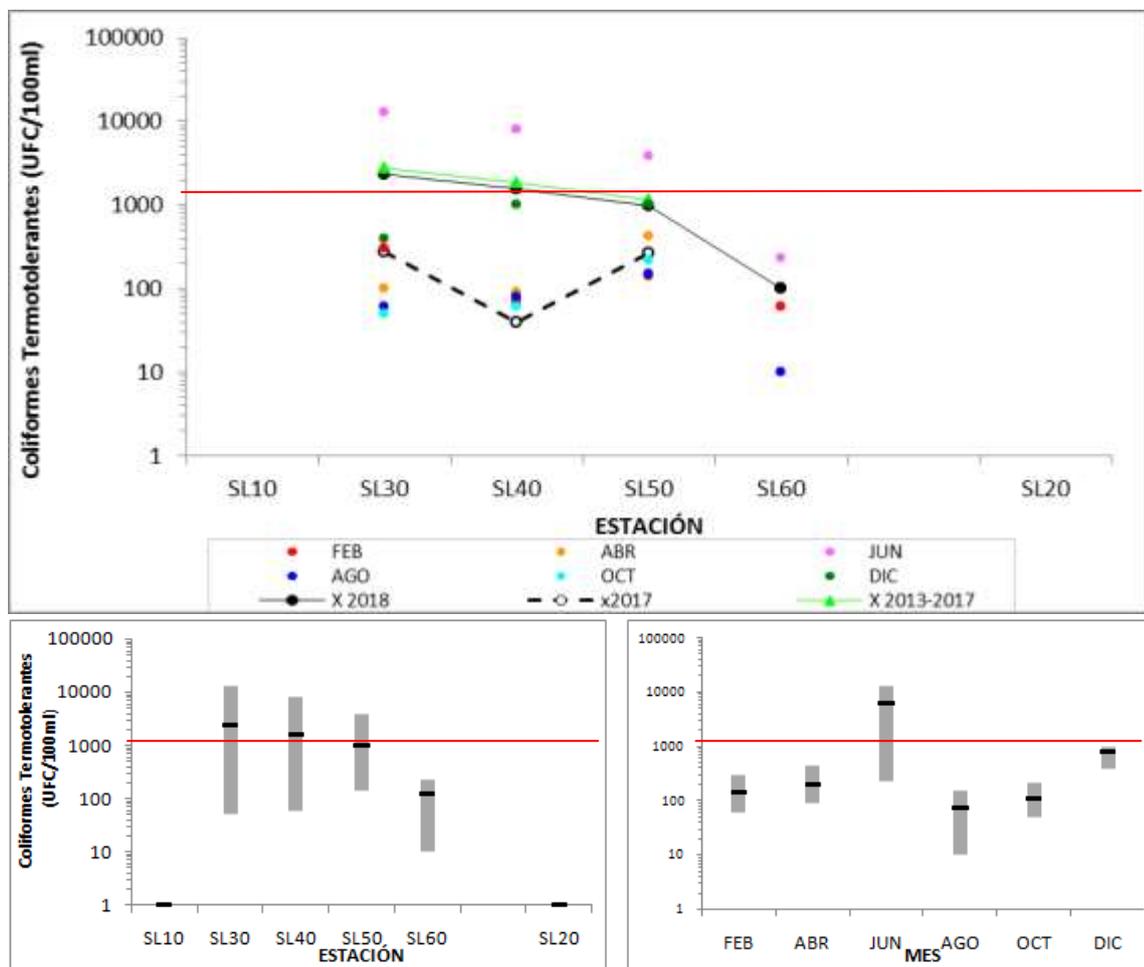


Figura 13. Superior: Fluctuaciones de coliformes termotolerantes en el río Santa Lucía.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los coliformes termotolerantes en el río Santa Lucía durante 2018 (escala logarítmica).

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.1.5. AOX

Los AOX sólo son medidos en la estación SL50 y SL60.

Solo cinco medidas de AOX superaron los límites de la técnica. De estas, el mínimo fue de 19.0 µg/l y el máximo de 29.0 µg/l, con un promedio de 21.8 µg/l y una mediana de 20.0 µg/l. El resto de los valores registrados no superaron el límite de cuantificación de la técnica (n=7).

Se percibe un crecimiento interanual de la concentración de AOX, lo cual se refleja en los promedios calculados de 12 µg/l, en 2017 y 21.8 µg/l, en 2018.

Con estos resultados se cumple en un 80% con el estándar tomado de la República Federal de Alemania (25 µg/l), a falta de valor guía fijado en nuestra legislación.

3.1.6. Síntesis del río Santa Lucía

En este informe se procesaron los resultados de doce variables, consideradas las más relevantes para este objetivo, de las cuales ocho tienen valores de referencia estándar. De las

ocho variables con valores de calidad de referencia, dos de ellas tuvieron un cumplimiento del 100% de los registros con respecto al estándar (NO_3 y NO_2), cinco alcanzaron cumplimiento >90% (Turbidez, OD, DBO_5 , pH y Coliformes termotolerantes), y una que incumplió el estándar en el 100% de los registros (PT).

3.2. Río Santa Lucía Chico

Para el análisis de la calidad del agua en la cuenca del Río Santa Lucía Chico, se incluyen las estaciones del curso principal (Figura 14).

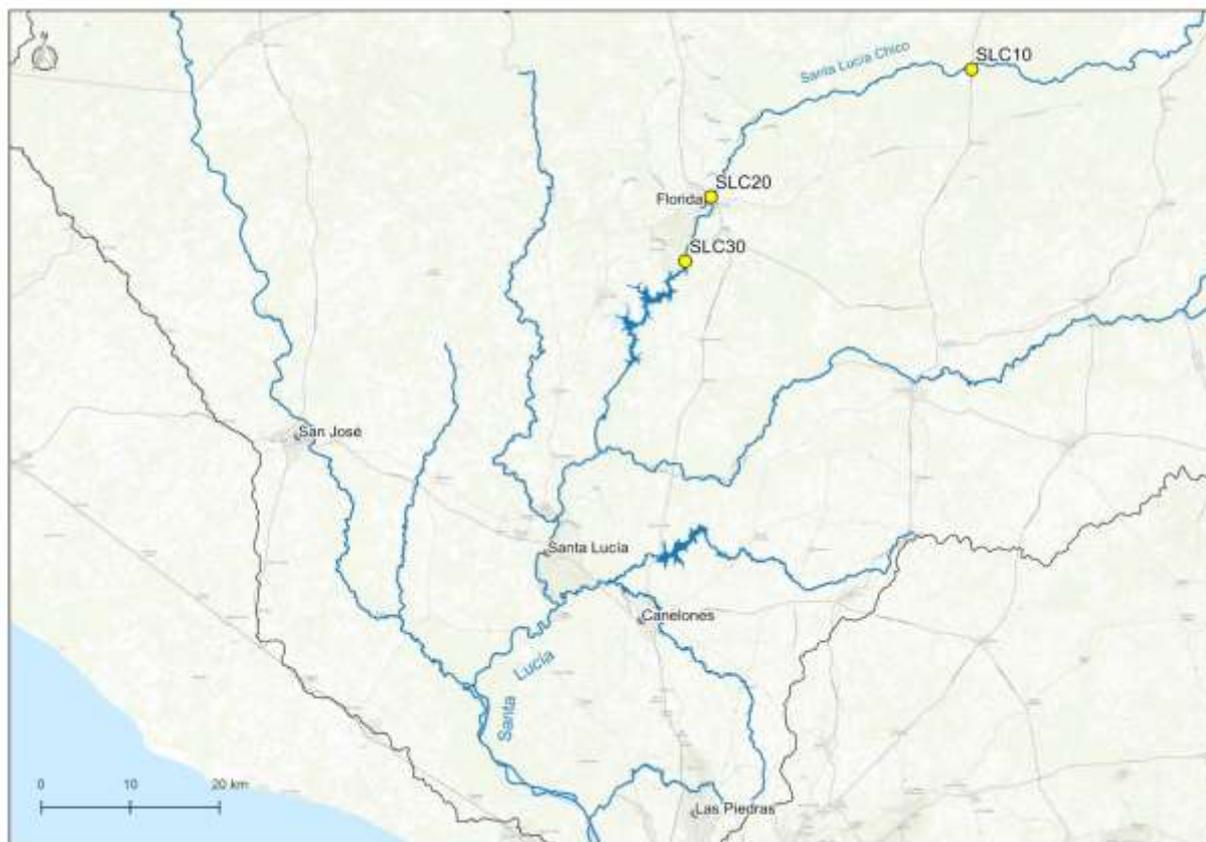


Figura 14: Localización de las estaciones de muestreo del río Santa Lucía Chico.

3.2.1. Parámetros fisicoquímicos

3.2.1.1. Temperatura

La temperatura del agua registró una máxima de 25.9 °C (SLC20, febrero), una mínima de 10.9 °C (SLC10, junio), con un promedio anual de 19.1 °C y una mediana de 21.1 °C (Figura 15).

El comportamiento de la temperatura es similar a la de 2017, mostrando valores similares (Figura 15). Esto se refleja en los promedios calculados, de 19.5 °C en 2017 y 19.1 en 2018.

La variación espacial de la temperatura muestra homogeneidad a lo largo del curso principal del río Santa Lucía Chico. Los rangos de variación también son similares en todas las estaciones.

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

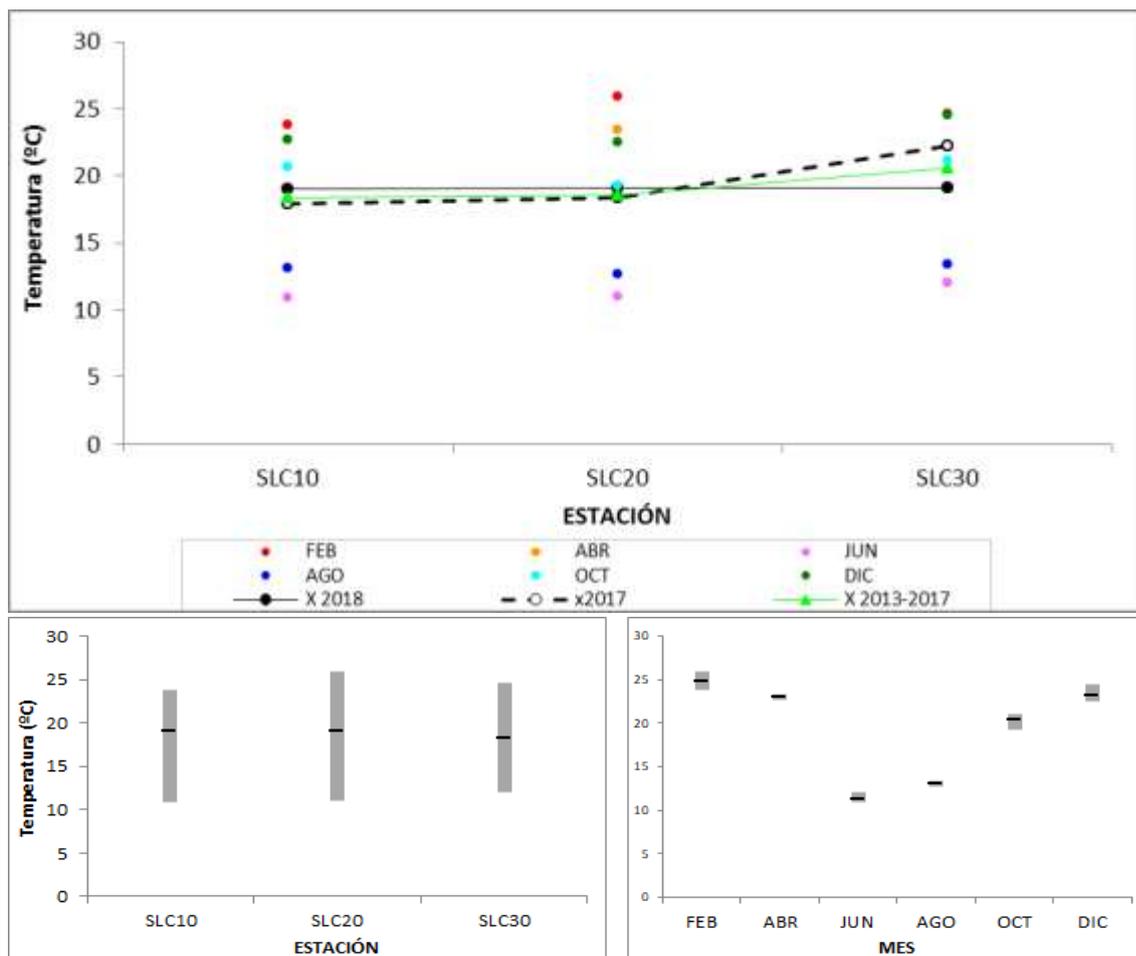


Figura 15. Superior: Fluctuaciones de Temperatura en el río Santa Lucía Chico.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la temperatura en el río Santa Lucía Chico durante 2018.

3.2.1.2. Conductividad.

La conductividad del agua se caracterizó por una concentración máxima de 459.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (SLC02, abril) y una mínima de 166.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (SLC10, agosto), con un promedio anual de 276.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una mediana de 258.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 16).

El comportamiento de la conductividad es similar a la de 2017, mostrando curvas de perfiles similares, aunque los valores fueron mayores durante el 2018 (Figura 16), lo cual se refleja en los promedios calculados, de 251.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2017 y 276.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018. Asimismo, los valores de conductividad registrados en 2018 fueron mayores a los registrados en los últimos 5 años, lo que se refleja en los promedios 265.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el lustro y 276.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018.

En cuanto a la variación espacial y temporal se observan los mayores registros de conductividad en los meses de febrero y abril del año 2018, siendo el sitio SLC20 el que presentó mayor variabilidad. Se observa una tendencia a registrarse valores de conductividades mayores en los meses cálidos.

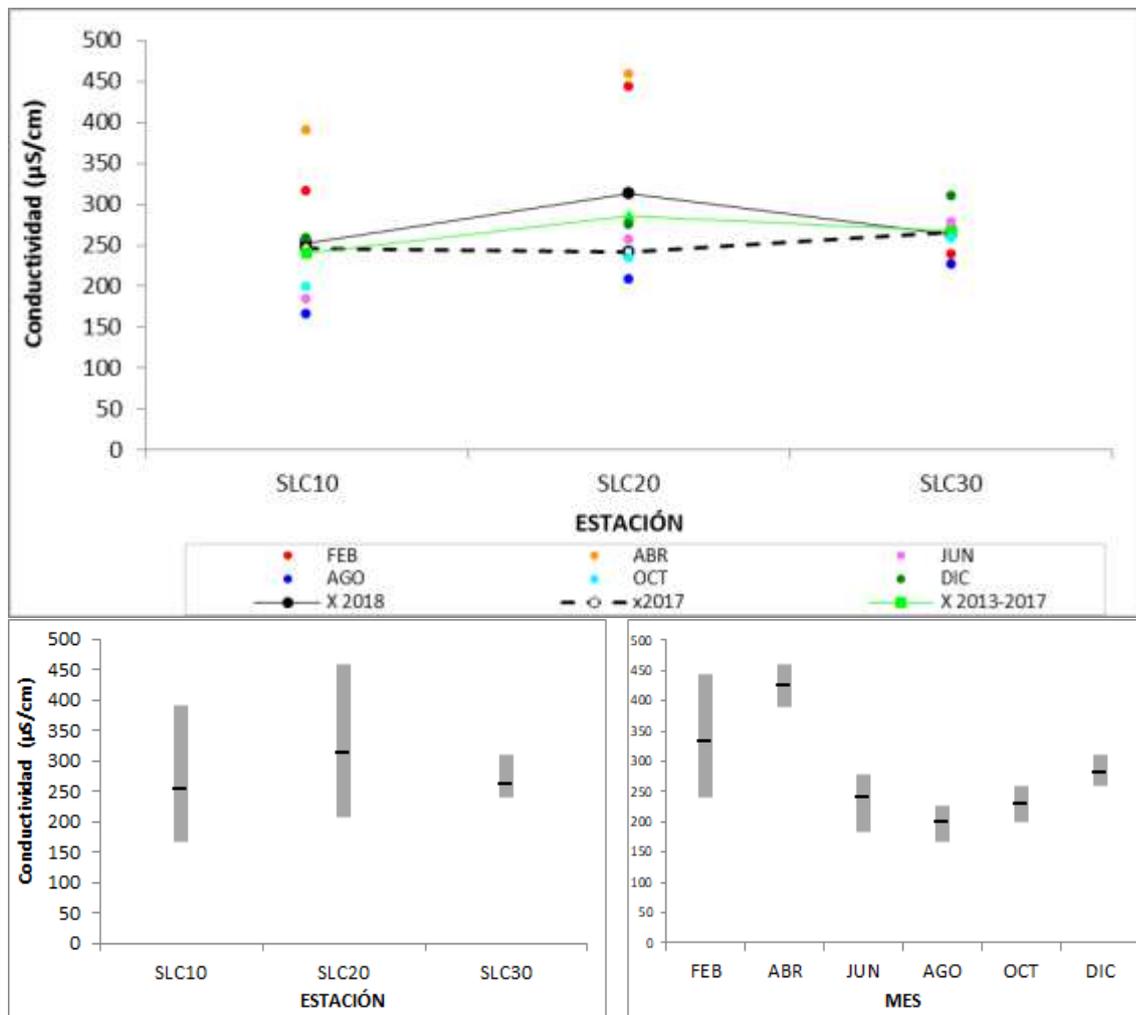


Figura 16. Superior: Fluctuaciones de Conductividad en el río Santa Lucía Chico.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la conductividad en el río Santa Lucía Chico durante 2018.

3.2.1.3. pH.

El pH presentó niveles situados entre un máximo de 8.0 (SLC10, junio), un mínimo de 7.1 (SLC20, SLC30, octubre) con un promedio anual y una mediana de 7.6 (Figura 17).

El comportamiento del pH es similar a la de 2017 (Figura 17), lo cual se refleja en los promedios calculados, de 7.6 en 2017 y 2018. Asimismo, las curvas de pH del último lustro muestran valores promedios muy similares a los del 2018, lo que se refleja en los promedios 7.6 en el lustro y en 2018.

No se observa un patrón definido de variación temporal a lo largo del año, más allá de un rango de variación más amplio en los meses fríos. La variación espacial muestra una leve tendencia al descenso desde las nacientes hacia la desembocadura.

En el 100% de los valores observados cumplen con la norma establecida (6.5 – 8.5) para aguas naturales (clase 3).

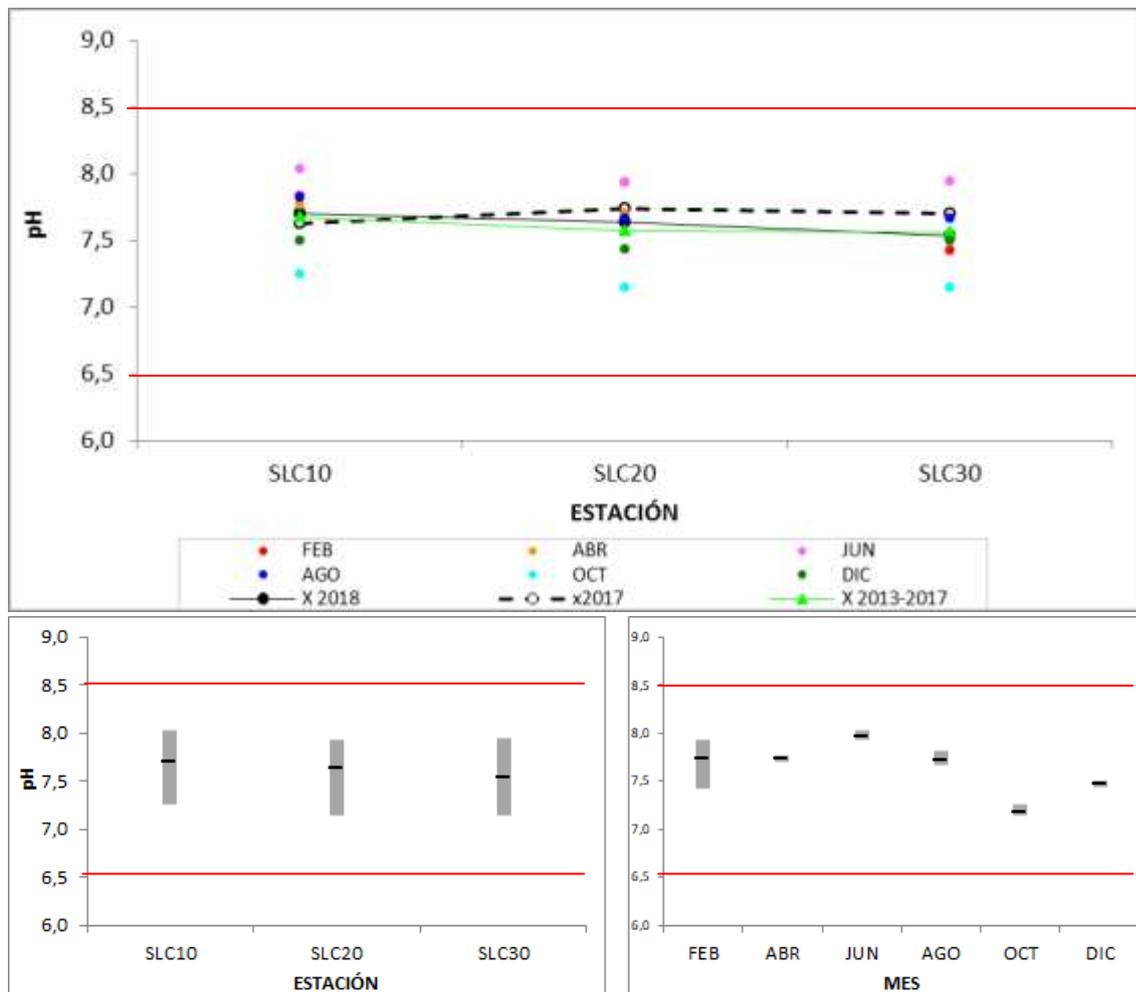


Figura 17. Superior: Fluctuaciones de pH en el río Santa Lucía Chico.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del pH en el río Santa Lucía Chico durante 2018.

--- Las líneas rojas continuas marcan estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.2.1.4. Oxígeno disuelto (OD).

La concentración de OD en el agua del río Santa Lucía Chico fluctuó entre un máximo de 11.1 mg/l (SLC20, junio) y un mínimo de 5.3 mg/l (SLC30, febrero), con un promedio anual de 8.2 mg/l y una mediana de 8.0 mg/l (Figura 18).

La distribución interanual de la concentración de OD es homogénea, observándose curvas de perfil muy similar, lo que se refleja en los promedios anuales, de 8.5 mg/l para 2017 y 8.2 mg/l para 2018. Asimismo, se observan curvas de perfil muy similares, respecto al lustro, lo que se refleja en los promedios, 8.6 mg/l para el lustro y 8.2 mg/l para 2018.

Espacialmente no se observan diferencias entre estaciones. Tanto a nivel de promedios como de rango de variación las tres estaciones consideradas muestran valores similares.

El 100% de los valores de OD observados durante 2018 presentó valores por encima del valor mínimo aceptable de 5 mg/l (Decreto 253/79 y modificativos).

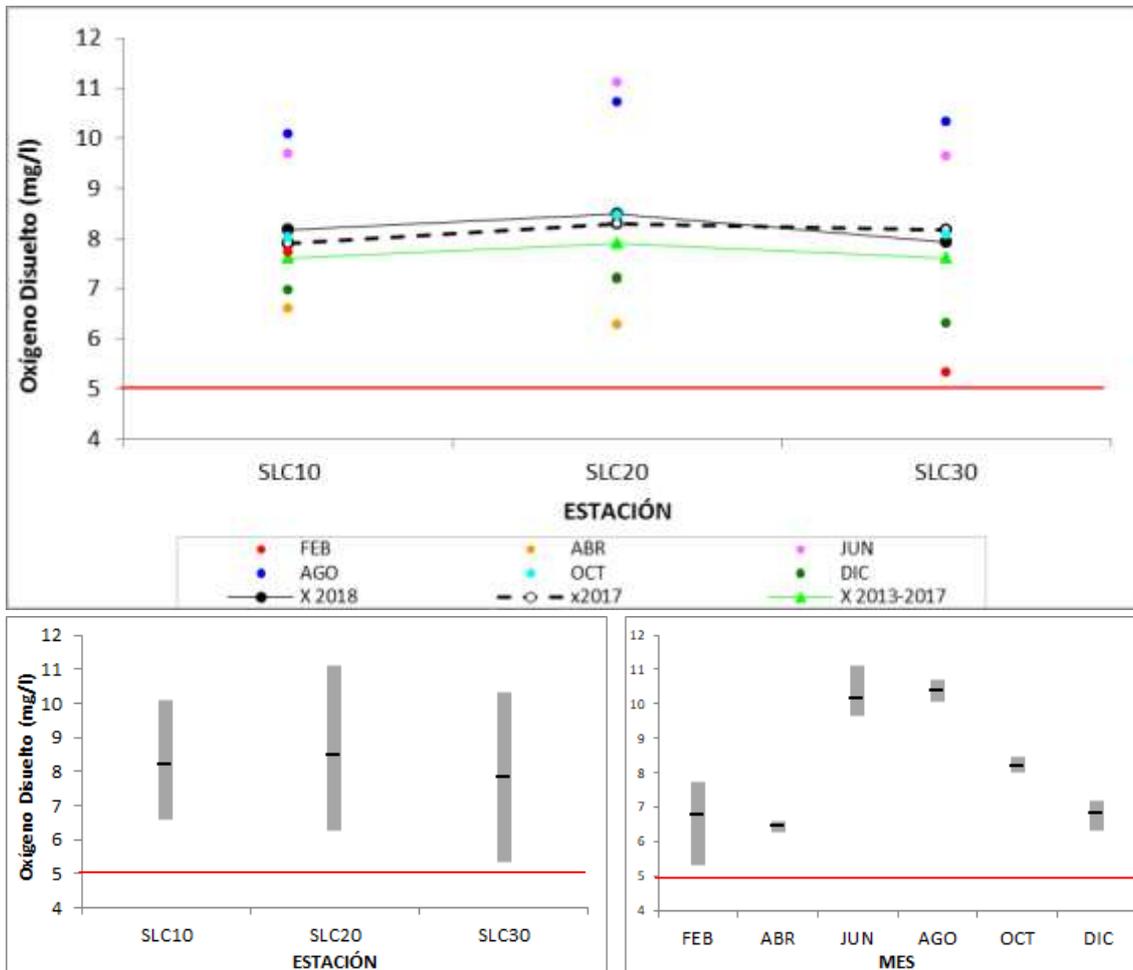


Figura 18. Superior: Fluctuaciones de oxígeno disuelto en el río Santa Lucía Chico.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del oxígeno disuelto en el río Santa Lucía Chico durante 2018.

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

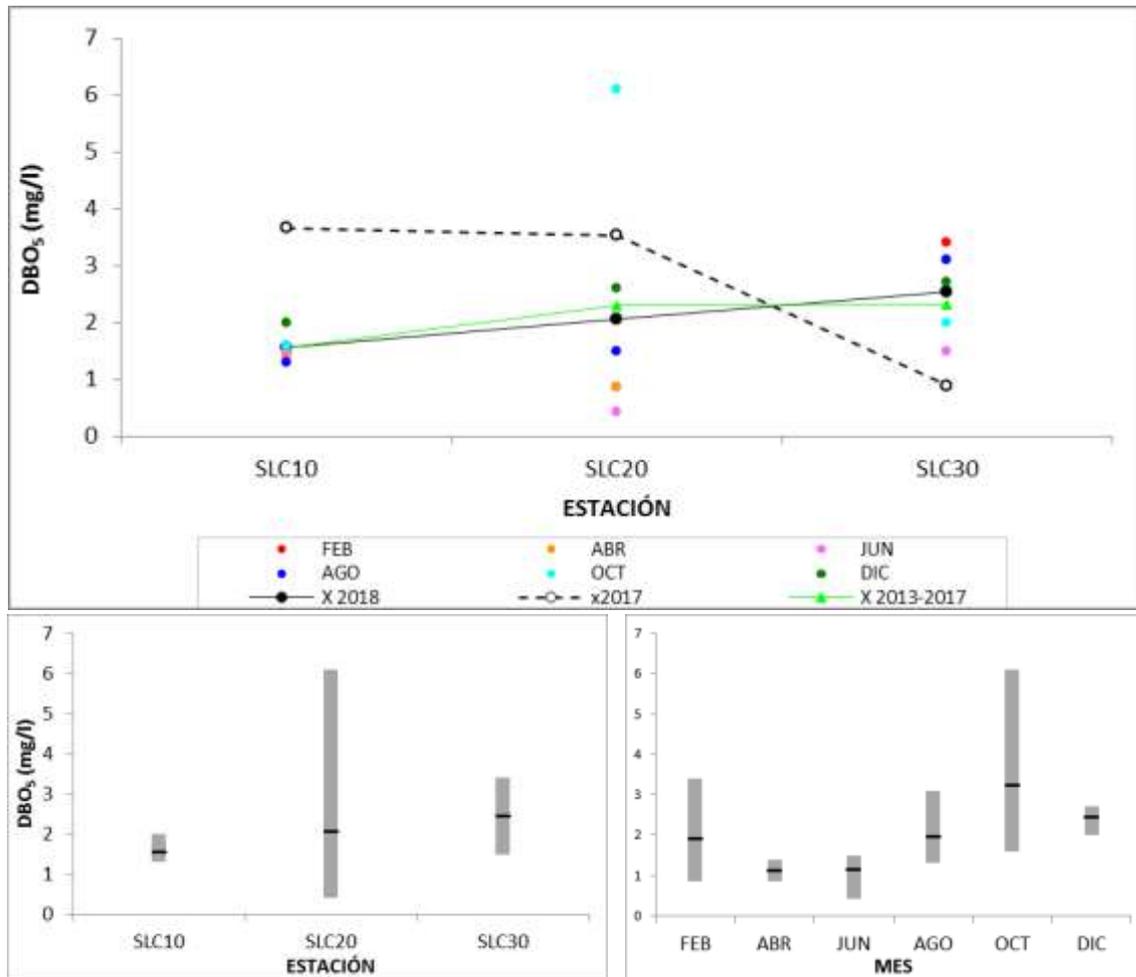
3.2.1.5. DBO₅

La demanda biológica de oxígeno analizada en el río Santa Lucía Chico durante 2018 (Figura 19) fluctuó entre un máximo de 6.1 mg/l (SLC20, octubre) y un mínimo de 0.4 mg/l (SLC20 junio), con un promedio anual de 2.0 mg/l y mediana de 1.5 mg/l.

Los valores de DBO₅ fueron similares a los obtenidos durante 2017, produciendo promedios de 2.0 mg/l en 2017 y en 2018 (Figura 19). Asimismo, se observa un perfil similar de DBO₅, respecto al lustro, lo que se refleja en los promedios, 2.3 mg/l para el lustro y 2.0 mg/l para el 2018.

La variación espacial muestra un aumento de concentración desde la cabecera hacia la desembocadura, en contraposición a resultados registrados en años anteriores.

Todos los valores de DBO₅ se mantuvieron muy por debajo del valor de referencia (≤ 10 mg/l) durante todo el año 2018.



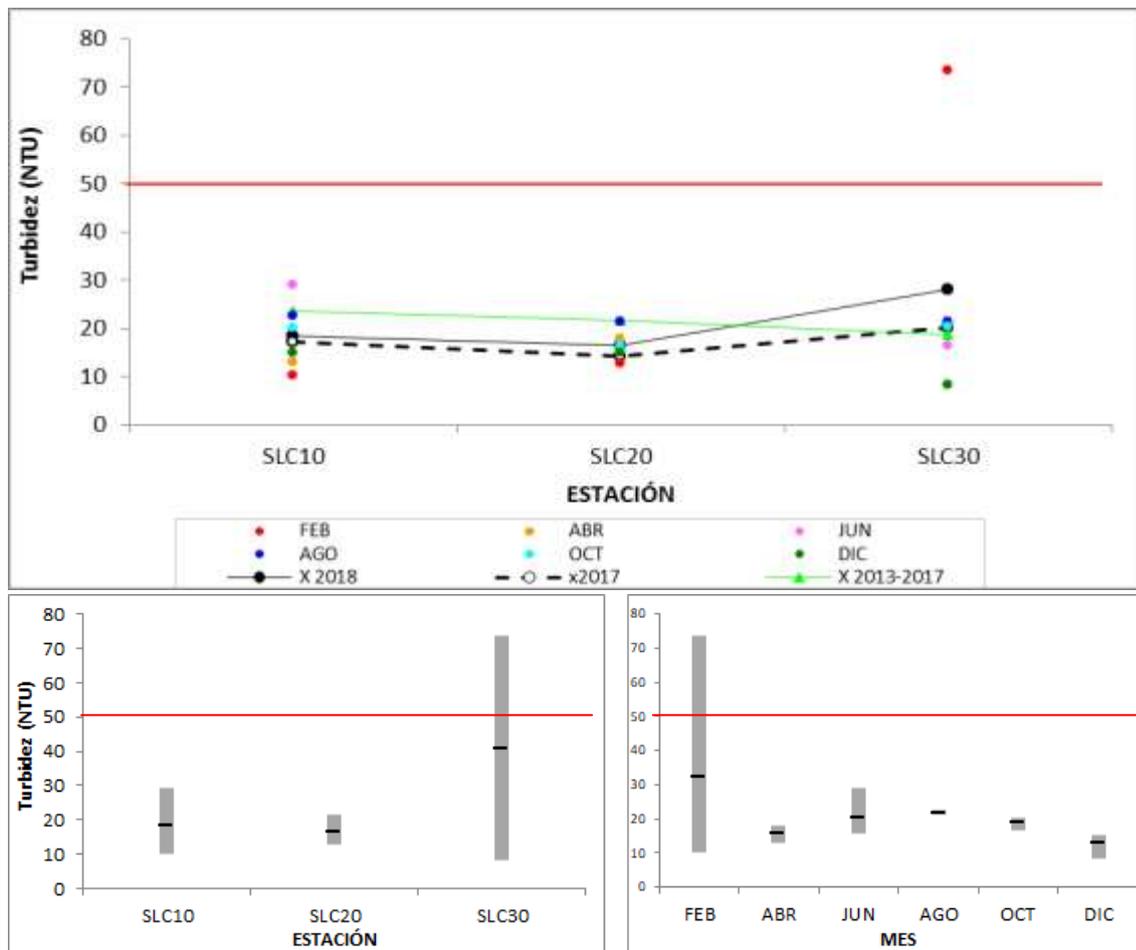
3.2.1.6. Turbidez.

Los niveles de turbidez del agua mostraron valores extremos de 74 NTU (SLC30, febrero) y 8 NTU (SLC30, diciembre) con un promedio anual de 21 NTU y una mediana de 17 NTU (Figura 20).

Los valores de turbidez fueron siempre mayores durante 2018, con promedios de 17 NTU en 2017 y de 21 NTU en 2018 (Figura 20). Asimismo, los valores de turbidez registrados en 2018 fueron similares a los registrados en los últimos 5 años, lo cual se refleja en los promedios calculados de 21 NTU para el lustro y para el 2018.

Hay una tendencia al aumento de la turbidez a lo largo del curso del río, y también de los rangos de variación. Temporalmente se observa una tendencia a mayores valores de turbidez en aguas frías y menores en aguas calientes.

De los datos observados (n=17), el 94% se mantienen dentro de lo estipulado en la legislación (50 NTU). En un solo caso (SLC30, febrero) se incumple con la normativa, generando un 6 % de incumplimiento.



3.2.3. Nutrientes

3.2.3.1. Nitrogenados

La concentración de nitrato (NO_3^-) en el agua superficial del curso principal estuvo entre 1.10 mg/l de máximo (SLC30, junio) y 0.38 mg/l de mínimo (SLC20, abril), con un promedio anual de 0.38 mg/l y una mediana 0.25 de mg/l.

Temporalmente se observa una tendencia similar en la concentración de NO_3^- con respecto a 2017, con un promedio calculado de 0.31 mg/l en 2017 y de 0.38 mg/l en 2018. En comparación en el lustro los valores de NO_3^- fueron mayores en 2018, con promedios de 0.24 mg/l lustro y 0.38 mg/l en 2018.

No se observa ningún patrón de variación temporal, pero sí un claro aumento de la concentración de NO_3^- desde las nacientes hacia la desembocadura, como ya se observaba en años anteriores (De León & Hill, 2015).

Todos los valores de NO_3^- observados se encuentran muy por debajo del valor de referencia fijado en el Decreto 253/79 y modificativos (≤ 5 mg/l).

Los nitritos (NO_2^-) tuvieron un máximo de 0.055 mg/l (SLC30, febrero) y un mínimo de 0.004 mg/l (SLC20, SLC10, junio, diciembre) y un promedio de 0.014 mg/l y una mediana de 0.012 mg/l.

Los valores de NO_2^- fueron siempre menores durante 2018 respecto al 2017, produciendo promedios de 0.040 mg/l en 2017 y de 0.014mg/l en 2018. En comparación en el lustro los valores de NO_2^- fueron siempre menores, produciendo promedios de 0.028 mg/l lustro y 0.014 mg/l en 2018.

Se observa una tendencia temporal de aumento en la concentración de nitritos desde las nacientes a la desembocadura.

El 100% de los valores obtenidos durante el 2018 cumplen con el estándar (0.1 mg/l).

El amonio libre se ubicó en un rango acotado entre un máximo de 0.0093 mg/l (SLC30, febrero) y un mínimo de 0.0001 mg/l (SLC20, diciembre), el promedio anual fue de 0.0020 mg/l y una mediana de 0.00089 mg/l.

No se percibe un patrón de variación temporal definido durante el ciclo anual.

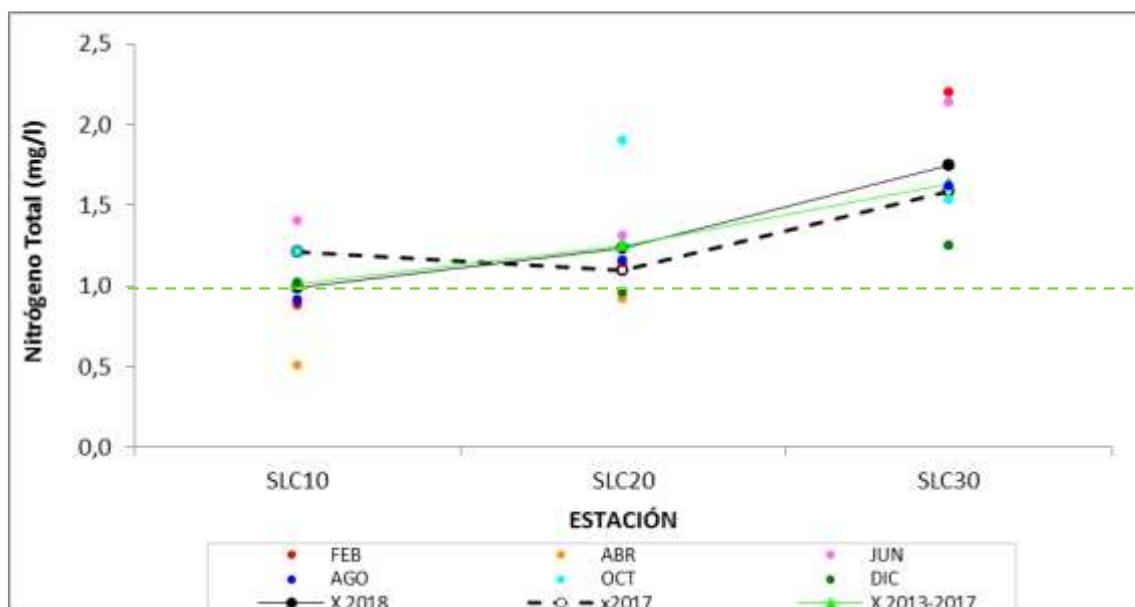
El 100% de las muestras de amonio libre tomadas durante 2018 cumplen con el estándar.

3.2.3.2. Nitrógeno Total (NT)

El NT en el río Santa Lucía Chico (Figura 21) fluctuó entre un máximo de 2.2 mg/l (SLC30, febrero) y un mínimo de 0.5 mg/l (SLC10, abril), con un promedio de 1.3 mg/l y una mediana de 1.21 mg/l (Figura 21).

Se aprecia un comportamiento similar de la concentración de NT entre 2017 y 2018 (Figura 21), con promedios de 1.3 mg/l para ambos periodos. En comparación en el lustro los valores de NT fueron similares comparados al 2018, produciendo promedios de 1.3 mg/l en el lustro y en 2018.

Se observa una tendencia a presentar mayores concentraciones hacia la desembocadura.



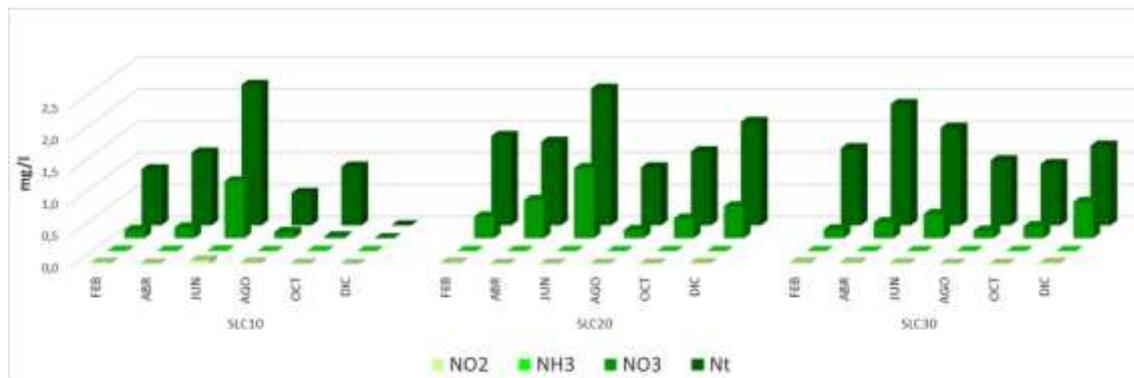


Figura 21. Superior: Fluctuaciones de Nitrógeno Total.

Inferior: Variación espacial y temporal del nitrito, nitrato, amonio y nitrógeno total en el río Santa Lucía Chico durante 2018.

---. La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por la Mesa Técnica del Agua.

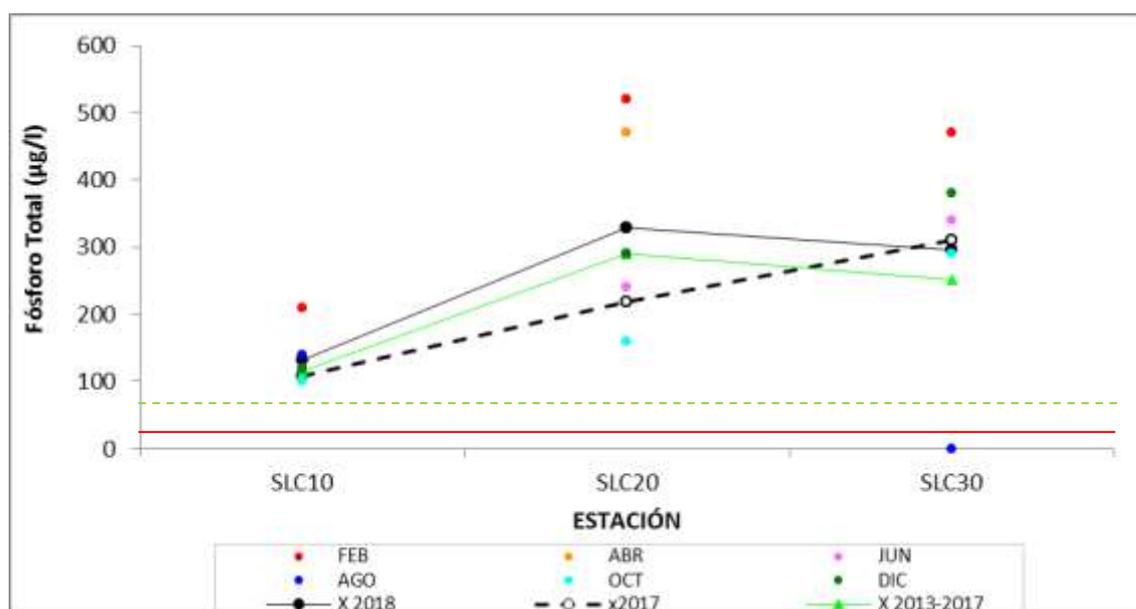
3.2.3.3. Fósforo Total (PT).

Durante el año 2018 la concentración de PT en las aguas del río Santa Lucía Chico fluctuó entre un máximo de 520 $\mu\text{g/l}$ (SLC20, febrero) y un mínimo de 100 $\mu\text{g/l}$ (SLC10, octubre y abril), con un promedio anual de 252 $\mu\text{g/l}$, y una mediana de 296 $\mu\text{g/l}$ (Figura 22).

Los valores observados son siempre superiores durante 2017, produciéndose una diferencia de concentración de 40 $\mu\text{g/l}$ en los promedios anuales, con 212 $\mu\text{g/l}$ durante 2017 y 252 $\mu\text{g/l}$ en 2018. En comparación con el lustro los valores de PT fueron mayores, produciendo promedios de 220 $\mu\text{g/l}$ en lustro y 265 $\mu\text{g/l}$ en 2018.

Se observa una fuerte tendencia al incremento de la concentración desde las nacientes hacia la desembocadura, encontrándose las mayores concentraciones en aguas calientes.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el 100 % de los resultados incumplió con el valor estándar de 25 $\mu\text{g/l}$ de PT e incluso con el valor 70 $\mu\text{g/l}$. Por lo tanto, este parámetro representa uno de los factores indicadores de estado eutrófico de los cursos de agua más significativo y necesario de controlar.



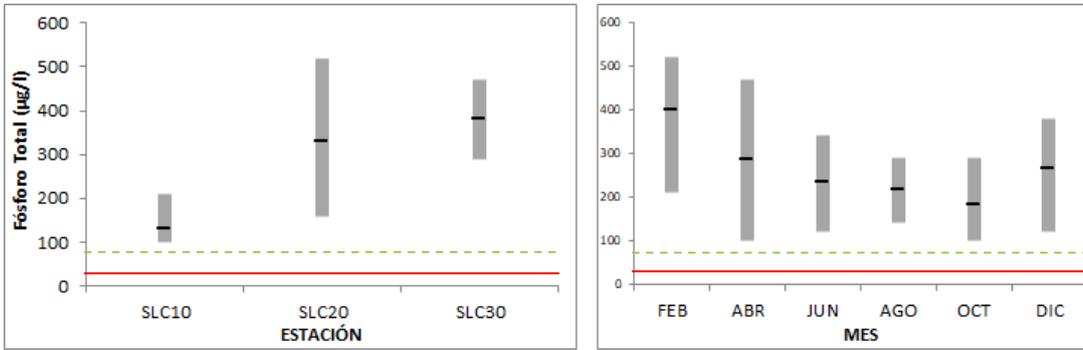


Figura 22. Superior: Fluctuaciones de Fósforo Total en el río Santa Lucía Chico.

Inferior: Variación temporal (derecha) y espacial izquierda) del fósforo total en el río Santa Lucía Chico durante 2018.

- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.
- - - .La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por Gesta (agua) 2014.

3.2.4. Sólidos

Los registros de sólidos suspendidos totales y sólidos totales, se llevaron a cabo a partir de octubre del 2018.

3.2.4.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los valores de SST en una sola ocasión estuvieron por encima del límite de cuantificación, registrándose una concentración de 13 mg/l en la estación SLC30 en el mes de octubre, los valores restantes estuvieron por debajo de dicho límite (n=5) (Figura 23).

3.2.4.2. Sólidos Totales (ST)

Los sólidos suspendidos totales estuvieron comprendidos entre un máximo de 220 mg/l (SLC30, diciembre) y un mínimo de 160 mg/l (SLC10, octubre), con un promedio de 198 mg/l y una mediana de 200 mg/l (Figura 23). La distribución de los ST marca una tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura, siendo los puntos SLC20 y SLC30 los que presentan mayor variabilidad. También se observa un aumento de la concentración de ST en el mes diciembre respecto al mes octubre.

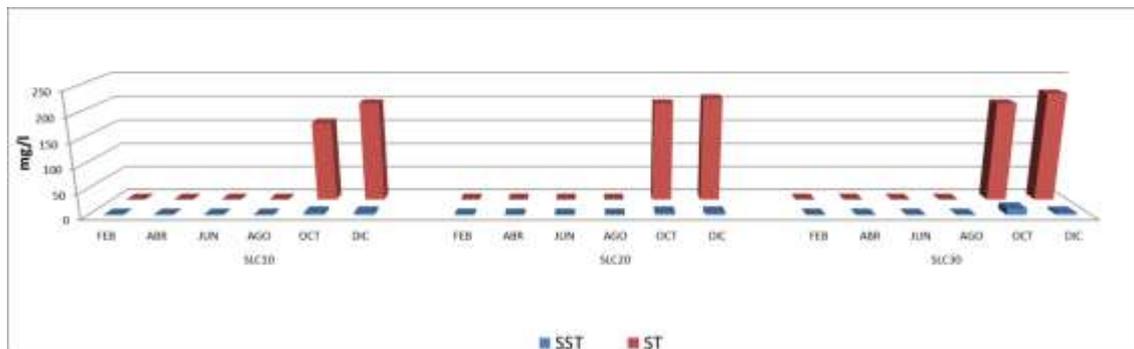


Figura 23. Variación espacial y temporal de los sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos totales (ST) en el río Santa Lucía Chico durante 2018.

3.2.5. Variables Biológicas

3.2.5.1. Clorofila-a.

La clorofila-a y la feofitina-a del río Santa Lucía chico sólo fueron medidas en la estación SLC30, la cual proporciona información como cierre de cuenca.

La clorofila-a, fluctuó en valores entre un máximo de 4.9 µg/l (febrero) y un mínimo de 2.5 µg/l (octubre), en una sola ocasión se registró un valor por debajo del límite de cuantificación (diciembre), con un promedio de 3.8 µg/l, y una mediana de 1.1 µg/l.

Aunque con valores promedialmente bajos, se observa una disminución de la concentración de clorofila con respecto al año precedente, siendo 7.6 µg/l el valor promedio en 2017. En comparación con el lustro se observan valores más altos en 2018, lo cual se ve reflejado en los promedios, 2.8 µg/l en el lustro y 3.8 µg/l en 2018.

La variación de la clorofila-a muestra un pico en el mes de febrero y homogeneidad de concentración el resto del año.

3.2.5.2. Feofitina-a.

La feofitina-a varió entre un máximo de 3.8 µg/l (febrero) y los valores mínimos estuvieron por debajo del límite de la técnica, con un promedio de 2.3 µg/l, y una mediana de 1.90 µg/l.

Se aprecia una disminución de la concentración de feofitina-a con respecto al año precedente, siendo el promedio de 4.2 µg/l en 2017. En comparación con el lustro se observan valores más altos en 2018, lo cual se ve reflejado en los promedios, 1.8 µg/l en el lustro y 2.3 µg/l en 2018.

La variación de la feofitina-a muestra un pico en el mes de febrero y homogeneidad de concentración el resto del año.

3.2.5.3. Coliformes Termotolerantes (Ct).

Los Ct del río Santa Lucía Chico registraron abundancias máximas de 41000 UFC/100ml (SLC30, febrero) y mínimas de 40 UFC/100ml (SLC10, octubre), con un promedio anual de 4526 UFC/100ml y una mediana de 690 UFC/100ml (Figura 24).

Se observa un incremento de los Ct con respecto al año precedente, con un promedio anual de 55 UFC/100ml en 2017 y de 4526 UFC/100ml en 2018. En comparación con el lustro los Ct fueron mayores, lo que se refleja en los promedios de 509 UFC/100ml en lustro y 4526 UFC/100ml en 2018.

No se aprecia un patrón de variación anual determinado, aunque las densidades más altas se observaron en febrero, mientras que las densidades más bajas estuvieron presentes en estaciones frías (julio, agosto).

Se observa un aumento desde la naciente a la desembocadura. Sin embargo, en el curso medio superior las densidades son bajas (por debajo del estándar) y se disparan en la estación del curso medio bajo.

El 18.2 % de los valores (2/11) no cumplió con el estándar de calidad, o sea, superó los 2000 UFC/100 ml.

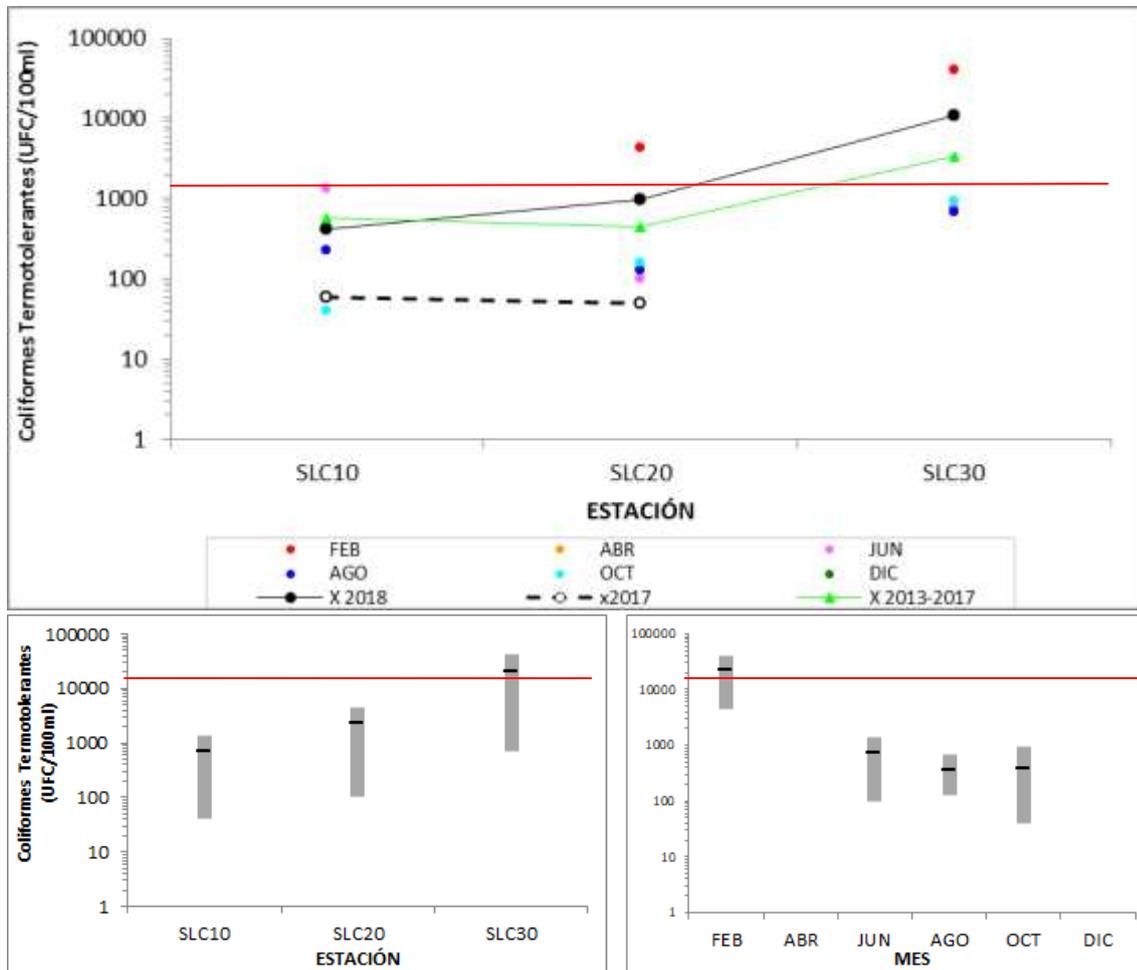


Figura 24. Superior: Fluctuaciones de coliformes termotolerantes en el río Santa Lucía Chico.
Inferior: Variación temporal (derecha) y espacial (izquierda) de los coliformes termotolerantes en el río Santa Lucía Chico durante 2018 (escala logarítmica).
 --- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.2.6. Síntesis Santa Lucía Chico

En este informe se procesaron los resultados de doce variables, consideradas las más relevantes para este objetivo, de las cuales ocho tienen valores de referencia estándar. De las ocho variables, cinco de ellas tuvieron un cumplimiento del 100% de los registros con respecto al estándar (pH, OD, DBO₅, NO₃, NO₂), una alcanzó cumplimiento >90% (Turbidez), una alcanzó cumplimiento >70% (Coliformes termotolerantes), y una que incumplió el estándar en el 100% de los registros (PT). Durante el 2018 la calidad de agua del río Santa Lucía Chico (excluyendo el embalse de Paso Severino), parece ser homogénea. Se cumple con la normativa en la mayor parte de las muestras tomadas. En líneas generales, la calidad de agua en toda la extensión del río Santa Lucía Chico es aceptable.

3.3. Embalse Paso Severino

El programa de monitoreo de MVOTMA-DINAMA en el embalse Paso Severino se inició a partir de 2011 con el Rediseño del programa de evaluación de calidad de agua. (Figura 25).

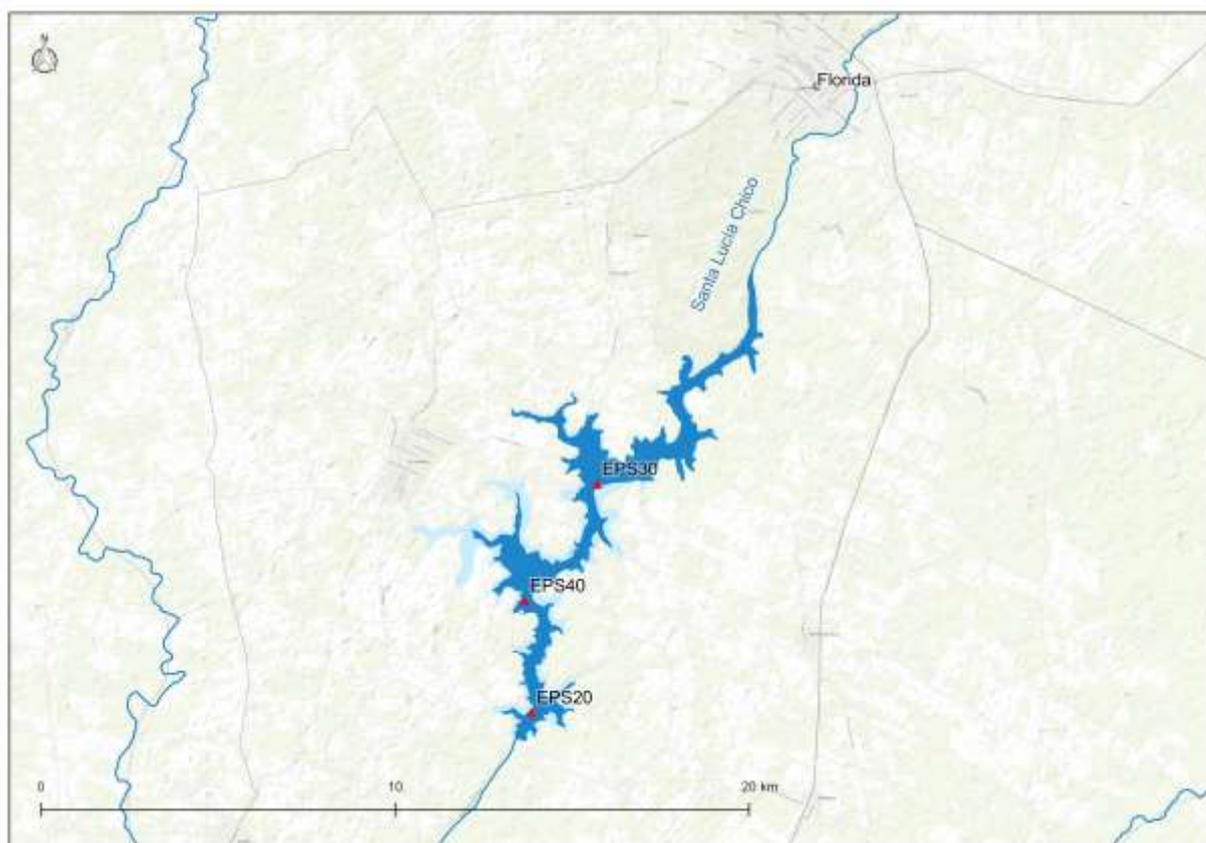


Figura 25. Localización de las estaciones de muestreo del Embalse Paso Severino.

3.3.1. Parámetros fisicoquímicos

3.3.1.1. Temperatura

La temperatura del agua en las aguas del embalse de Paso Severino (Figura 26) se situó entre un máximo de 25.5 °C (EPS30, EPS40, febrero), un mínimo de 12.4 °C (EPS30, junio), con un promedio anual de 19.4 °C y una mediana de 21.7 °C.

El comportamiento de la temperatura es similar a la de 2017 (Figura 26), esto se refleja en los promedios calculados, de 16.6 °C en 2017 y 19.4 en 2018.

Como es esperable, se observa un clásico ciclo anual con temperaturas máximas en meses cálidos y mínimas en meses fríos. Este ciclo de variación temporal muestra un comportamiento similar en las tres estaciones del embalse.

La distribución espacial de la temperatura es homogénea en toda la superficie del embalse. Tanto los promedios como los rangos de variación, son similares en todas las estaciones a lo largo del 2018.

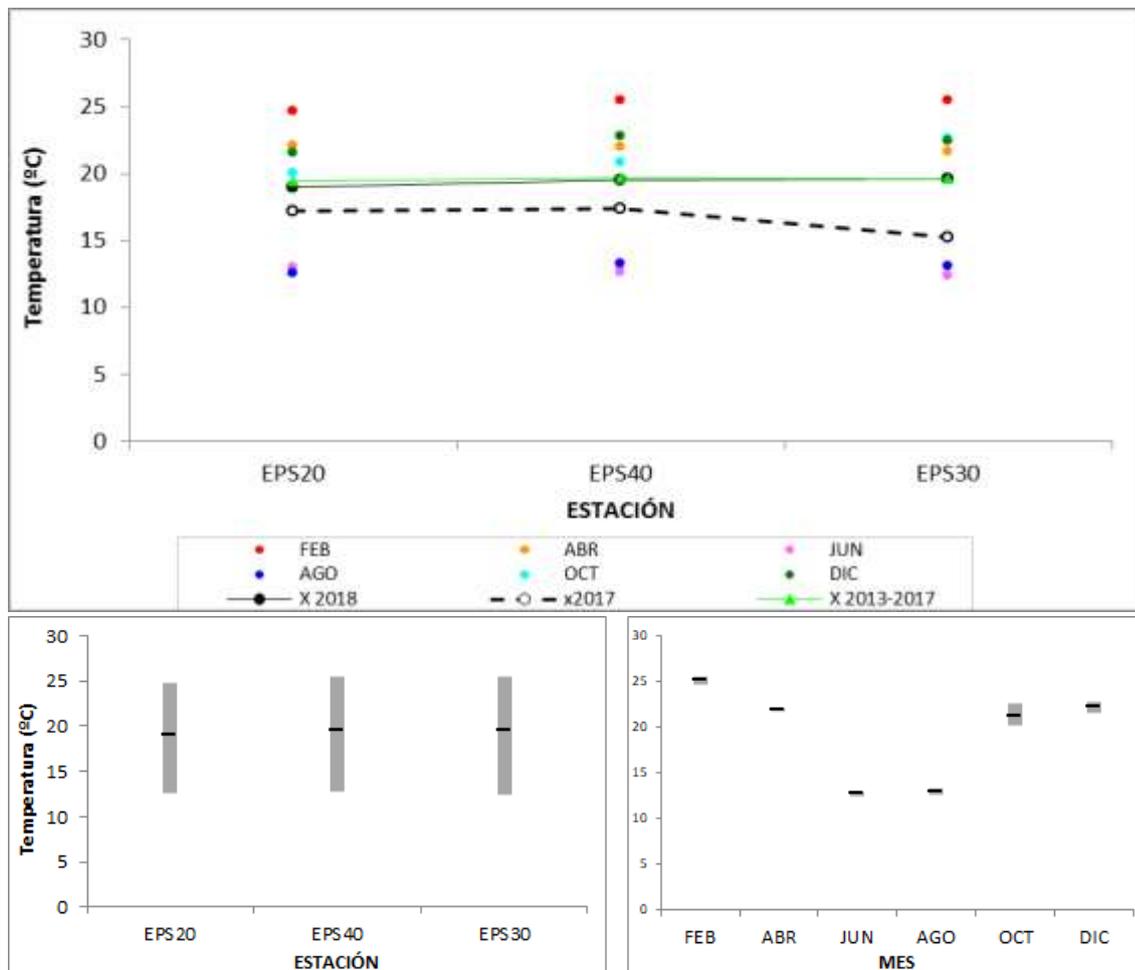


Figura 26. Superior: Fluctuaciones de Temperatura en el Embalse Paso Severino.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la temperatura en el río Santa Lucía Chico durante 2018.

3.3.1.2. Conductividad

La conductividad del agua del embalse durante 2018 se situó entre un máximo de 276.9 $\mu\text{S/cm}$ (EPS30, febrero), un mínimo de 98.4 $\mu\text{S/cm}$ (EPS20, agosto), con un promedio anual de 194.1 $\mu\text{S/cm}$ y mediana de 208.7 $\mu\text{S/cm}$ (Figura 27).

Los valores obtenidos de conductividad fueron mayores en 2018 respecto al 2017, lo cual se refleja en los promedios anuales, 156.0 $\mu\text{S/cm}$ en 2017 y 194.1 $\mu\text{S/cm}$ en 2018. Asimismo, los valores de conductividad registrados en 2018 fueron mayores a los registrados en los últimos 5 años, lo que se refleja en los promedios 178.0 NTU para el lustro y 194.1 $\mu\text{S/cm}$ en 2018.

La distribución espacial de la conductividad es uniforme en el embalse, con promedios similares en las tres estaciones. Temporalmente, se aprecia que en períodos cálidos la conductividad es más elevada, mientras que en los meses fríos se observan conductividades bajas.

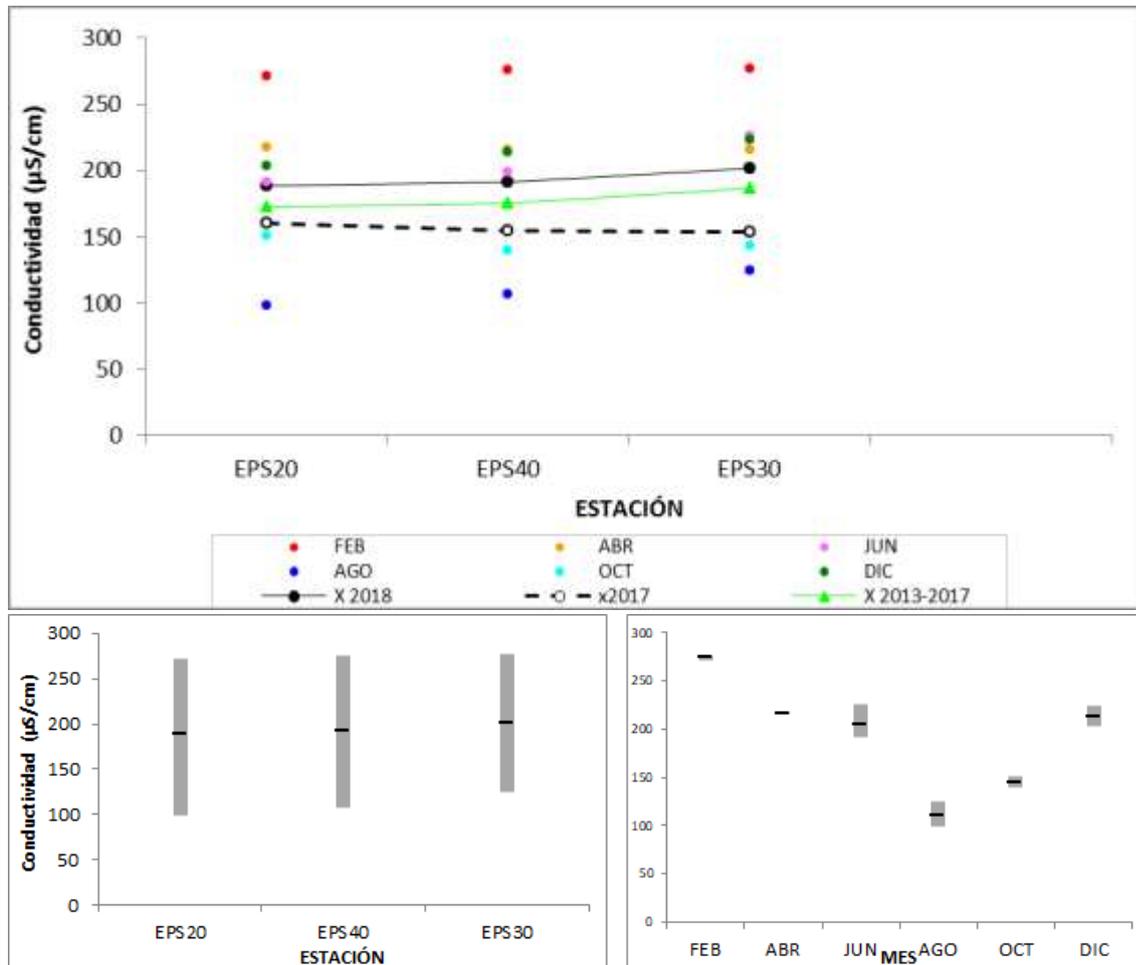


Figura 27. Superior: Fluctuaciones de Conductividad en el Embalse Paso Severino.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la conductividad en el 2018.

3.3.1.3. pH

Las fluctuaciones del pH mostraron un máximo de 8.1 (EPS40, febrero), un mínimo de 6.6 (EPS40, octubre), con un promedio anual de 7.5 y mediana de 7.6 (Figura 28).

Las curvas anuales de pH muestran que los valores promedio fueron menores durante 2018, esta pequeña diferencia se refleja en los promedios anuales, 7.7 en 2017 y 7,5 en 2018. Asimismo, las curvas anuales de pH del último lustro muestran valores similares a los obtenidos durante el 2018, lo que se refleja en los promedios, 7.4 en el lustro y 7.5 en 2018.

La variación espacial del pH dentro del embalse de Paso Severino es escasa. El cuerpo de agua muestra un pH homogéneo, con promedios muy similares entre estaciones y mostrando sólo escasas diferencias en la amplitud del rango de variación. Esta tendencia es contradictoria con la que se observa en el curso principal del río.

El 100% de los casos cumplieron con la norma establecida (6.5 - 8.5) para aguas naturales (clase 3).

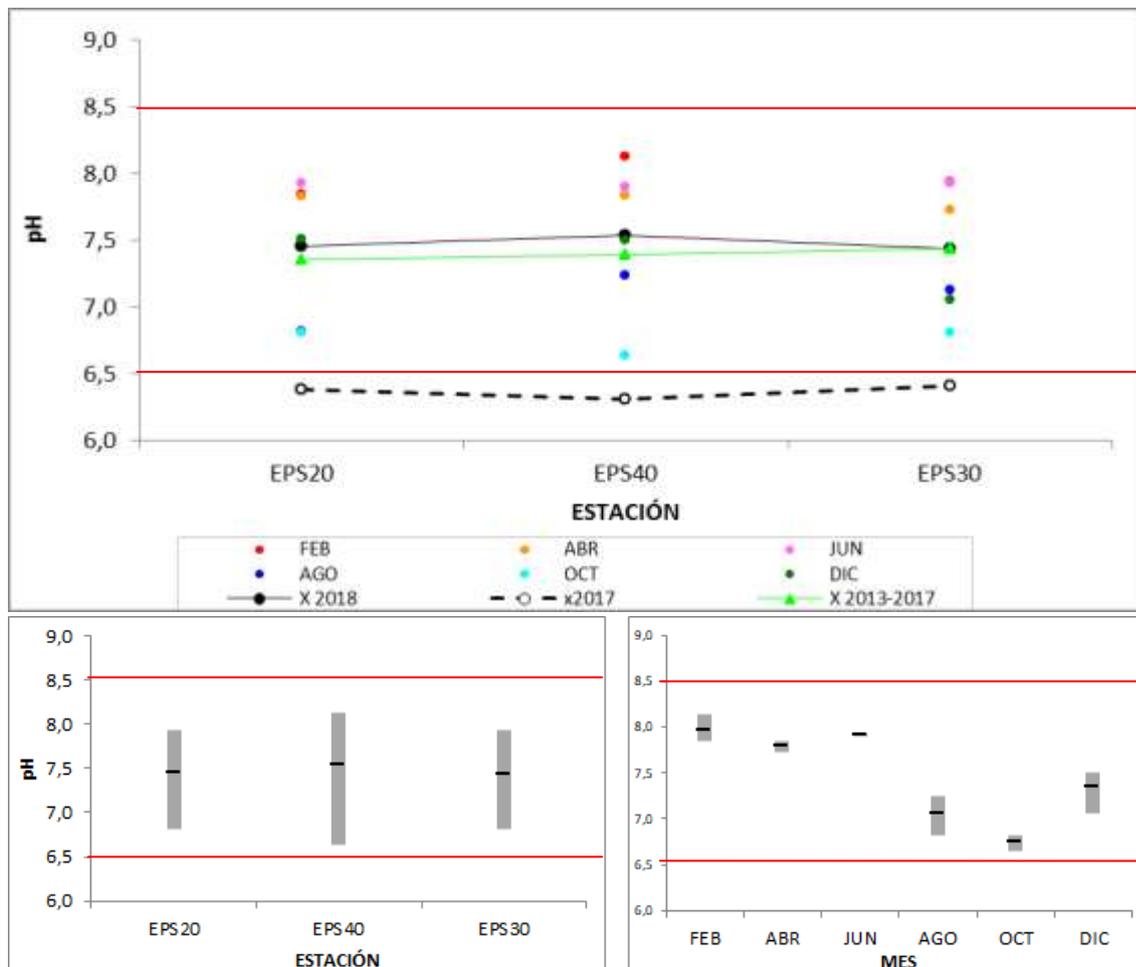


Figura 28. Superior: Fluctuaciones de pH en el embalse Paso Severino.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del pH en el embalse Paso Severino durante 2018.

--- Las líneas rojas continuas marcan estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.3.1.4. Oxígeno Disuelto (OD).

La concentración de OD se situó entre un valor máximo de 10.3 mg/l (EPS20, junio), un mínimo de 6.1 mg/l (EPS20, octubre), con un promedio de 8.3 mg/l y una mediana de 7.6 mg/l (Figura 29).

La distribución interanual de la concentración de OD es homogénea, observándose curvas de perfil similar, siempre con valores mayores durante 2018, lo que se refleja en los promedios anuales, de 7.0 mg/l para 2017 y 8.3 mg/l para 2018. Asimismo, se observan curvas de perfil similares respecto al lustro, lo que se refleja en los promedios calculados, 7.5 mg/l para el lustro y 8.30 mg/l para 2018.

La distribución temporal de las concentraciones de OD durante 2018 muestra el ciclo marcado por mayores concentraciones en aguas más frías. En éstas también se observan los mayores rangos de variación, fundamentalmente en el mes de junio.

La distribución espacial del OD en el embalse de Paso Severino durante 2018 es homogénea. Tanto a nivel de promedios como de rangos de variación las tres estaciones muestran concentraciones de OD muy similares.

En el período considerado, la totalidad de los registros estuvieron por encima del valor mínimo que indica el estándar de calidad (5 mg/l), no registrándose ningún incumplimiento al mismo, lo que muestra buenas condiciones de oxigenación en la superficie de todo el embalse de Paso Severino.

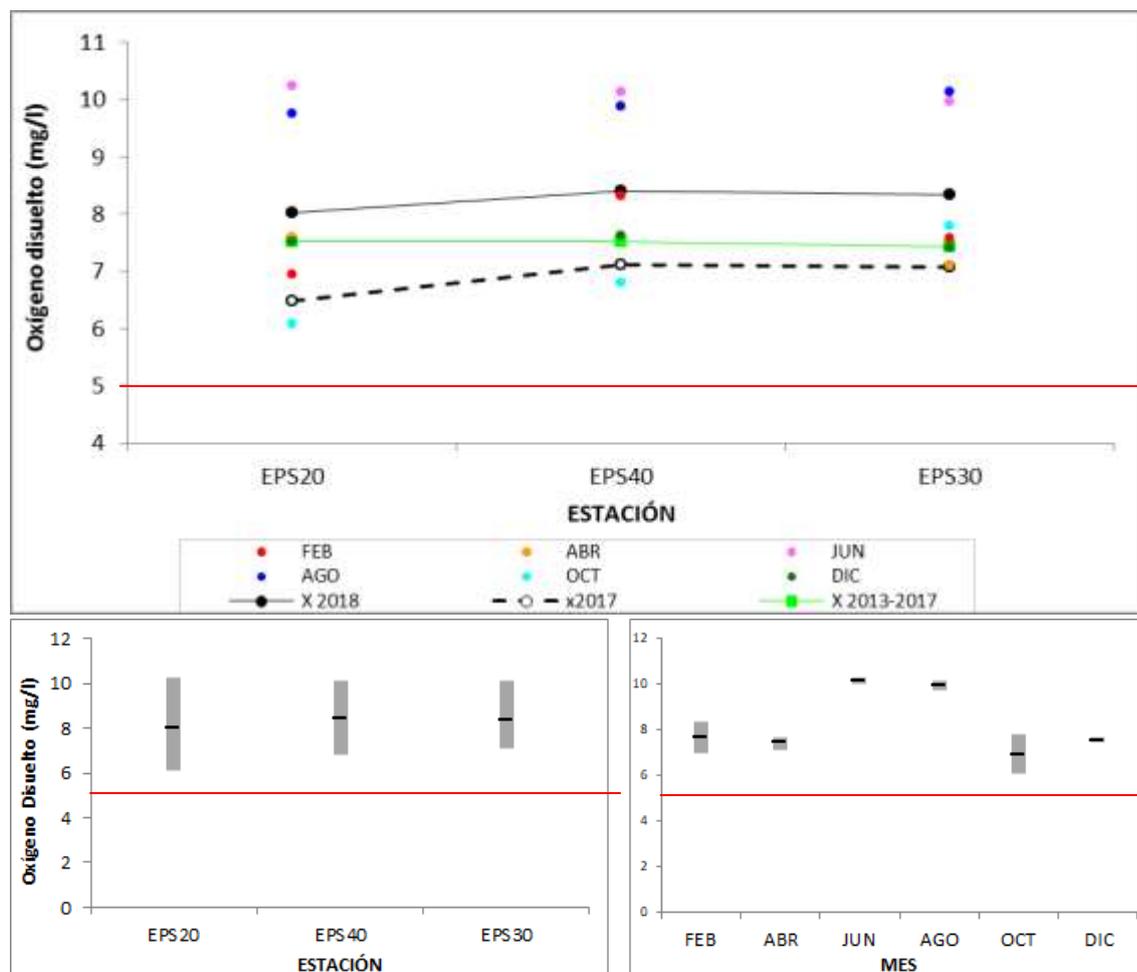


Figura 29. Superior: Fluctuaciones del oxígeno disuelto en el embalse Paso Severino.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del oxígeno disuelto en el embalse de Paso Severino durante 2018.

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.3.1.5. DBO₅

No se cuenta con datos de la demanda biológica de oxígeno para el embalse de Paso Severino.

3.3.1.6. Turbidez y Transparencia

Durante 2018, la turbidez se ubicó entre un máximo de 41.4 NTU (EPS40, agosto), un mínimo de 4.8 NTU (EPS20, febrero), con un promedio anual de 20.3 NTU y una mediana de 17.7 NTU (Figura 30).

Los valores de turbidez fueron siempre mayores durante 2018, produciendo promedios de 14.7 NTU en 2017 y de 20.3 NTU en 2018. Asimismo, los valores de turbidez registrados en 2018 fueron similares a los registrados en los últimos 5 años, lo cual se refleja en los promedios calculados, 20.9 NTU para el lustro y 20.3 NTU para el 2018.

No se aprecia ningún patrón temporal de variación de la turbidez en el embalse, siendo ésta muy dependiente de la precipitación. Espacialmente se observa una tendencia a mayores valores de turbidez en aguas frías y menores en aguas calientes.

Durante el monitoreo de 2018, el 100% de los registros de este parámetro cumple con el estándar de calidad (50 NTU).

Con respecto a la transparencia, no se detalla debido los escasos registros obtenidos durante el 2018 a causa de dificultades técnicas o situaciones climatológicas.

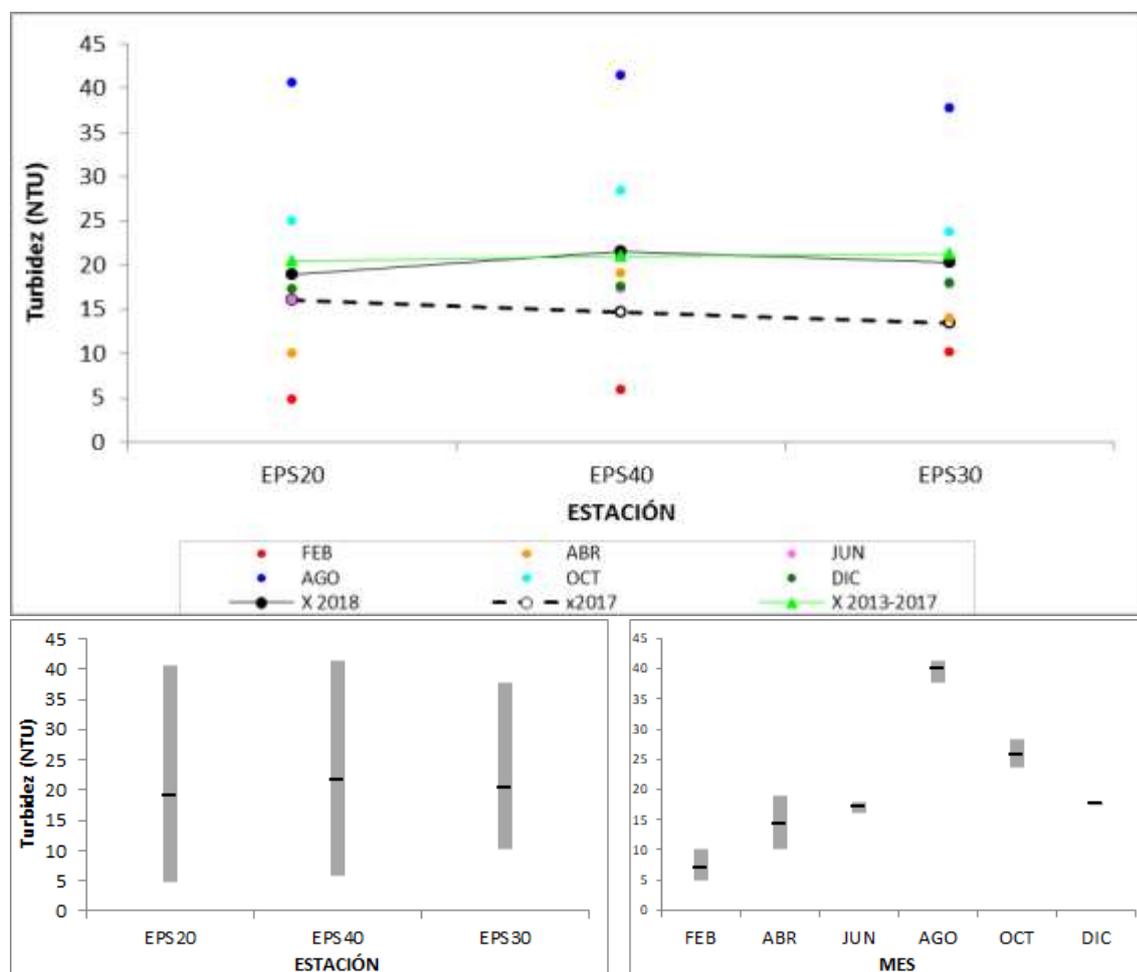


Figura 30. Superior: Fluctuaciones de la Turbidez en la cuenca del Embalse Paso Severino durante 2018. **Inferior:** Variación temporal (izquierda) y espacial (derecha) de la turbidez en el embalse de Paso Severino durante 2018.

3.3.3. Nutrientes

3.3.3.1. Nitrogenados

El nitrato en el embalse de Paso Severino registró un valor máximo de 0.81 mg/l (EPS30, junio), un mínimo de 0.08 mg/l (EPS30 febrero), con un promedio anual de 0.46 mg/l y una mediana de 0.46 mg/l.

Temporalmente se observa una tendencia similar en la concentración de NO_3^- con respecto a 2017, con un promedio calculado de 0.55 mg/l en 2017 y de 0.46 mg/l en 2018. En

comparación en el lustro los valores de NO_3^- fueron mayores en 2018, produciendo promedios de 0.50 mg/l lustro y 0.46 mg/l en 2018.

Esta variable no muestra un ciclo anual detectable, mientras que a nivel de variación espacial se observa homogeneidad en las estaciones del embalse, como ya había sido descrito por De León & Hill (2015).

De acuerdo con la normativa actual y con la propuesta de modificación, las concentraciones de NO_3^- en el embalse cumplen en un 100% (norma: ≤ 5 mg/l).

El nitrito (NO_2^-) en el embalse de Paso Severino registró un valor máximo de 0.023 mg/l (EPS30, octubre) y un mínimo de 0.004 mg/l (EPS20, EPS30, EPS40, abril y EPS20, EPS40, diciembre), con un promedio anual de 0.011 mg/l y una mediana de 0.013 mg/l.

Los valores de NO_2^- fueron siempre menores durante 2018 respecto al 2017, produciendo promedios de 0.020 mg/l en 2017 y de 0.011 mg/l en 2018. En comparación en el lustro los valores de NO_2^- fueron siempre menores, lo cual se refleja en los promedios, 0.019 mg/l lustro y 0.011 mg/l en 2018.

Esta variable no muestra un ciclo anual detectable, mientras que a nivel de variación espacial se observa homogeneidad en las estaciones del embalse.

Estos bajos valores implican el cumplimiento de la norma (≤ 0.1 mg/l) en el 100 % de las muestras.

El amonio libre en Paso Severino registró un valor máximo de 0.0052 mg/l (EPS30, febrero), un mínimo de 0.0002 mg/l (EPS40, octubre), con un promedio anual de 0.0012 mg/l y una mediana de 0.00064 mg/l.

Los valores de amonio libre fueron siempre menores durante 2018 respecto al 2017, produciendo promedios de 0.320 mg/l en 2017 y de 0.012 mg/l en 2018. En comparación en el lustro, los valores de fueron siempre menores, lo cual se refleja en los promedios, 0.065 mg/l lustro y 0.012 mg/l en 2018.

No se percibe un patrón de variación temporal definido durante el ciclo anual.

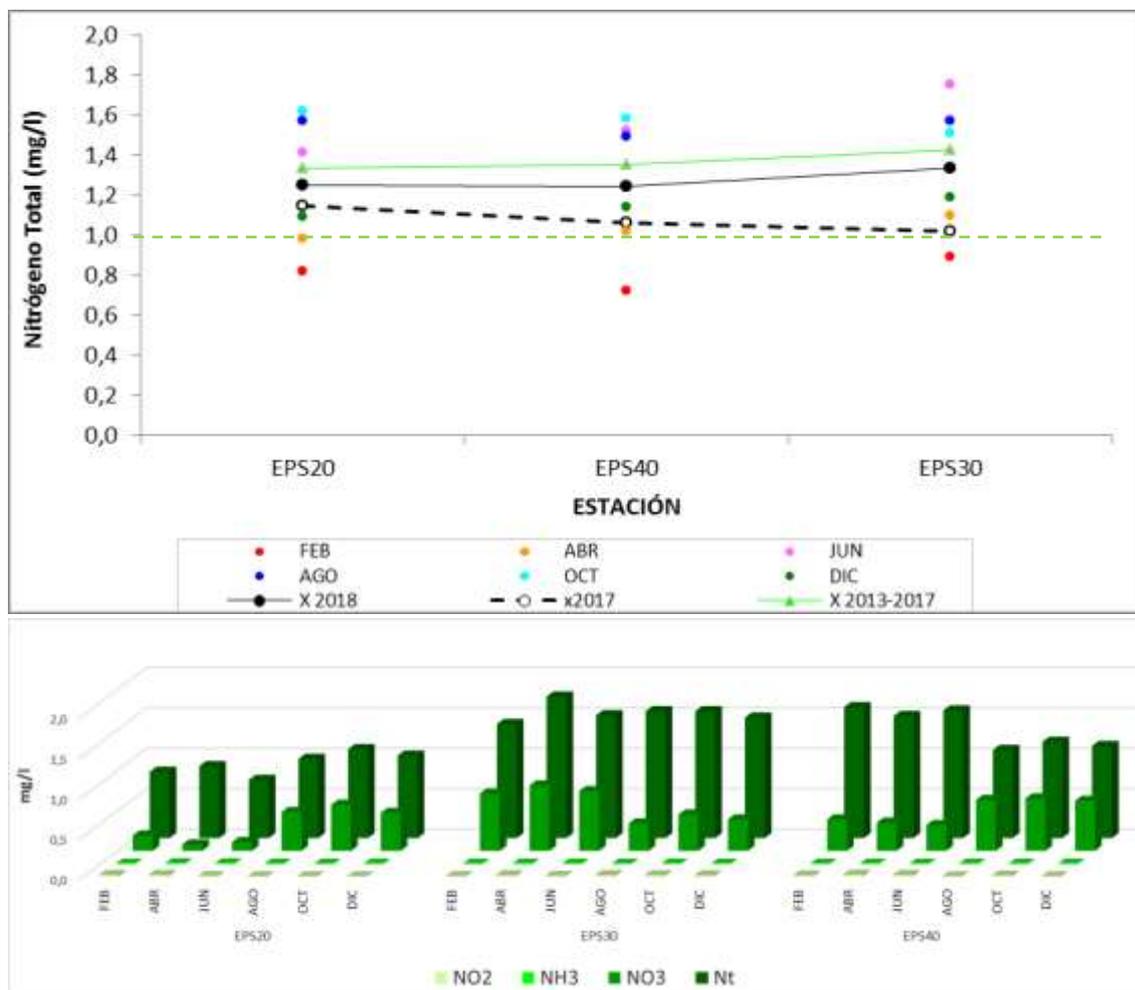
El 100% de las muestras de amonio libre tomadas durante 2018 cumplen con el estándar.

3.3.3.2. Nitrógeno Total (NT)

Las concentraciones de NT en el embalse de Paso Severino se ubicaron entre un máximo de 1.8 mg/l (EPS30, junio), un mínimo de 0.7 mg/l (EPS40, febrero), con un promedio de 1.3 mg/l y una mediana de 1.3 mg/l (Figura 31).

Se aprecia un comportamiento similar de la concentración de NT entre 2017 y 2018 (Figura 31), con promedios de 1.1 mg/l para 2017 y 1.3 mg/l para 2018. En comparación en el lustro los valores de NT fueron similares, produciendo promedios de 1.4 mg/l en lustro y 1.3 mg/l en 2018.

No se observa un patrón de variación anual discernible en las aguas del embalse. Asimismo, la distribución espacial es homogénea en las cuatro estaciones, donde tanto las medias como los rangos de variación son similares.



3.3.3.3. Fosforo Total (PT).

El PT fue detectado en concentraciones situadas entre un máximo de 510 $\mu\text{g/l}$ (EPS30, febrero), un mínimo de 340 $\mu\text{g/l}$ (EPS30, octubre), con un promedio de 426 $\mu\text{g/l}$, y una mediana de 470 $\mu\text{g/l}$ (Figura 32).

Los valores observados son siempre superiores durante 2017, produciéndose una diferencia de concentración de 81 $\mu\text{g/l}$ en los promedios anuales, con 345 $\mu\text{g/l}$ durante 2017 y 426 $\mu\text{g/l}$ en 2018. En comparación con el lustro los valores de PT fueron similares, produciendo promedios de 472 mg/l en lustro y 426 mg/l en 2018.

Esta variable no mostró un patrón de variación anual ni tampoco heterogeneidad espacial entre las diferentes estaciones. Las tres estaciones muestran promedios y rangos de variación muy similares durante todo el 2018.

Los niveles de PT en el Embalse Paso Severino exceden largamente el valor del estándar en la totalidad de los registros. De acuerdo con los resultados obtenidos, el 100 % de los resultados incumplió con el valor estándar propuesto de 30 $\mu\text{g/l}$ de PT.

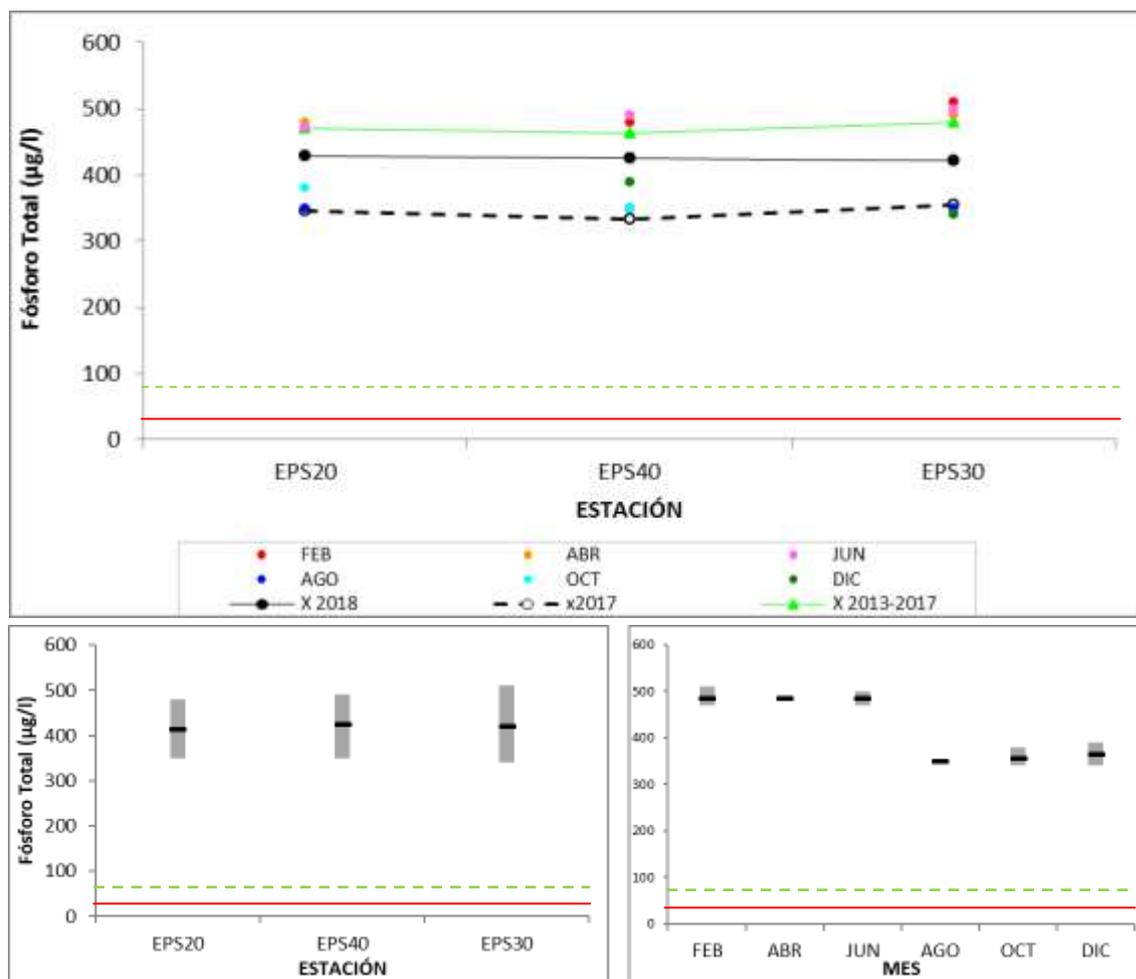


Figura 32. Superior: Fluctuaciones de fósforo total en el Embalse Paso Severino.
Inferior: Variación temporal (derecha) y espacial (izquierda) del fósforo total en el embalse de Paso Severino durante 2018.

- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.
- - - .La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido GESTA (agua) 2014.

3.3.4. Sólidos

Los registros de sólidos suspendidos totales y sólidos totales, se llevaron a cabo a partir de octubre del 2018.

3.3.4.1. Sólidos suspendidos totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales estuvieron comprendidos entre un valor máximo de 4.6 mg/l (EPS20, febrero) y mínimo de 3.1 mg/l (EPS20, EPS30, EPS40, diciembre y octubre), con un promedio de 4.4 mg/l y una mediana de 4.6 mg/l (Figura 33).

La distribución de los SST marca una tendencia al aumento de concentración hacia la desembocadura, siendo el punto EPS20 que presentan mayor variabilidad, mientras que las estaciones EPS40 y EPS30 promedialmente son parecidas. También se observa una tendencia de aumento de la concentración de SST en los meses de diciembre y octubre.

3.3.4.2. Sólidos totales (ST)

Los sólidos totales estuvieron comprendidos entre un valor un máximo de 200 mg/l (EPS40, diciembre) y mínimo de 130 mg/l (EPS30, octubre), con un promedio de 165 mg/l y una mediana de 165 mg/l (Figura 33).

La distribución de los ST tiende a ser homogénea a lo largo de las estaciones, salvo la estación EPS40 que se observa un leve aumento con la estación EPS20 y una leve disminución respecto a la estación EPS30. Por otro lado, las estaciones que presentaron mayor variabilidad fueron EPS40 y EPS30. También se observa un aumento de la concentración de ST en el mes diciembre respecto al mes octubre.

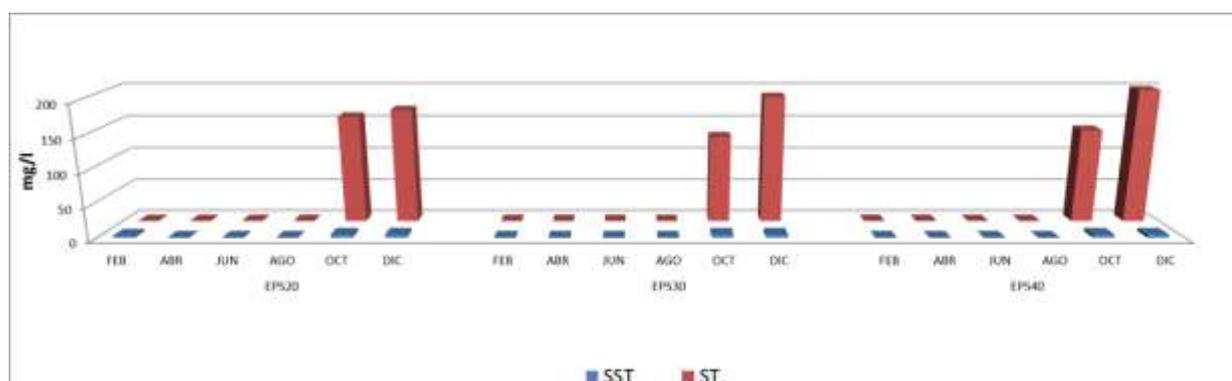


Figura 33. Variación espacial y temporal de los sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos totales (ST) en el embalse Paso Severino durante 2018.

3.3.5. Variables Biológicas

3.3.5.1. Clorofila-a

La concentración de la clorofila-a en el agua del embalse, indicador de la presencia de organismos fotosintetizadores, registró un rango entre un máximo de 38.0 $\mu\text{g/l}$ (EPS40, octubre) y un mínimo de 1.1 $\mu\text{g/l}$ con un promedio de 5.8 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 3.2 $\mu\text{g/l}$ (Figura 34).

Se observa un incremento de la concentración de clorofila-a con respecto al año precedente, con un promedio anual de 1.2 $\mu\text{g/l}$ en 2017 y de 5.8 $\mu\text{g/l}$ en 2018. En comparación en el lustro se obtuvieron valores superiores, lo que se refleja en los promedios de 0.9 $\mu\text{g/l}$ en lustro y 5.8 $\mu\text{g/l}$ en 2018.

La variación temporal de la clorofila es escasa, a excepción del punto de máxima concentración, en octubre, que revelaría una situación puntual de floración de fitoplancton. En los muestreos de febrero y abril se observa un leve aumento en la concentración de clorofila-a, que podría estar revelando el clásico pico de verano. Desde el punto de vista espacial, solo se detectan concentraciones en el punto EPS40 el promedio anual y los rangos de variación son mayores en esa estación.

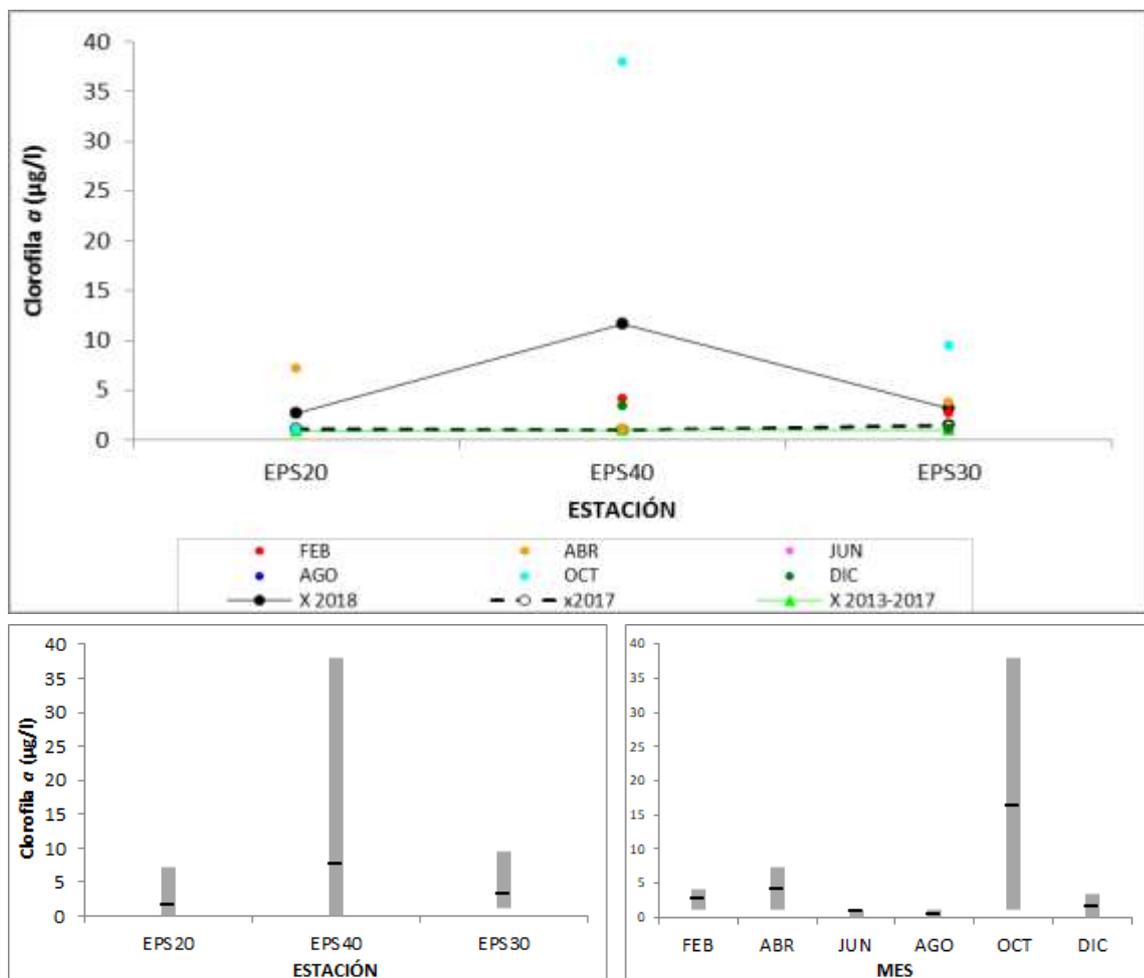


Figura 34. Superior: Fluctuaciones de clorofila-a en el Embalse Paso Severino.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la clorofila-a durante 2018.

3.3.5.2. Feofitina-a

La feofitina-a varió entre un máximo de 3.8 µg/l (EPS40, octubre), los valores mínimos estuvieron por debajo del límite de la técnica, con un promedio de 2.0 µg/l y una mediana de 1.9 µg/l (Figura 35).

Se aprecia una notoria disminución de la concentración de feofitina-a con respecto al año precedente, siendo el promedio de 5.1 µg/l en 2017 y 2.0 µg/l en 2018.

La variación de la feofitina-a muestra un pico en el mes de octubre, el cual concuerda con el pico de clorofila-a observado en el mismo mes y en la misma estación de monitoreo (EPS40), debido a una floración de cianobacterias, el resto de las estaciones se mantuvieron en rangos similares de concentración el resto del año.

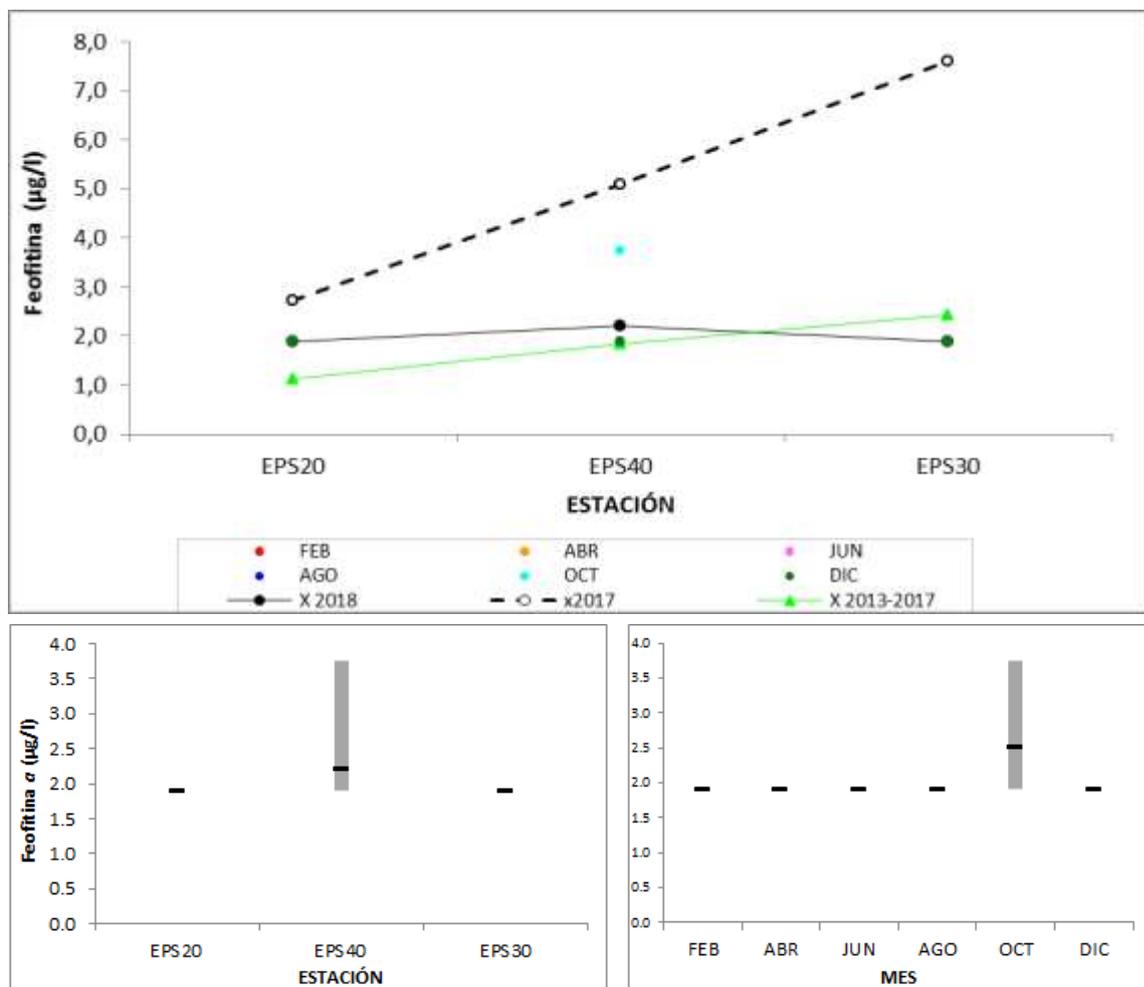


Figura 35. Superior: Fluctuaciones de la feofitina-a en el Embalse Paso Severino.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la feofitina-a durante 2018.

3.3.5.3. Coliformes termotolerantes (Ct).

Los Ct en el embalse de Paso Severino registraron densidades bajas, siendo la máxima de 40 UFC/100 ml (EPS20, octubre) y la mínima de 10 UFC/100 ml, mientras que el promedio se situó en 13.3 UFC/100 ml y la mediana fue de 10 UFC/100 (Figura 36).

Se observa un incremento de los Ct con respecto al año precedente, con un promedio anual de 3.3 UFC/100ml en 2017 y de 13.3 UFC/100ml en 2018. En comparación en el lustro los Ct fueron similares, lo que se refleja en los promedios de 12.7 mg/l en lustro y 13.3 mg/l en 2018.

En la variación temporal se observa que en los sitios EPS20 y EPS30 se tienen las mayores concentraciones de Ct promedialmente y mayores variaciones. En el caso de la variación espacial se observa una mayor vaciación en los meses de agosto y octubre.

A lo largo de todo 2018 las abundancias de Ct fueron mínimas. Las muy bajas densidades observadas indican que los Ct se mantuvieron durante 2018 en valores dentro de los estándares de calidad que indica la legislación (2000 UFC/100 ml) en el 100 % de los casos.

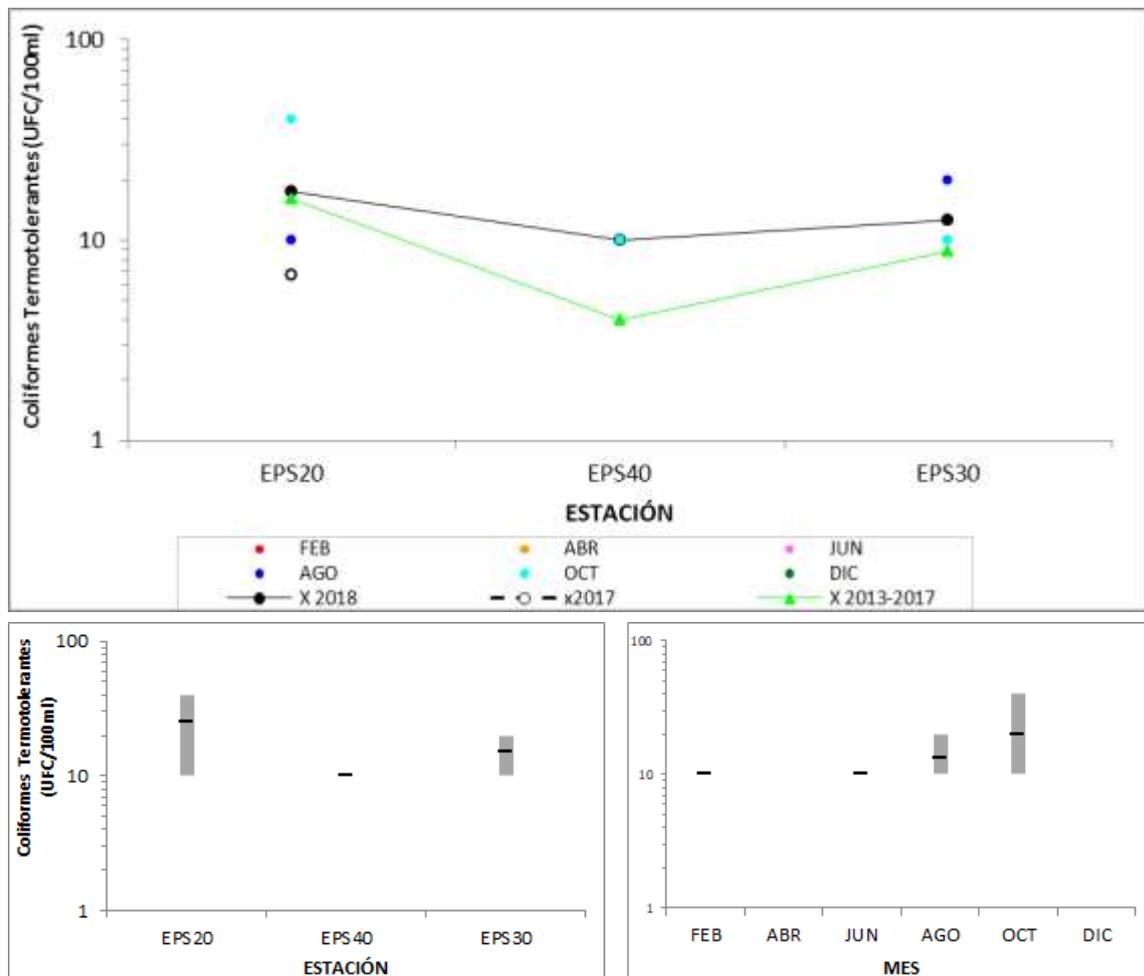


Figura 36. Superior: Fluctuaciones de coliformes termotolerantes.

Inferior: Variación temporal (derecha) y espacial (izquierda) de los coliformes termotolerantes en el Embalse Paso Severino durante 2018 (escala logarítmica).

3.3.7. AOX

Los AOX sólo son medidos en la estación EPS20.

Solo una medida de AOX supero los límites de la técnica, registrándose en el mes de junio con un valor de 19 µg/l. El resto de los valores registrados no superaron el límite de cuantificación de la técnica (n=5).

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.

3.3.8. Síntesis Embalse Paso Severino.

De las variables estudiadas, siete de ellas cumplen con los estándares de calidad en el 100% de los registros. Estas son: pH, turbidez, Coliformes termotolerantes, oxígeno disuelto, nitratos y nitritos. El fósforo total no cumplió con los niveles aceptados en ninguna de las muestras tomadas, de ahí que tenga un incumplimiento de 100 %.

El embalse de Paso Severino muestra una calidad de agua mayormente homogénea y, considerando los porcentajes de cumplimiento de los estándares de calidad, en líneas generales, la calidad de agua del embalse Paso Severino es aceptable.

3.4. Río San José

En esta subcuenca, el programa de monitoreo incluye dos niveles de muestreo. El monitoreo de nivel 1, sobre el curso principal del río (Figura 37), incluye estaciones desde la cuenca alta hasta su desembocadura en el río Santa Lucía. El monitoreo de nivel 2, incluye una estación ubicada en el cauce del arroyo Cagancha (Figura 37), el cual recibe los vertidos de una industria láctea. A partir de las medidas de protección de la cuenca del Santa Lucía, dicha industria debió corregir el sitio de vertido y estos serán los primeros resultados posteriores a este cambio, permitiendo analizar si la medida fue beneficiosa para el sistema.

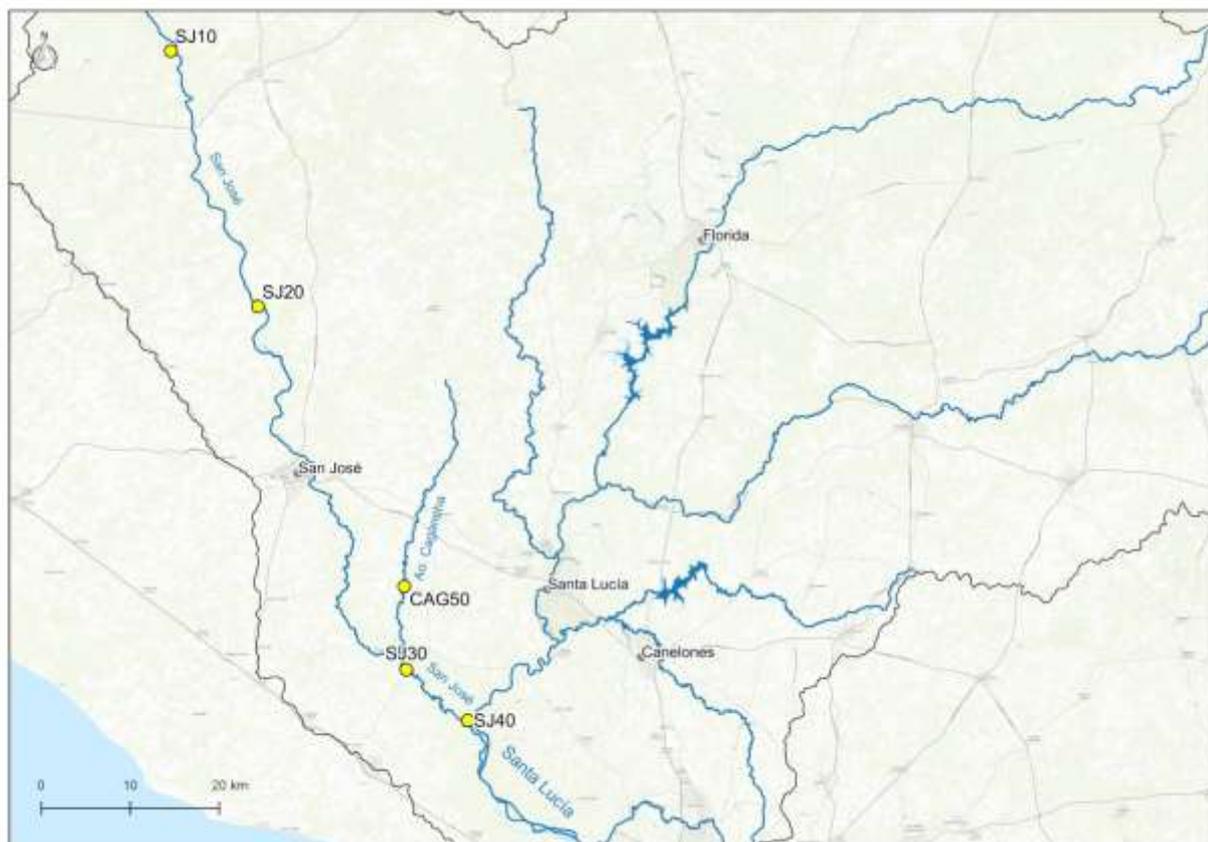


Figura 37. Localización de las estaciones de muestreo del río San José.

3.4.1. Parámetros fisicoquímicos.

3.4.1.1. Temperatura

La temperatura del río San José osciló entre valores extremos de 29.4 °C de máxima y un mínimo de 12.0 °C, con un promedio anual de 19.0 °C y una mediana de 19.4 °C (Figura 38).

El comportamiento de la temperatura es similar a la de 2017, lo cual se refleja en los promedios calculados, de 19.0 °C en 2017 y 2018.

La variación temporal de la temperatura durante 2018 muestra el clásico ciclo estacional con máximos en verano y mínimos en invierno. La variación espacial es escasa; a pesar de la distancia entre estaciones esta variable es homogénea a lo largo de toda la cuenca.

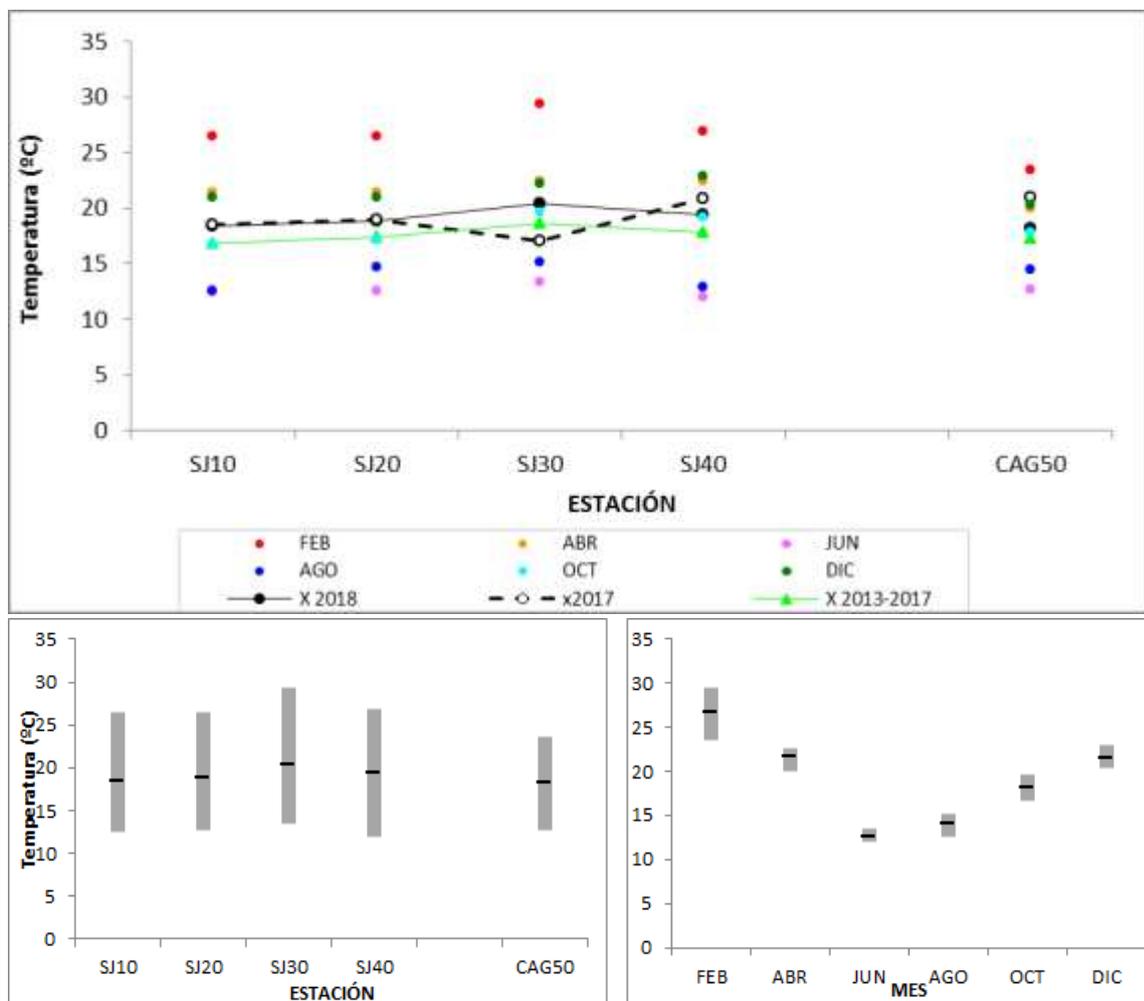


Figura 38. Superior: Fluctuaciones de Temperatura en el río San José y Ao. Cagancha.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la temperatura en el río San José y Ao. Cagancha durante 2018.

3.4.1.2. Conductividad

La conductividad del agua en la cuenca del río San José en 2018 se ubicó entre un valor máximo de 752.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un mínimo de 224.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un promedio anual de 373.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una mediana de 346.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 39).

Los valores obtenidos de conductividad fueron mayores en 2018 respecto al 2017, lo cual se refleja en los promedios anuales, 251.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2017 y 373.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018. Asimismo, los valores de conductividad registrados en 2018 fueron mayores a los registrados en los últimos 5 años, lo que se refleja en los promedios: 336.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el lustro y 373.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018.

No se observa un patrón de variación temporal definido durante el año de muestreo. La distribución espacial de la conductividad muestra un leve aumento desde las nacientes hacia la desembocadura. Se destaca que las aguas de la estación CAG50 (Ao. Cagancha), tienen una conductividad mayor que las del río San José. A pesar del aumento de esta variable hacia la desembocadura, se observa una conductividad levemente superior en la estación SJ30 con respecto a SJ40. Probablemente la conductividad de SJ30 sea influenciada por las aguas del Ao. Cagancha, que desemboca en las cercanías (aguas arriba), con una conductividad mayor.

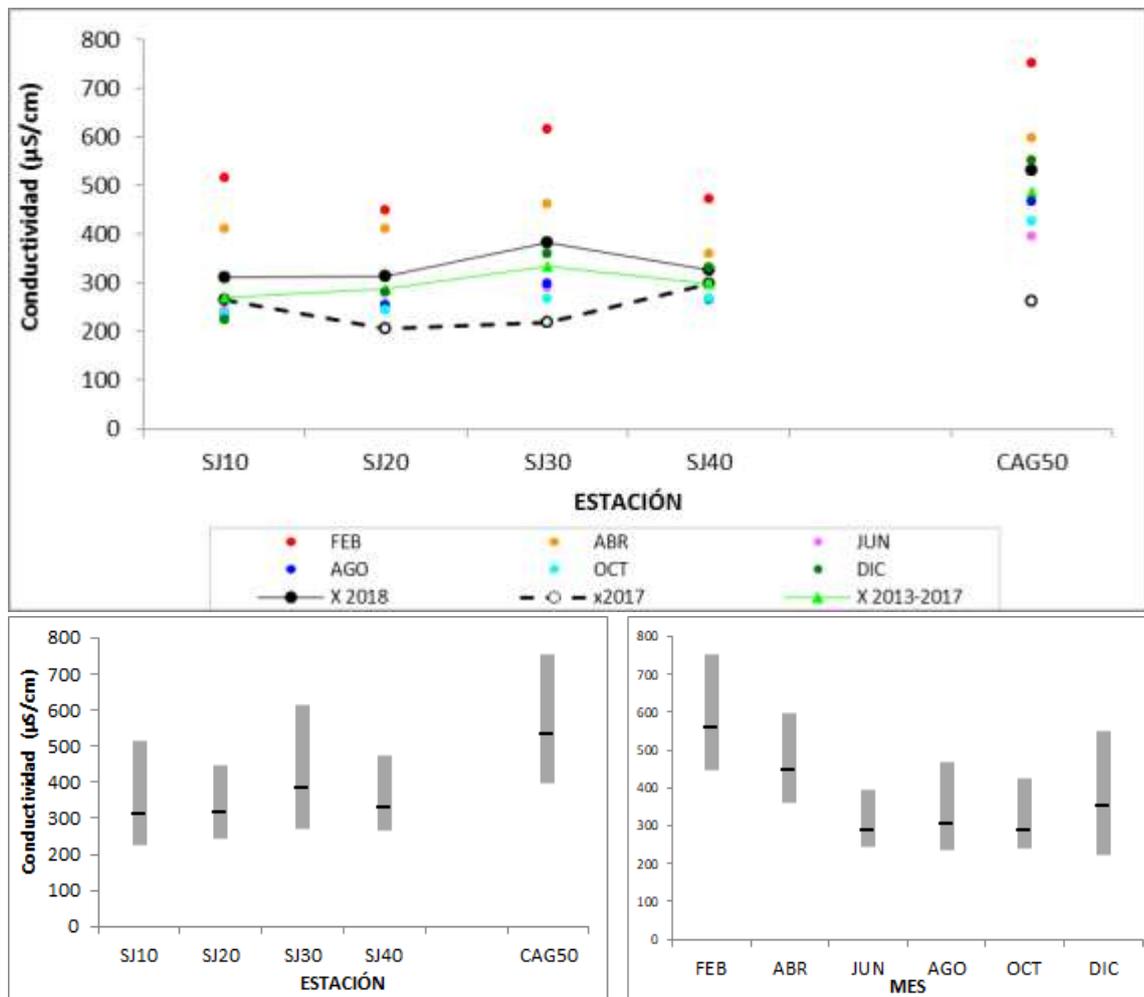


Figura 39. Superior: Fluctuaciones de la conductividad en el río San José y Ao. Cagancha.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la conductividad en el río San José y Ao. Cagancha durante 2018.

3.4.1.3. pH

Los valores de pH en la subcuenca del río San José durante 2018 fluctuaron entre un máximo de 8.6, un mínimo de 6.7, con un promedio de 7.5 y una mediana de 7.6 (Figura 40).

Las curvas anuales de pH muestran que los valores promedio son similares a los del año precedente, lo que se refleja en los promedios anuales, 7.8 en 2017 y 7.5 en 2018. Asimismo, las curvas anuales de pH del último lustro muestran valores similares los cual se refleja en los promedios calculados, 7.4 en el lustro y 7.5 en 2018.

El pH se distribuye en forma homogénea en toda la subcuenca del río San José, con promedios similares en las cinco estaciones, aunque en la estación SJ40 el rango de variación es un poco más amplio que en el resto de las estaciones. Respecto a la variación temporal se observa en líneas generales que durante los meses fríos los valores de pH son menores (excepto en un único caso registrado en la estación SJ10, junio).

De acuerdo al Decreto 253/79 y modificativos/79, el rango de pH debe oscilar entre 6.5 y 8.5 por lo que el 97% de las muestras cumplieron con este estándar de calidad.

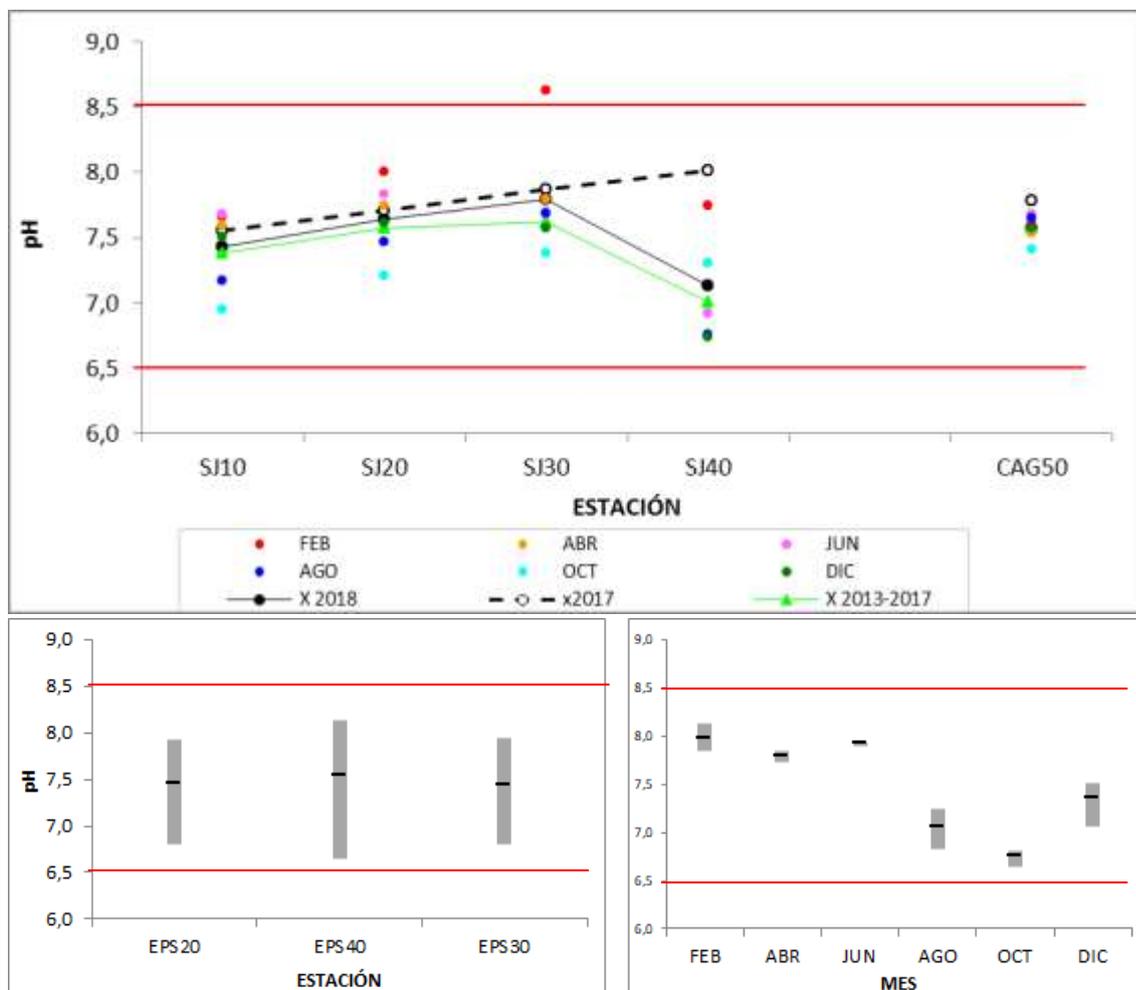


Figura 40. Superior: Fluctuaciones del pH en el río San José y Ao. Cagancha.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del pH en el río San José y Ao. Cagancha durante 2018.

--- La líneas rojas continuas marcan estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.4.1.4. Oxígeno disuelto (OD)

La concentración de OD se ubicó entre valores extremos de 11.8 mg/l de máxima y 2.9 mg/l de mínima, con un promedio de 7.4 mg/l y una mediana de 7.6 mg/l (Figura 41).

Los valores observados de OD siempre con valores similares al 2017, lo que se refleja en los promedios anuales, de 8.9 mg/l para 2017 y 7.4 mg/l para 2018. Asimismo, se observan curvas de perfil muy similares, respecto al lustro, lo que se refleja en los promedios, 7.5 mg/l para el lustro y 7.4 mg/l para 2018.

La fluctuación temporal de esta variable muestra el clásico ciclo con mayores concentraciones en aguas más frías. De esta forma, durante los meses invernales la oxigenación del río San José es excelente (en toda la subcuenca), pero en los meses estivales ésta desciende a valores de riesgo en la cuenca alta posiblemente por bajo caudal (SJ10) y en el Ao. Cagancha (CAG50) por carga orgánica

Si se considera el valor guía establecido en el decreto 253/79, sólo el 10% de los valores no cumplieron con la norma de ≥ 5 mg/l. Si se consideran valores potencialmente “de riesgo”, por debajo de 6 mg/l, este porcentaje aumenta al 26.7%.

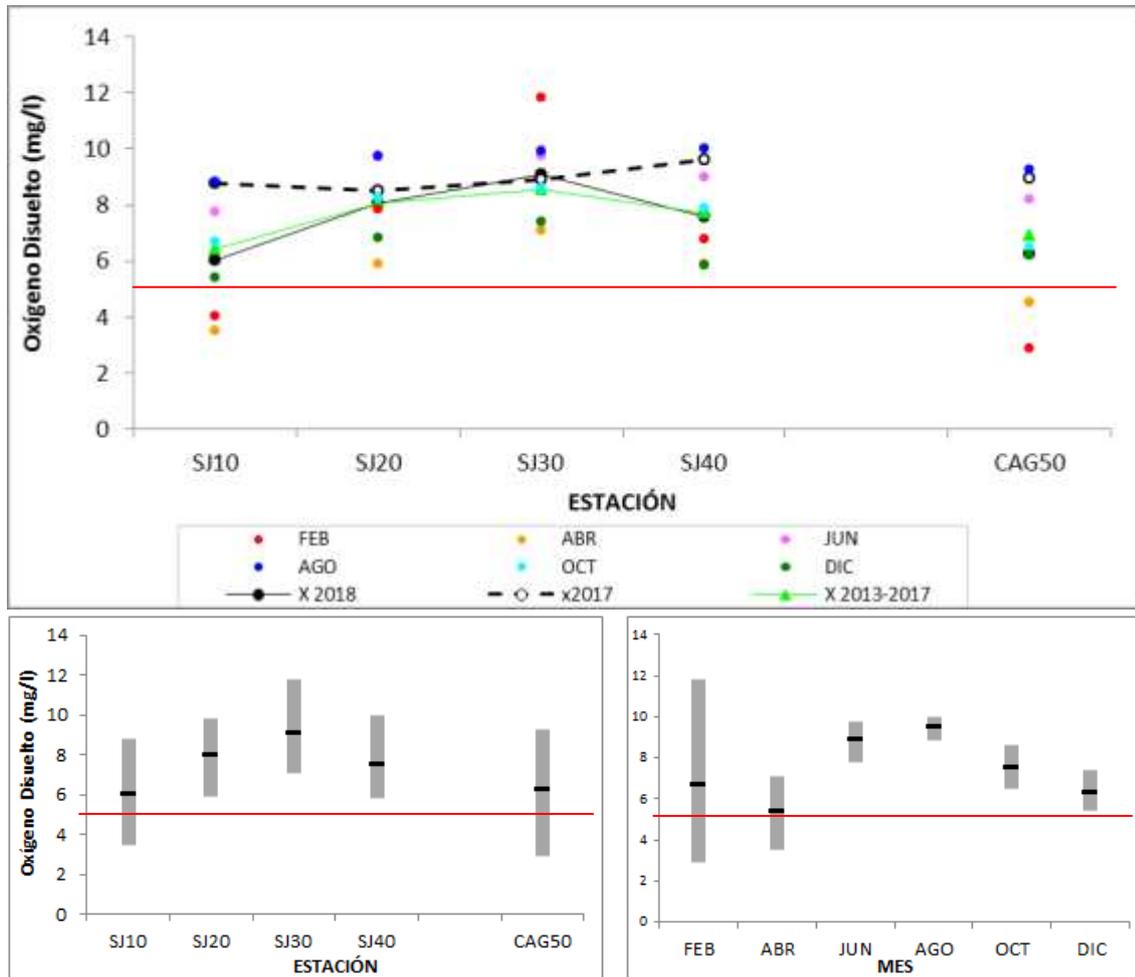


Figura 41. Superior: Fluctuaciones del oxígeno disuelto en el río San José y Ao. Cagancha.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del oxígeno disuelto en el río San José y Ao. Cagancha durante 2018.

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.4.1.5. DBO₅

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) mostró valores ubicados entre un máximo de 4.7 mg/l, un mínimo de 0.9 mg/l, el promedio anual fue de 1.9 mg/l y la mediana 1.5 mg/l (Figura 42).

Los valores de DBO₅, siempre con valores mayores durante 2018, se refleja en los promedios anuales, de 0.5 mg/l para 2017 y 1.9 mg/l para 2018. Asimismo, se observan curvas de perfil similares, respecto al lustro, lo que se refleja en los promedios, 1.7 mg/l para el lustro y 1.9 mg/l para 2018.

No se observa un ciclo de variación temporal definido a lo largo del año de muestreo. La distribución espacial de las concentraciones de DBO₅ no fue homogénea en toda la cuenca.

En esta subcuenca, el 100 % de los valores obtenidos cumplieron con el valor estándar fijado en el decreto 253/79 (≥ 10 mg/l).

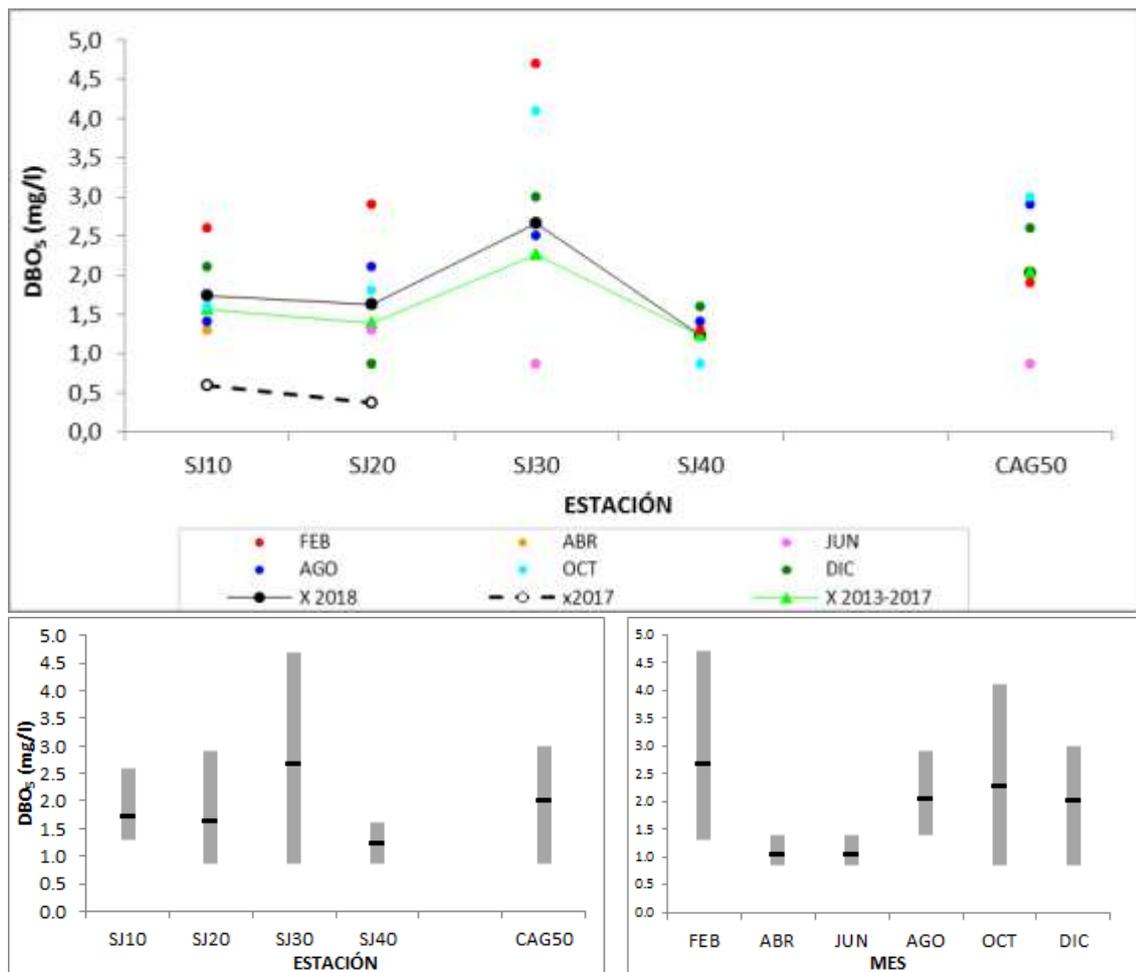


Figura 42. Superior: Fluctuaciones de DBO₅ en el río San José y Ao. Cagancha.
Inferior: variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la DBO₅ en el río San José y Ao. Cagancha durante 2018.

3.4.1.6. Turbidez

La turbidez del río San José fluctuó entre un máximo de 41.2 NTU y un mínimo de 4.6 NTU, con un promedio de 21.3 NTU y una mediana de 21.8 NTU (Figura 43).

Los valores de turbidez fueron siempre mayores durante 2018, produciendo promedios de 7.5 NTU en 2017 y de 21.3 NTU en 2018. Asimismo, los valores de turbidez registrados en 2018 fueron similares a los registrados en los últimos 5 años, lo cual se refleja en los promedios calculados de 22.7 NTU para el lustro y 21.3 NTU para el 2018.

La distribución espacial muestra el promedio más alto en SJ30, aunque el rango de variación más grande se observa en SJ30 (el cual tiene aportes del Ao. Cagancha) y SJ20. La tendencia temporal de la turbidez es a mostrar valores mayores en las estaciones frías.

El 100 % de los valores de turbidez del río San José cumplió con el estándar fijado en el decreto (50 NTU).

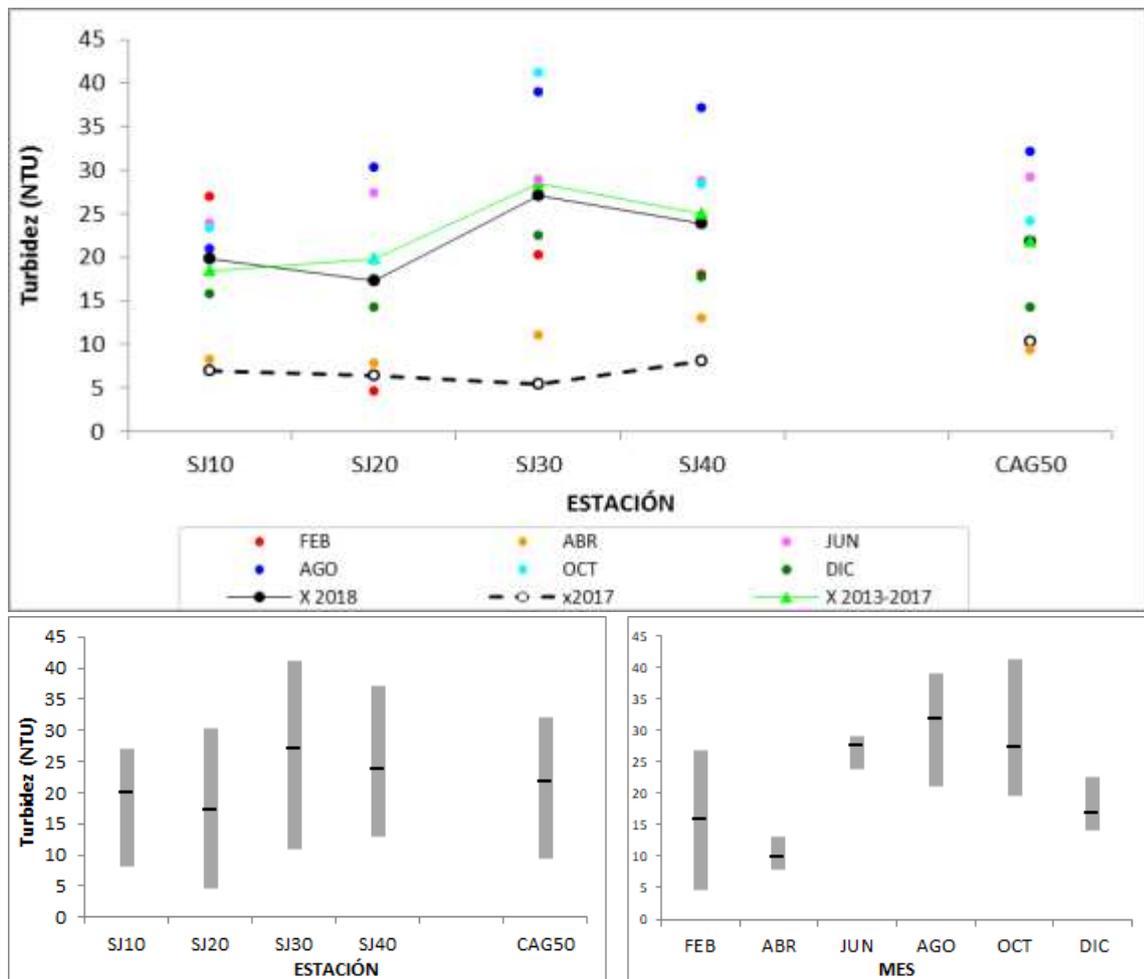


Figura 43. Superior: Fluctuaciones de la turbidez en el río San José y Ao. Cagancha.
Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la turbidez en el río San José y Ao. Cagancha durante 2018.

3.4.3. Nutrientes

3.4.3.1. Nitrogenados

Las concentraciones de NO_3^- en el río San José durante 2018 se ubicaron entre un valor máximo de 1.20 mg/l y un mínimo de 0.02 mg/l en tres oportunidades, mientras que el promedio fue de 0.50 mg/l y una mediana de 0.43 mg/l.

Temporalmente se observa una tendencia similar en la concentración de NO_3^- con respecto a 2017, con un promedio calculado de 0.20 mg/l en 2017 y de 0.46 mg/l en 2018. En comparación en el lustro los valores de NO_3^- fueron similares en 2018, produciendo promedios de 0.48 mg/l lustro y 0.47 mg/l en 2018.

Esta variable no muestra un ciclo de variación temporal definido. Espacialmente no se observan tendencias.

Los niveles de NO_3^- estuvieron siempre dentro del estándar que establece el Decreto 253/79 (≤ 5 mg/l).

El nitrito (NO_2^-) muestra valores entre un máximo de 0.02 mg/l y un mínimo de 0.004 mg/l con un promedio 0.01 mg/l y una mediana de 0.006 mg/l.

Los valores de NO_2^- fueron siempre menores durante 2018 respecto al 2017, produciendo promedios de 0.019 mg/l en 2017 y de 0.010mg/l en 2018. En comparación en el lustro los valores de NO_2^- fueron siempre menores, lo cual se refleja en los promedios, 0.015 mg/l lustro y 0.010 mg/l en 2018.

Esta variable no muestra un ciclo anual detectable, mientras que a nivel de variación espacial se observa homogeneidad en las estaciones del embalse.

Estos bajos valores implican el cumplimiento de la norma (≤ 0.1 mg/l) en el 100 % de las muestras.

El rango de concentración de amonio libre fue de 0.023 mg/l de máximo a 0.0001 mg/l de mínimo, con un promedio anual de 0.0015 mg/l y una mediana de 0.0006 mg/l.

Los valores de amonio libre fueron siempre menores durante 2018 respecto al 2017, produciendo promedios de 0.710 mg/l en 2017 y de 0.002mg/l en 2018. En comparación en el lustro los valores de fueron siempre menores, lo cual se refleja en los promedios, 0.143 mg/l lustro y 0.002 mg/l en 2018.

No se percibe un patrón de variación temporal definido durante el ciclo anual.

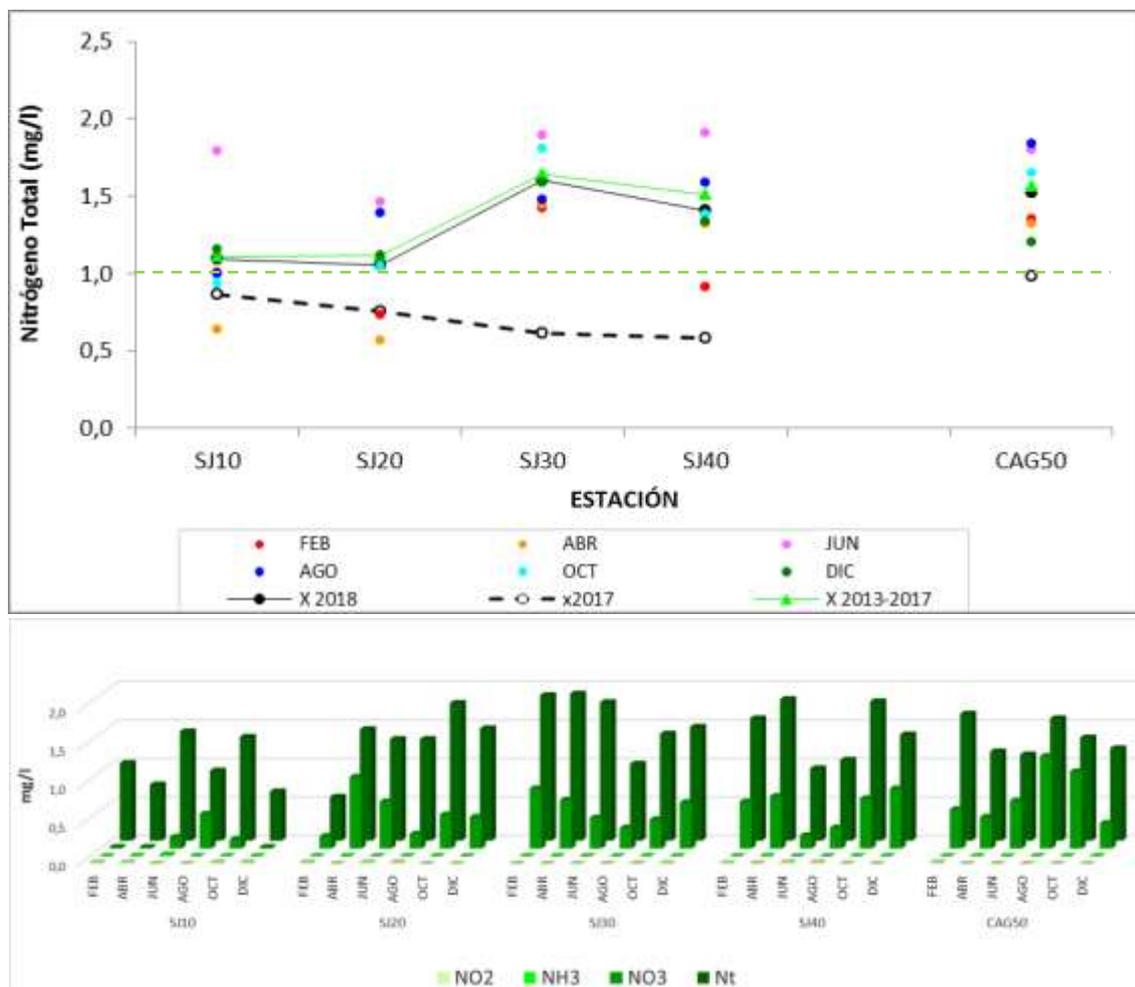
El 100% de las muestras de amonio libre tomadas durante 2018 cumplen con el estándar.

3.4.3.2. Nitrógeno Total (NT).

El NT se situó en concentraciones de entre 1.9 mg/l de máximo y 0.6 mg/l de mínimo, con un promedio anual de 1.3 mg/l y una mediana de 1.4 mg/l (Figura 44).

Los valores de NT obtenidos durante el 2018 fueron superiores a los obtenidos durante el año 2017, lo cual se refleja en sus promedios anuales de 0.8 mg/l para 2017 y 1.3 mg/l para 2018. En comparación en el lustro los valores de NT fueron similares produciendo promedios de 1.4 mg/l en lustro y 1.3 mg/l en 2018.

La concentración del NT no muestra tendencias claras en el ciclo anual. La distribución espacial de NT marca las mayores concentraciones promedio en la estación SJ30.



3.4.3.3. Fosforo Total (PT).

Las concentraciones de PT en la subcuenca del río San José durante 2018 se caracterizaron por un máximo de 920 µg/l (CAG50, diciembre), un mínimo de 170 µg/l (SJ10, agosto), con un promedio de 422 µg/l y una mediana de 395 µg/l (Figura 45).

Los valores observados son siempre superiores durante 2018 respecto al año precedente, produciéndose una diferencia de concentración de 231 µg/l en los promedios anuales, con 191 µg/l durante 2017 y 422 µg/l en 2018. En comparación en el lustro los valores de PT fueron similares, lo cual se refleja en los promedios calculados de 415 mg/l en lustro y 394 mg/l en 2018.

La concentración de PT es -promedialmente- homogénea en el período considerado, no mostrando un ciclo de variación anual determinado. La distribución espacial marca las mayores concentraciones en CAG50 y secundariamente en SJ30 (influenciada directamente por la estación precedente).

Según la legislación vigente, la concentración de este nutriente debe ser inferior a 25 µg/l en cursos de agua natural. En la propuesta de actualización del decreto se propone como valor

guía 70 µg/l de concentración máxima de PT. Incluso considerando este último valor el PT incumple con los valores determinados en el 100 % de los casos.

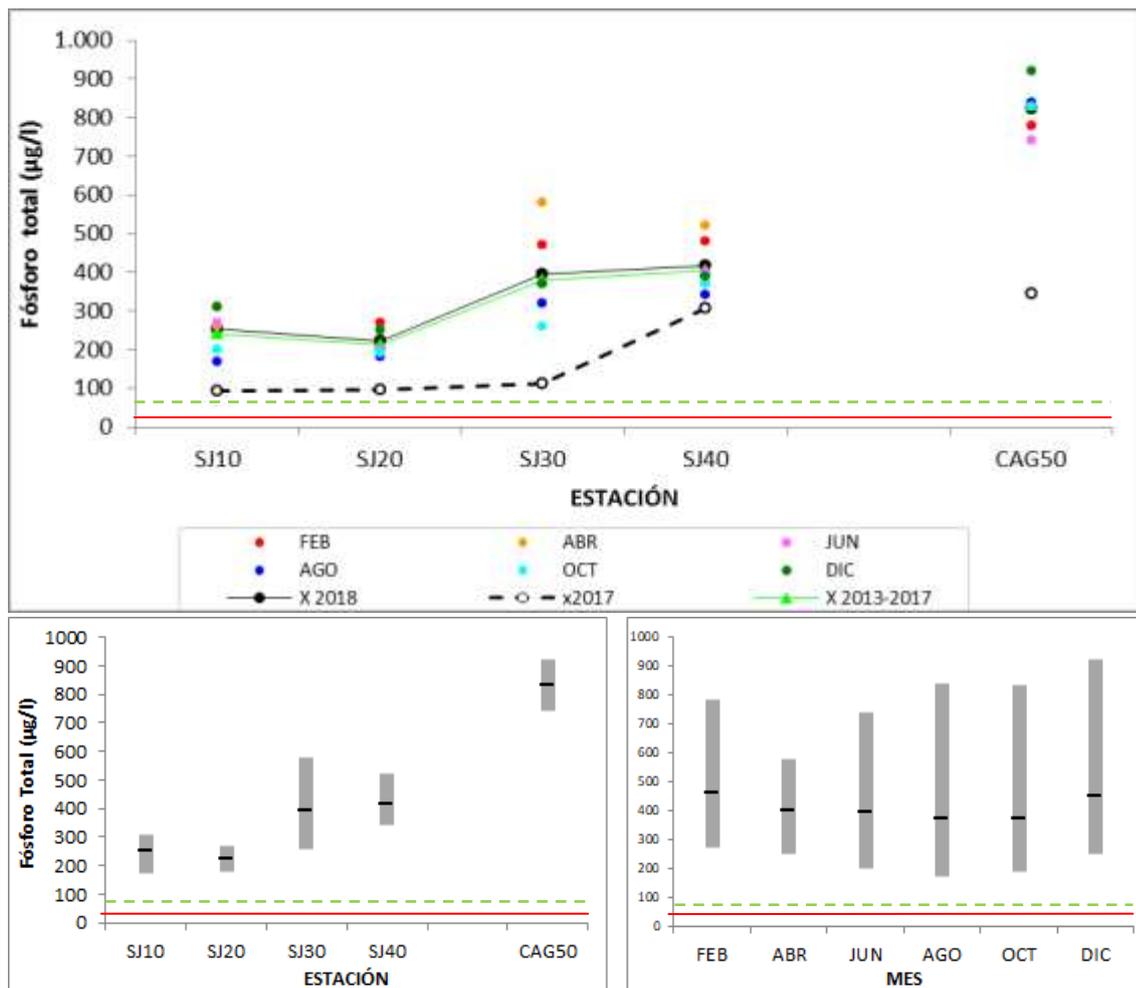


Figura 45. Superior: Fluctuaciones de Fósforo total en el río San José y Ao. Cagancha.

Inferior: Variación temporal (Derecha) y espacial (Izquierda) del fósforo total en el río San José durante 2018.

- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.
- La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por GESTA (agua) 2014.

3.4.4. Sólidos

Los registros de sólidos suspendidos totales y sólidos totales, se llevaron a cabo a partir de octubre del 2018.

3.4.4.1. Los sólidos suspendidos totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales estuvieron comprendidos entre un máximo de 28 mg/l y un valor mínimo de 4.6 mg/l, con un promedio de 9.4 mg/l y una mediana de 9.4 mg/l (Figura 46). La estación SJ30 presentó los mayores niveles de concentración de SST (rango 24 - 28 mg/l), seguido por la estación SJ40 (rango 4.6 - 7.9 mg/l). Por otro lado, promedialmente en diciembre la concentración es más alta respecto al mes de octubre.

3.4.4.2. Los sólidos totales (ST)

Los sólidos totales estuvieron comprendidos entre un valor un máximo de 400 mg/l y un valor mínimo de 190 mg/l, con un promedio de 264 mg/l y una mediana de 264 mg/l (Figura 46). La

distribución general de los ST muestra un incremento de la concentración de los ST desde la naciente a la desembocadura. Se observa una leve disminución en la concentración entre la estación SJ40 respecto a la SJ30. Por otro lado, promedialmente la concentración de ST es mayor en el mes de diciembre, respecto al mes de octubre (Figura 46).

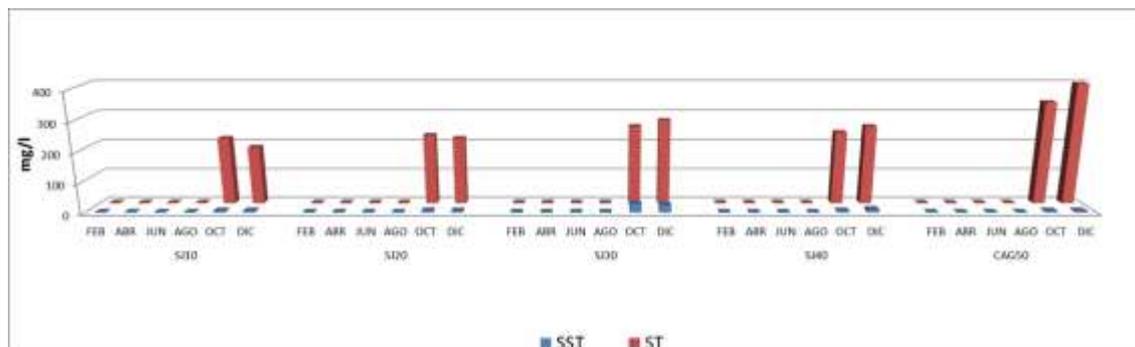


Figura 46. Variación espacial y temporal de los sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos totales (ST) en el río San José y Ao. Cagancha durante 2018.

3.4.5. Variables Biológicas

No se cuenta con datos de clorofila-a y feofitina-a para esta subcuenca.

3.4.5.1. Coliformes Termotolerantes (Ct).

Los Ct de la subcuenca del río San José variaron en el rango de 800 UFC/ml de máximo y 10 UFC/ml de mínimo, con un promedio anual de 187 UFC/ml y una mediana de 20 UFC/ml (Figura 47).

Se percibe estabilidad interanual, lo que se refleja en los promedios anuales calculados de 193 UFC/100ml en 2017 y de 187 UFC/100ml en 2018. En comparación en el lustro los Ct fueron menores los valores de Ct obtenidos en el 2018, lo que se refleja en los promedios de 762 mg/l en el lustro y 187 mg/l en 2018.

La variación espacial muestra las tres estaciones con densidades altas de Ct (SJ30, SJ40 y CAG50). La variación temporal muestra una tendencia de presentar las densidades altas en las estaciones climáticas frías.

Las muy bajas densidades observadas indican que los Ct se mantuvieron durante 2018 en valores dentro de los estándares de calidad que indica la legislación (2000 UFC/100 ml) en el 100 % de los casos.

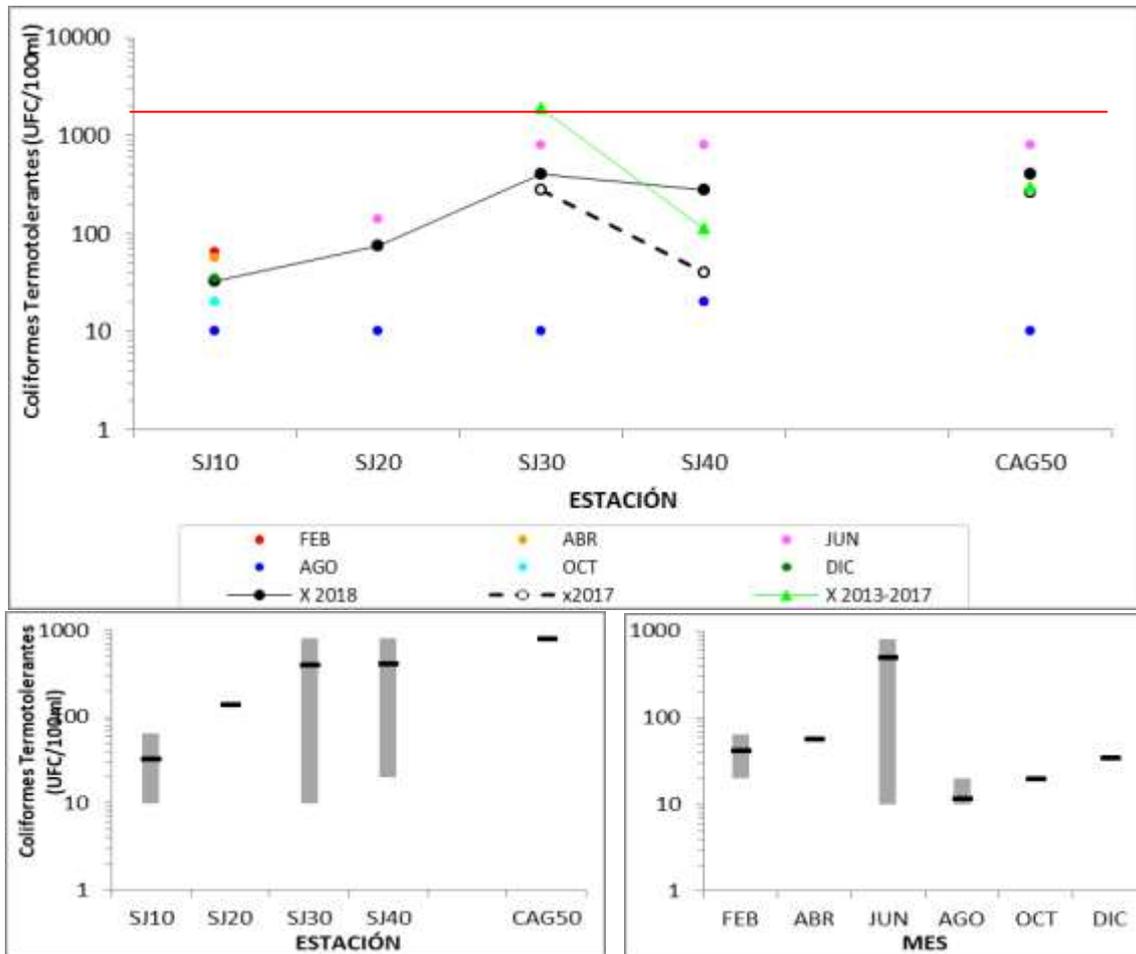


Figura 47. Superior: Fluctuaciones de coliformes termotolerantes en el río San José y Ao. Cagancha. **Inferior:** variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los coliformes termotolerantes en el río San José y Ao. Cagancha durante 2018 ((escala logarítmica).
 --- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.4.6. AOX

Los AOX sólo fueron medidos en las estaciones SJ40 y CAG50.

Solo cuatro medidas de AOX superaron los límites de la técnica. De estas, el máximo fue de 37.0 µg/l (CAG50, abril), y el mínimo de 23.0 µg/l (SJ40, abril), con un promedio anual de 18.2 µg/l y una mediana de 9.3 µg/l (Figura 48). El resto de los valores registrados no superaron el límite de cuantificación de la técnica (n=8).

Se observa un aumento interanual de la concentración de AOX, lo cual se refleja en los promedios calculados de 10 µg/l en 2017 y 18.2 µg/l en 2018.

Con estos resultados se cumple en un 58% con el estándar tomado de la República Federal de Alemania (25 µg/l), a falta de valor guía fijado en nuestra legislación.

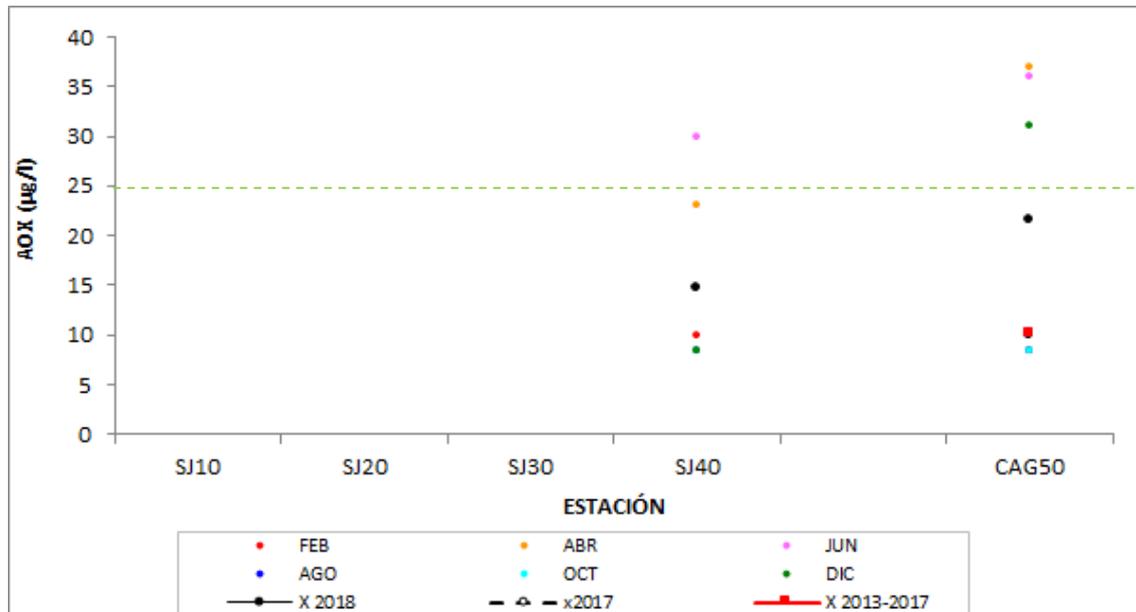


Figura 48. Fluctuaciones de la concentración de AOX en el río San José y Ao. Cagancha durante el año 2018.
 .-.-.-.La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido República Federal de Alemania.

3.4.7. Síntesis Río San José

De las variables estudiadas, cuatro de ellas cumplen con los estándares de calidad en el 100% de los registros. Estas son: DBO5, Coliformes termotolerantes, nitratos y nitritos. La turbidez y el oxígeno disuelto cumplieron en más de 90%. El fósforo total no cumplió con los niveles aceptados en ninguna de las muestras tomadas (incumplimiento del 100%). El curso principal del río mostró mejores condiciones de calidad de agua en la cuenca alta, disminuyendo hacia la cuenca baja. Los valores de OD y DBO5 observados en la estación SJ10 ponen un llamado de atención sobre este punto de muestreo. En líneas generales, la calidad de agua del río San José en toda su extensión es aceptable. En su tributario, el Ao. Cagancha, la misma es mala.

3.5. Ao. Canelón Grande, Embalse Canelón Grande y Ao. Canelón Chico

El programa de monitoreo de calidad de agua en el sistema de los arroyos Canelón Grande y Canelón Chico fue iniciado en diciembre 2004 con el Programa JICA-DINAMA y modificado a partir de 2011 con el programa de Rediseño DINAMA. En éste, se incorporó la estación CC10 aguas arriba de la ciudad de Canelones y CG10 aguas arriba del embalse Canelón Grande. A continuación, en el esquema correspondiente a cada sub-cuenca se ordena en el espacio la secuencia de estaciones. De esta forma, las subcuencas quedan con la siguiente distribución: Sub-cuenca Ao. Canelón Grande: CG10 y CG40; Sub-cuenca Ao. Canelón Chico: CC10 y CC20. El embalse Canelón Grande queda representado por las estaciones ECG20 y ECG30. Al ser un sistema léntico (distinto a los otros dos) se lo analiza por separado.

3.5.1. Ao. Canelón Grande

El Ao. Canelón Grande presenta 2 estaciones, las cuales se ubican aguas arriba del embalse Canelón Grande (CG10) y aguas abajo de la desembocadura del Ao. Canelón Chico donde se encuentra la estación CG40 (Figura 49).



Figura 49. Localización de las estaciones de muestreo del Ao Canelón Grande.

3.5.1.1. Parámetros físico-químicos

3.5.1.1.1. Temperatura

La temperatura del agua en el Ao. Canelón Grande fluctuó entre un máximo de 24.6 °C y un mínimo de 9.5 °C, con un promedio de 18.2 °C y una mediana de 18.6 °C. (Figura 50).

Como es esperable, se observa un clásico ciclo anual con temperaturas máximas en meses cálidos y mínimas en meses fríos. Este ciclo de variación temporal muestra un comportamiento similar en las dos estaciones del arroyo.

El comportamiento de la temperatura en 2018 es mayor a la de 2017, siendo los promedios calculados de 20.0 °C en 2017 y 18.2 °C en 2018.

La temperatura muestra una homogeneidad en los últimos 5 años con variación mínima. No se observan tendencias claras en el gradiente espacial.

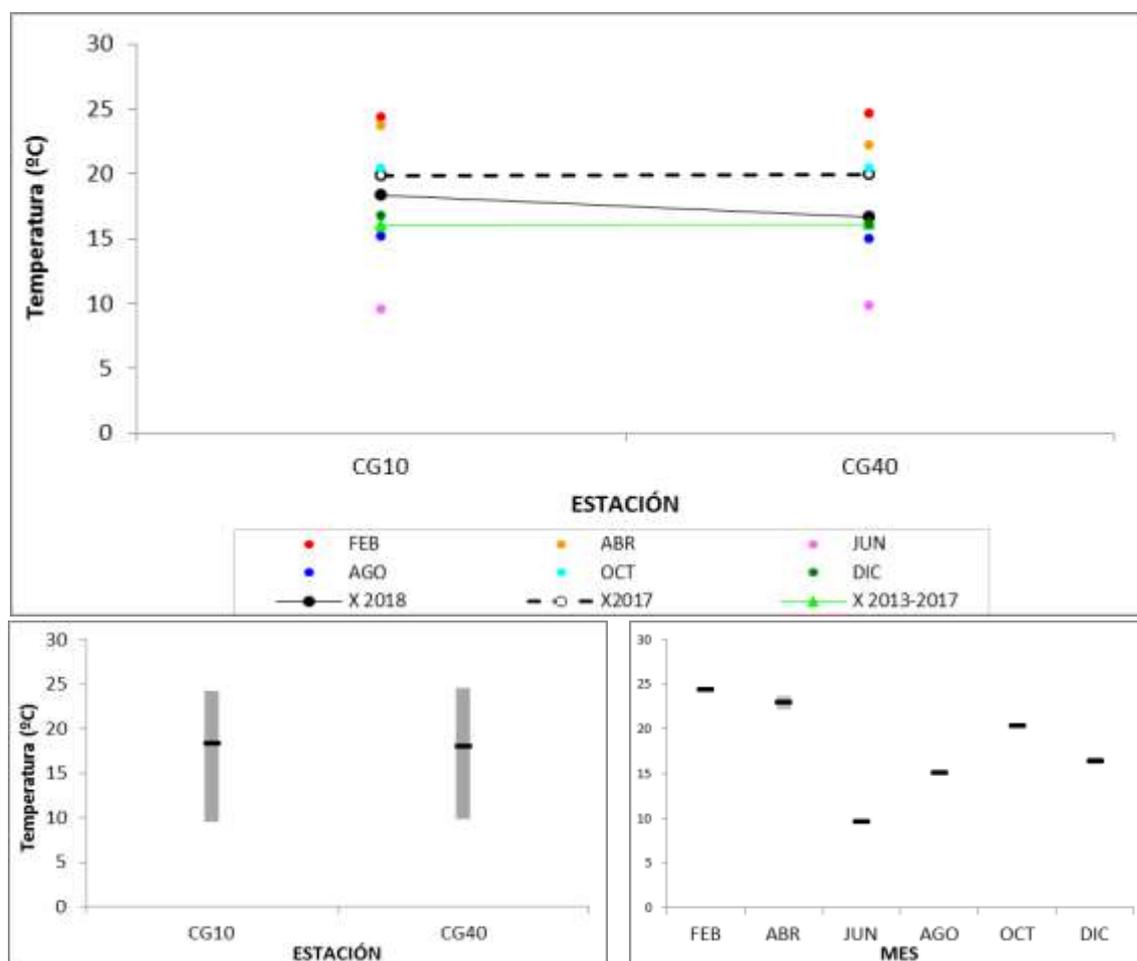


Figura 50. Superior: Fluctuaciones de Temperatura en el Ao. Canelón Grande.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la temperatura en el Ao. Canelón Grande durante 2018.

3.5.1.1.2. Conductividad

La conductividad en el Ao. Canelón Grande mostró altos valores, ubicándose entre un máximo de 1101 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un mínimo de 235.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un promedio de 459.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una mediana 357.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 51).

Se observa un claro gradiente de conductividad, siendo en el primer tercio el lugar de mayor conductividad y mayor rango de variación.

Temporalmente, se aprecia valores altos en los meses de Febrero y Octubre siendo los más bajos en Junio y Diciembre.

El comportamiento de la de la conductividad en 2018 es menor a la de 2017, siendo los promedios calculados de 531 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2017. Se aprecia una variación similar de la conductividad durante el año 2018 comparado con los últimos 5 años, con mínimas diferencias de concentración interanual.

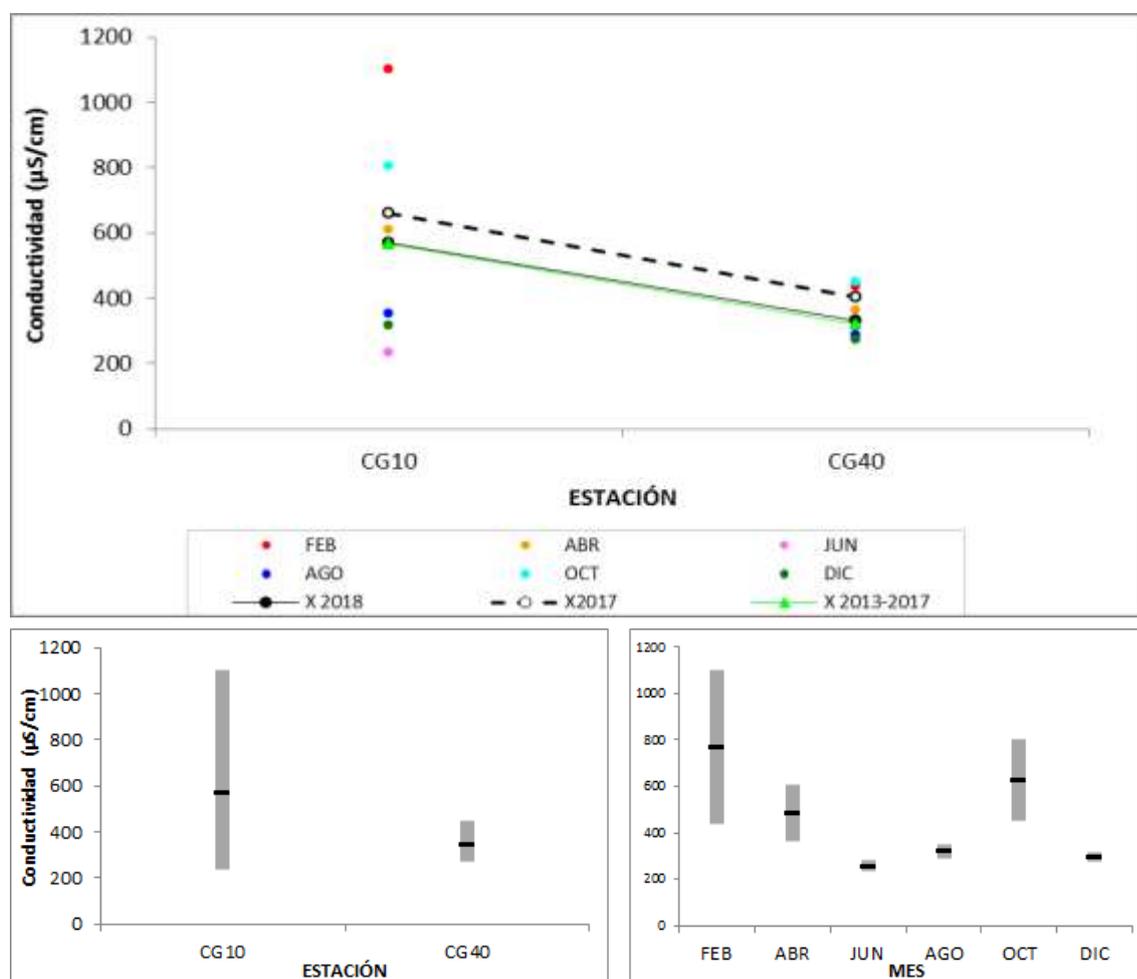


Figura 51. Superior: Fluctuaciones de Conductividad en el Ao. Canelón Grande.

Interior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la conductividad en el Ao. Canelón Grande durante 2018.

3.5.1.1.3. pH

El pH del Ao. Canelón Grande se caracterizó por presentar valores entre un máximo de 7.9, un mínimo de 7.2, un promedio de 7.6 y una Mediana 7.6. (Figura 52).

Existe una estabilidad anual del pH entre las dos estaciones del Ao. Canelón Grande. El comportamiento del pH durante 2018 es similar al de 2017, aunque con valores inferiores, siendo los valores calculados promedio de 8.0.

Durante 2018 no se produjeron incumplimientos de la norma para pH a lo largo del curso, generando un 100% de cumplimiento.

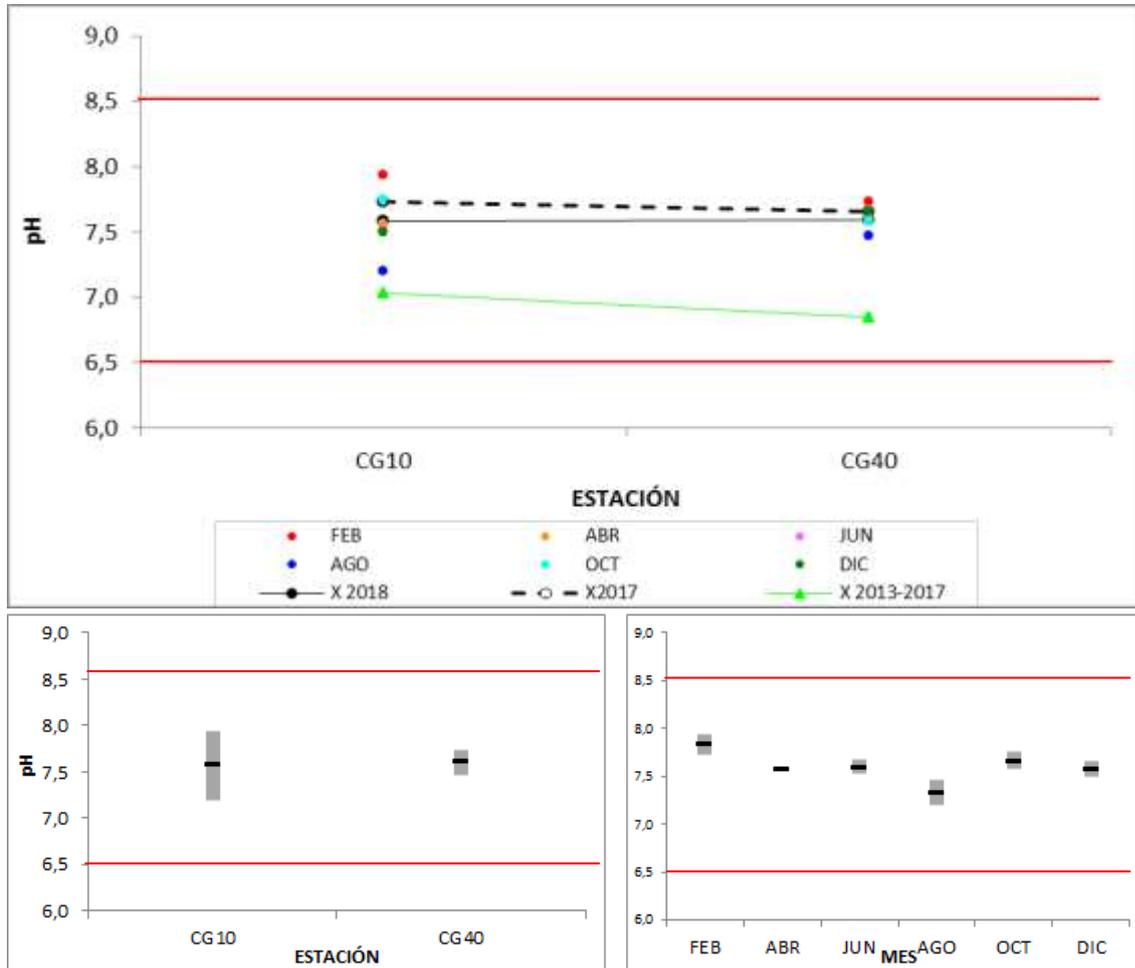


Figura 52. Superior: Fluctuaciones de pH en el Ao. Canelón Grande.

Interior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de pH en el Ao. Canelón Grande durante 2018.

-- Las líneas rojas continuas marcan el estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.5.1.1.4. Oxígeno disuelto

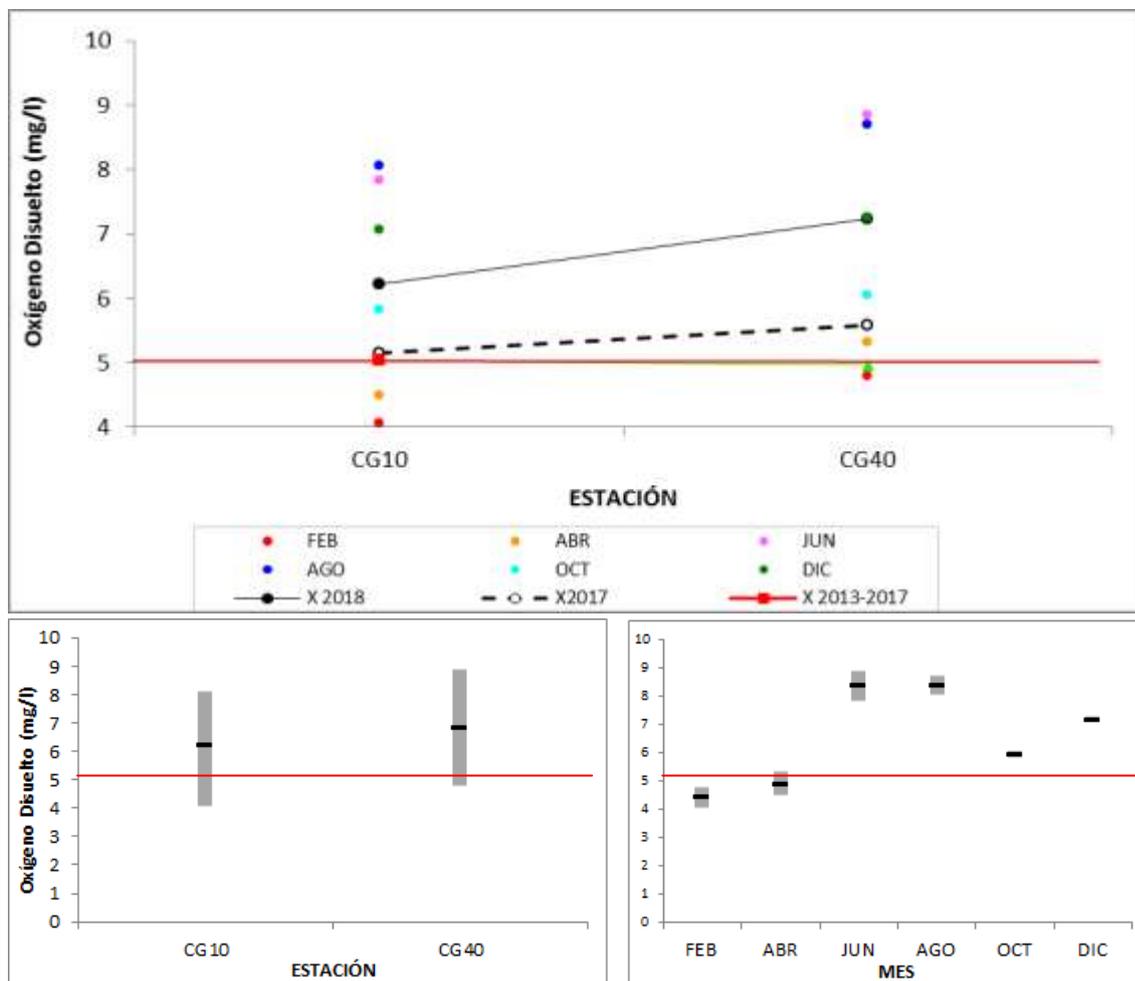
El OD del Ao. Canelón Grande se ubicó en valores entre un máximo de 8.9 mg/l, un mínimo de 4.1 mg/l, un promedio de 6.5 mg/l con una mediana de 6.6 mg/l (Figura 53).

En este curso, se observa el ciclo anual caracterizado por mayores concentraciones en aguas frías.

La distribución espacial del OD en el Ao. Canelón Grande muestra diferencias leves entre las estaciones: en la estación cercana a las nacientes, la concentración de oxígeno disuelto es levemente menor a la estación cercana a la desembocadura, generando un leve gradiente de aumento en el sentido del curso.

El valor promedio del OD durante 2018 para este curso es mayor al de 2017, siendo estos de 5.5 mg/l

Las concentraciones de la variable presentaron un 75% de cumplimiento (n= 3/12) de acuerdo a la normativa vigente. Dichos incumplimientos se registraron mayormente en la cuenca alta, seguramente por el hecho de tener menos corriente y menor profundidad.



3.5.1.1.5. DBO₅

La DBO₅ se presentó, en toda la subcuenca por debajo de los límites de la técnica. En particular, 8/10 datos son registrados como <LD (5 mg/l) y los 2 restantes como <LC (10 mg/l)

Siendo ≤ 10 mg/l el valor guía establecido en el decreto 253/79, se infiere que el cumplimiento del decreto fue del 100 % de las muestras

3.5.1.1.6. Turbidez

La turbidez del Ao. Canelón Grande se situó entre un máximo de 125 NTU, un mínimo de 4.8 NTU, con un promedio de 49.8 NTU con una mediana de 69.5 NTU (Figura 54).

En cuanto al comportamiento de la turbidez del Ao. Canelón Grande de los últimos años, en 2018 continúa la tendencia al aumento desde las nacientes a la desembocadura con la particularidad del aumento de los valores que se aproximan al límite de la normativa.

Espacialmente se observa que la turbidez es mayor en la desembocadura que en las nacientes coincidentemente con la tendencia de los últimos años (De León & Hill, 2015, Hill, Yorda & Cervetto, 2016).

Temporalmente, no hay ningún patrón de variación observable.

De los 12 registros de turbidez que se colectaron durante 2018 en el Ao. Canelón Grande, el 58 % de ellos no cumplió con la norma del Decreto 253/79 y modificativos (50 NTU).

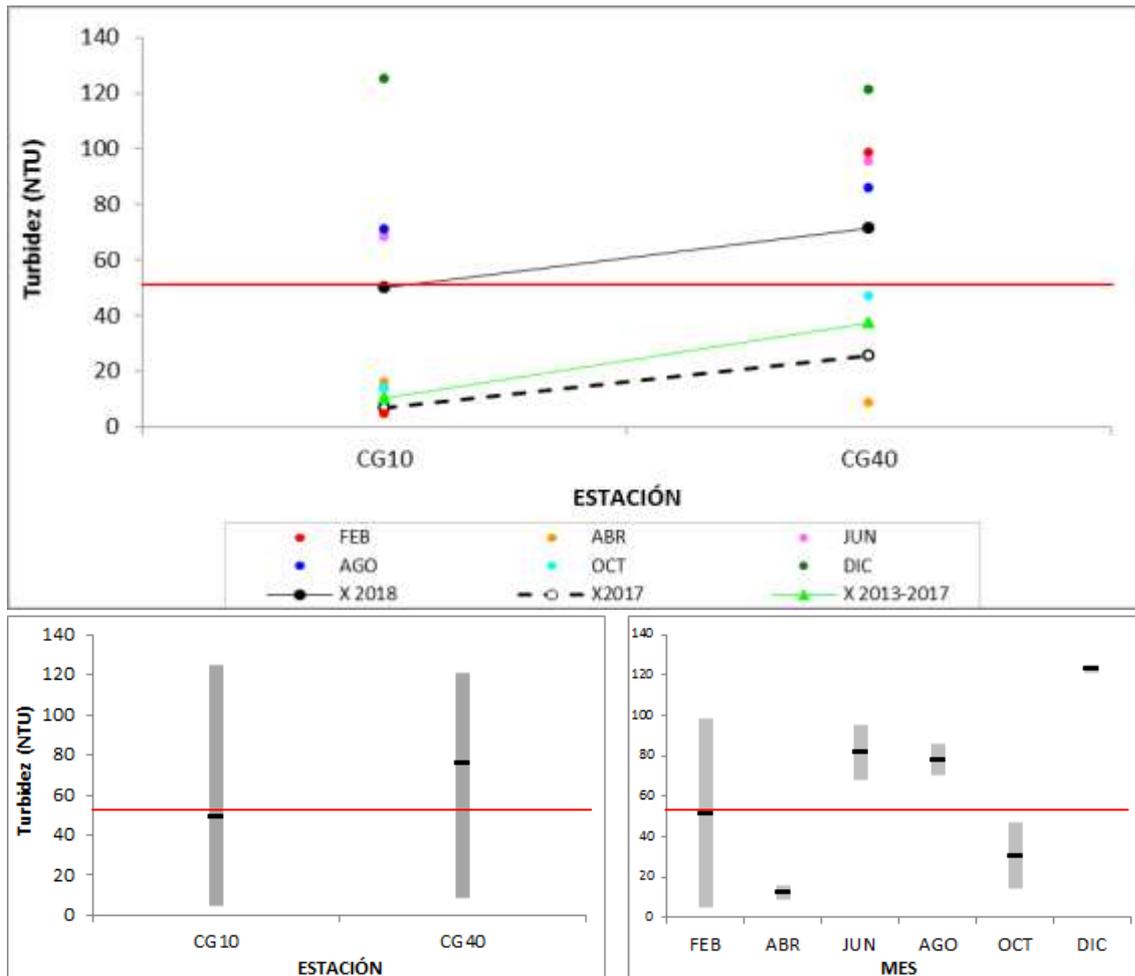


Figura 54. Superior: Fluctuaciones de la turbidez en el Ao. Canelón Grande.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la turbidez el Ao. Canelón Grande durante 2018.

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.5.1.2 Transparencia

No se realizan medidas de transparencia para esta sub-cuenca.

3.5.1.3 Nutrientes

3.5.1.3.1 Nitrogenados

La concentración de NO_3^- en la estación del Ao. Canelón Grande fluctuó entre un máximo de 2.9 mg/l, un mínimo de 0.02 mg/l, con un promedio de 1.1 mg/l con una mediana de 0.8mg/l).

Espacialmente, se observa una tendencia al aumento en el sentido del curso.

El valor promedio de NO_3^- durante 2018 para el este curso, es inferior al de 2017, siendo este de 2 mg/l (de los valores obtenidos, solo uno es tomado como válido)

Los NO_3^- muestran en términos generales una tendencia al aumento sostenido durante el ciclo.

Durante 2018 no se produjeron incumplimientos de la norma para NO_3^- (estándar del Decreto 253/79 y modificativos (≤ 5 mg/l) a lo largo del curso.

La concentración de NO_2^- del Ao. Canelón Grande fluctuó entre un máximo de 0.04 mg/l, un mínimo de 0.0035 mg/l, con un promedio de 0.01 mg/l con una mediana de 0.001mg/l.

Los NO_2^- muestran en términos generales una tendencia al aumento sostenido durante el ciclo. El valor promedio de NO_2^- durante 2018 para el este curso, es inferior al de 2017, siendo este de 0.03 mg/l. Durante 2018 no se produjeron incumplimientos de la norma para NO_2^- (estándar del Decreto 253/79 y modificativos (≤ 5 mg/l) a lo largo del curso.

El amonio libre calculado se ubicó en un rango entre un máximo de 0.0023 mg/l y un mínimo de 0.00004 mg/l, el promedio anual fue de 0.001 mg/l y una mediana de 0.00093 mg/l.

No se percibe un patrón de variación temporal definido durante el ciclo anual. Espacialmente se muestra creciente desde el primer tercio hacia el último tercio del curso.

El valor promedio del amonio libre durante 2018 para el este curso, es superior al de 2017, siendo este de 0.0007 mg/l. Se observa una tendencia creciente en sentido del curso.

Todas las muestras de amonio libre tomadas durante 2018 cumplen con el estándar de 0.02 mg/l fijado por la legislatura.

3.5.1.3.1 Nitrógeno Total (NT).

El Nitrógeno Total fluctuó, en el Canelón Grande durante 2018 entre un máximo de 3.6 mg/l (CG40 en junio) y un mínimo de 1.1 mg/l (CG10 en febrero) con un promedio de 2.1 mg/l y una mediana de 2.1 mg/l (Figura 55).

Se observa que en el cierre de cuenca las concentraciones totales de Nitrógeno son más altas coincidentemente con los altos impactos antrópicos que posee la cuenca baja del Canelón Grande, la variación temporal muestra concentraciones más altas en aguas frías con respecto a las cálidas.

El valor promedio del Nitrógeno Total durante 2018 para este curso, es similar al de 2017, siendo este de 2.2 mg/l. Se observa una tendencia creciente en sentido del curso.

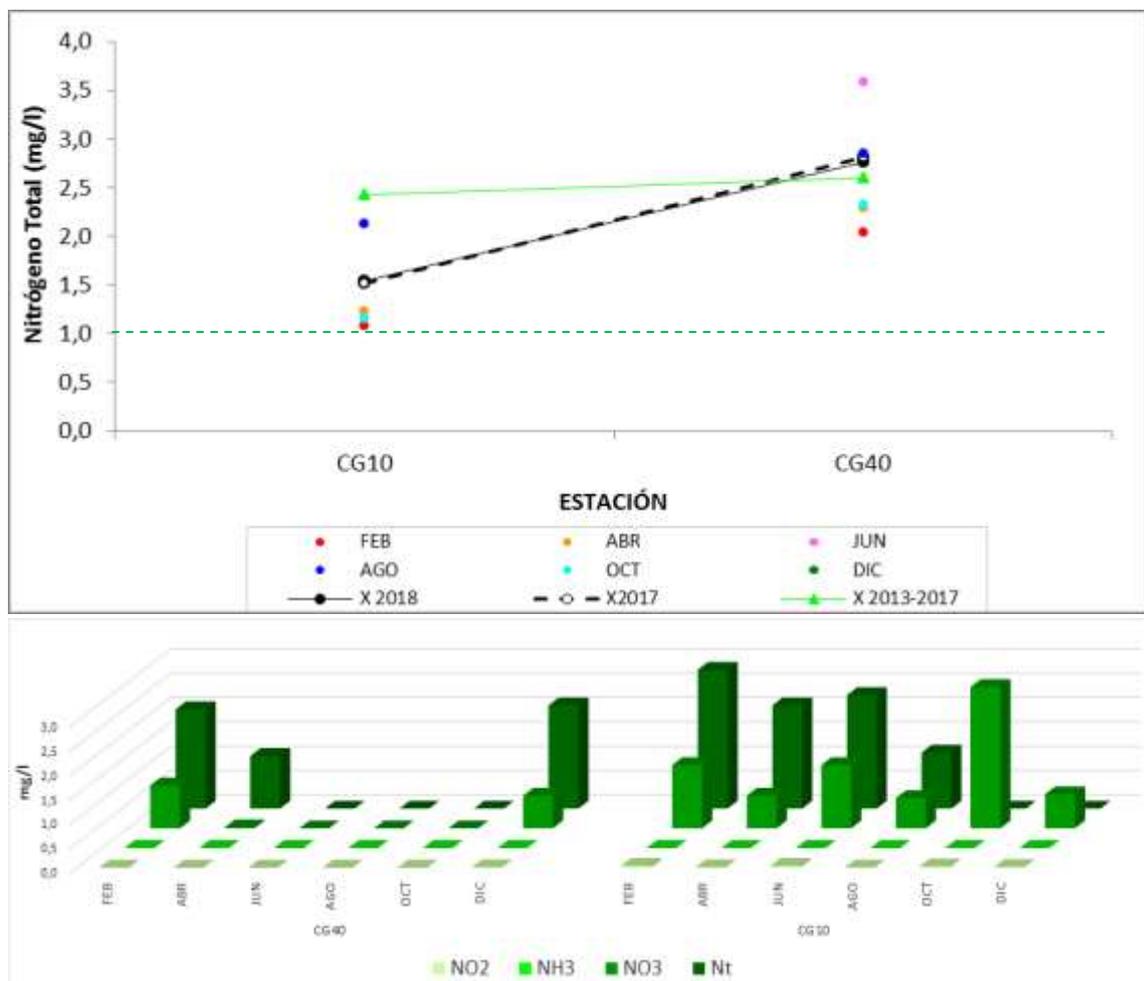


Figura 55. Superior: Fluctuaciones de Nitrógeno Total en el Ao. Canelón Grande.
Interior: Variación espacial y temporal del nitrito, nitrato, amonio y nitrógeno total en el Ao. Canelón Grande durante 2018.
 --- La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por la Mesa Técnica del Agua.

3.5.1.3.2. Fósforo Total (PT).

Las concentraciones registradas de PT en el curso del Ao. Canelón Grande fluctuaron entre un máximo de 1300 µg/l (CG40 en abril) y un mínimo de 490 µg/l (CG10 en agosto), con un promedio de 868 µg/l y una mediana de 886 µg/l (Figura 56).

La tendencia de que las mayores concentraciones se encuentran en el cierre de cuenca (CG40) se mantiene para PT, sin embargo la distribución temporal no muestra un patrón definido.

El valor promedio del Fósforo Total durante 2018 para el este curso, es menor al de 2017, siendo este de 1006 µg/l. Se observa una tendencia creciente en sentido del curso

De los registros de PT colectados durante 2018 del Ao. Canelón Grande, tanto el mínimo como el máximo superan largamente al establecido en el Decreto 253/79 y modificativos (25 µg/l) por lo cual el incumplimiento de la norma es del 100 %.

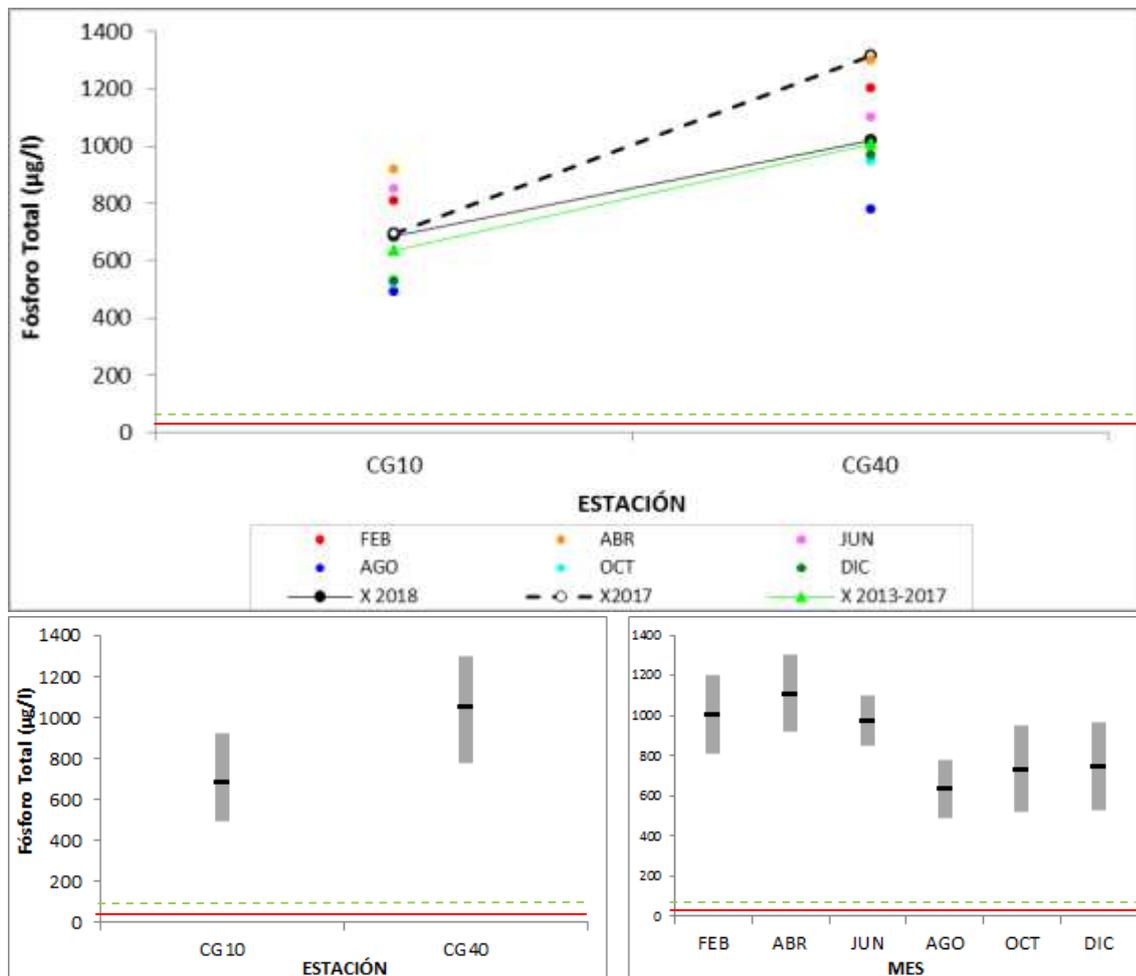


Figura 56. Superior: Fluctuaciones de Fósforo Total en el Ao. Canelón Grande.

Interior: Variación temporal (derecha) y espacial (izquierda) del fósforo total en el Ao. Canelón Grande durante 2018.

- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.
- - - La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por GESTA (agua) 2014 .

3.5.1.4 Sólidos

Los registros de sólidos suspendidos totales y sólidos totales, se llevaron a cabo a partir de octubre del 2018.

3.5.1.4.1 Sólidos suspendidos totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales fluctuaron entre un máximo de 62 mg/l (CG10 y CG40 en diciembre) y un mínimo de 4.6 mg/l (CG10 en diciembre), con un promedio de 39.5 mg/l y una mediana de 38.5 mg/l (Figura 57). Las concentraciones de SST muestran un gradiente negativo desde las nacientes hacia la cuenca baja. Dichos valores muestran un incremento notorio desde octubre a diciembre.

3.5.1.4.2. Sólidos Totales (ST)

Los sólidos totales se ubicaron en valores entre un máximo de 560.0 mg/l (CG10 en diciembre) y un mínimo de 330.0 mg/l (CG10 en diciembre), con un promedio de 402.5 mg/l y una mediana de 360.0 mg/l (Figura 57). Dichos valores muestran tendencias similares entre las estaciones y, a la inversa que los SST, un descenso desde octubre a diciembre.

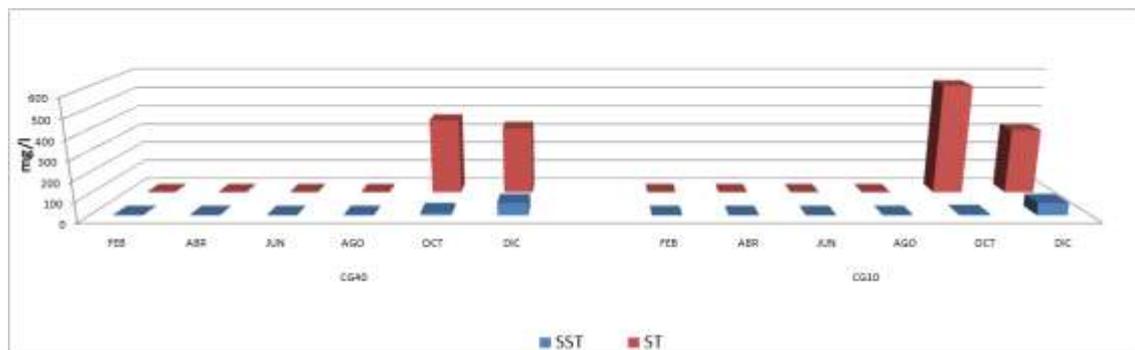


Figura 57. Variación espacial y temporal de los sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos totales (ST) en el Ao. Canelón Grande durante 2018.

3.5.1.5. Variables Biológicas

3.5.1.5.1. Clorofila-a

La clorofila a del Ao. Canelón Grande en la estación CG10 se situó entre un máximo de 24 $\mu\text{g/l}$, un mínimo de 1.1 $\mu\text{g/l}$, un promedio de 6.2 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 1.1 $\mu\text{g/l}$.

El valor promedio de la clorofila a durante 2018 para esta estación, es mayor al de 2017, siendo este de 4.3 $\mu\text{g/l}$. Los eventos de mayor registro se dan en abril y octubre, mientras que el resto del año se aprecia valores más bajos.

3.5.1.5.2. Feofitina-a

La feofitina-a presentó en CG10, un único valor por encima del límite de cuantificación de la técnica. La variación de la feofitina-a muestra un pico en el mes de abril y el resto de los valores por debajo del límite de cuantificación. Este resultado es de 3.8 $\mu\text{g/l}$, el cual al ser comparado con el registro promedio del año precedente (6 $\mu\text{g/l}$) representa una disminución en la concentración de dicha variable.

3.5.1.5.3. Coliformes Termotolerantes (Ct)

Las densidades de Ct se ubicaron entre un máximo de 51000 UFC/100 ml (CG40 en diciembre) y un mínimo de 10 UFC/100 ml (CG10 en abril), con un promedio de 6400 UFC/100 ml y una mediana de 200 UFC/100 ml) (Figura 58). No se muestra una distribución homogénea en el tiempo, tanto en meses cálidos como fríos la distribución es desigual. Solo se advierte un pico máximo en diciembre (CG40). Con respecto a la distribución espacial, se observa mayor concentración en el último tercio del curso (CG40).

Con respecto al año precedente los valores fueron visiblemente más bajos y de tendencia inversa en el año 2017 (más altos en el primer tercio de curso). Una comparación con el quinquenio previo muestra valores promedios inferiores con igual tendencia al incremento en el último tercio.

Las densidades de los Ct en general están por debajo del estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos (2000 UFC/100ml) cumpliéndose en un 80%. Como caso particular, en el mes de Diciembre, en las dos estaciones, se supera ampliamente el estándar.

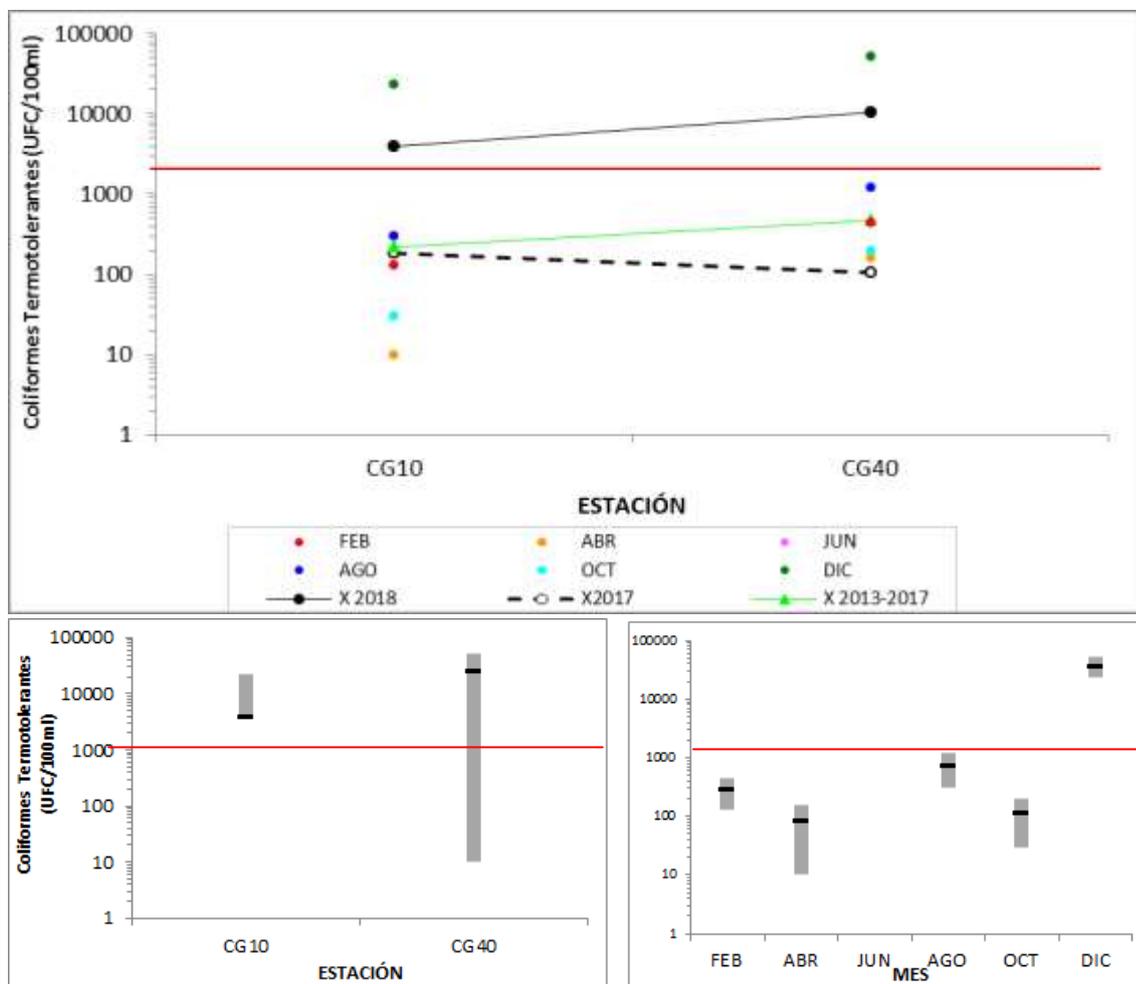


Figura 58. Superior: Fluctuaciones de Coliformes termotolerantes en el Ao. Canelón Grande durante 2018. **Inferior:** Variación temporal (izquierda) y espacial (derecha) de los Coliformes termotolerantes en el Ao. Canelón Grande durante 2018 (escala logarítmica).

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.5.1.6 AOX

El Ao. Canelón Grande presentó valores máximos de AOX de 26 µg/L (CG40 en junio) y un mínimo de 21 µg/L (CG40 en abril y diciembre) con un promedio de 19,8 µg/L y una mediana de 21µg/L.

Se observa, en líneas generales, que en durante el año 2018 existió una homogeneidad temporal a excepción de febrero (valor por debajo del límite dela técnica)

El valor promedio del AOX a durante 2018 para este curso, es menor al de 2017, siendo este de 24 µg/l.

Los registros muestran que el 16,6% (1/6 de los valores obtenidos) incumplen con el estándar tomado de la República Federal de Alemania (25 µg/l).

3.5.1.7 Síntesis del Ao. Canelón Grande

Con la estructura de muestreo utilizada durante 2018, en esta subcuenca se muestrearon 2 estaciones, con seis visitas en el año, de ahí que cada variable considerada registre 12 resultados planificados en total. Por temas logísticos o de infraestructura, el registro de alguna estación puede no tener la totalidad de los valores estipulados.

Considerando el sistema hay cuatro variables que cumplen con los estándares de calidad en el 100 % de los casos, estas son pH, DBO5, NO₃ y NO₂. Una de las variables cumple con una frecuencia del 80 %: Ct. El OD cumple con el 75% de las muestras en relación al estándar mientras que la Turbidez cumple con el 58% con respecto a la normativa. El PT tiene un incumplimiento del 100% del estándar vigente.

Los resultados de las variables analizadas muestran que el curso está seriamente comprometido en términos de calidad de agua. Dentro de las variables consideradas, dos tienen porcentajes muy bajos de cumplimiento del decreto vigente, la turbiedad que es alta, lo que reduce las posibilidades fotosintéticas de las plantas autótrofas del sistema y, fundamentalmente, el PT, que excede largamente los valores permitidos, a lo largo de toda la subcuenca y en todo el tiempo de estudio.

Las variables no detalladas en esta descripción se muestran temporalmente estables en la cuenca y con valores bajos.

3.5.3. Embalse Canelón Grande

El embalse Canelón Grande presenta 2 estaciones, las cuales se ubican aguas arriba del embalse (ECG30) y cerca de la presa Embalse Canelón Grande (ECG20) (Figura 59).

Cabe destacar que en el 2018, las variables medidas fueron obtenidas en cuatro oportunidades (febrero, abril, agosto, octubre) de seis planificadas debido a problemas logísticos que dificultaron el relevamiento de los datos.

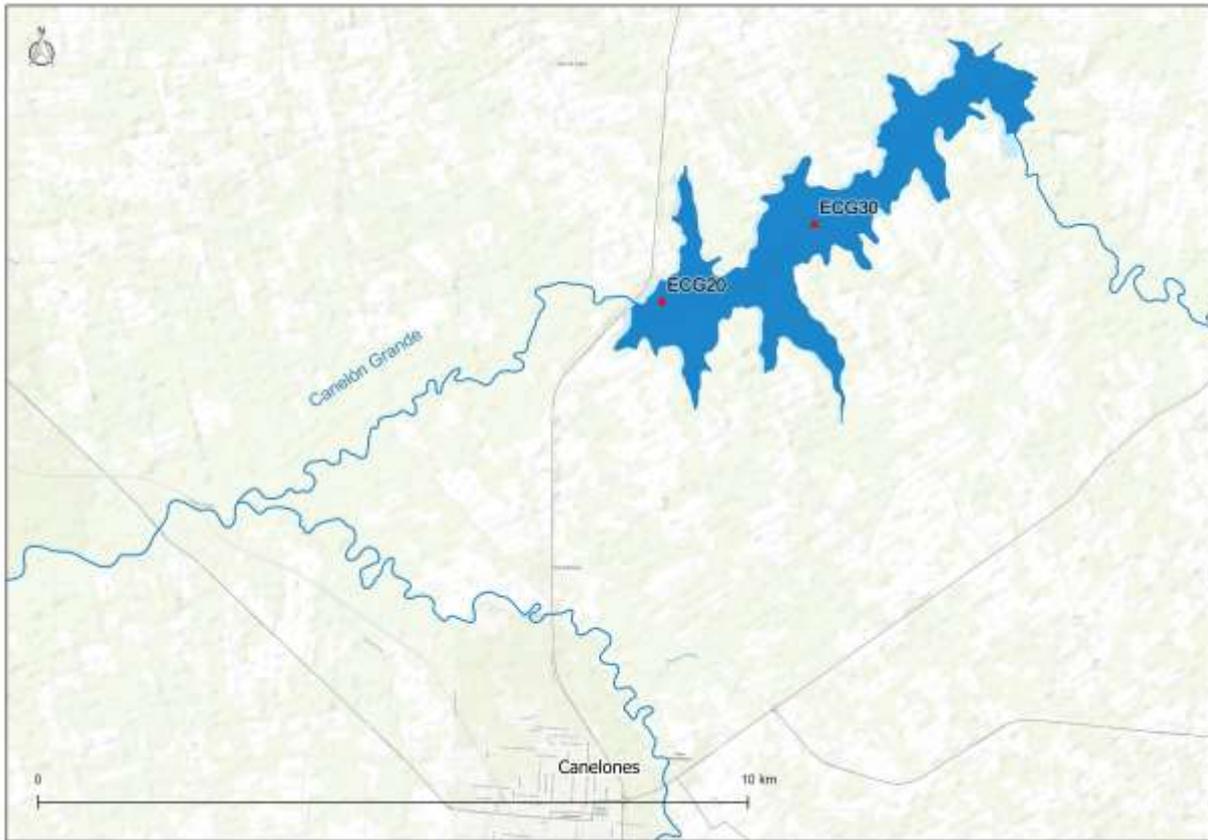


Figura 59 Localización de las estaciones de muestreo del Embalse Canelón Grande (ECG) durante el año 2018.

3.5.3.1. Parámetros fisicoquímicos

3.5.3.1.1. Temperatura

La temperatura del agua en el Embalse del Canelón registró un máximo de 24.5 °C (ECG20 en febrero) y un mínimo de 12,9°C (ECG30 en agosto), y con un promedio anual de 20.2 °C y una mediana de 21.8 °C (Figura 60).

El valor promedio de la temperatura durante 2018 para este embalse, es mayor al de 2017 y al quinquenio precedente, siendo este de 19.5 °C y 19 °C respectivamente

Espacialmente la distribución de la temperatura es homogénea en el embalse. La fluctuación temporal de esta variable marca el clásico ciclo anual dependiente de la temperatura atmosférica

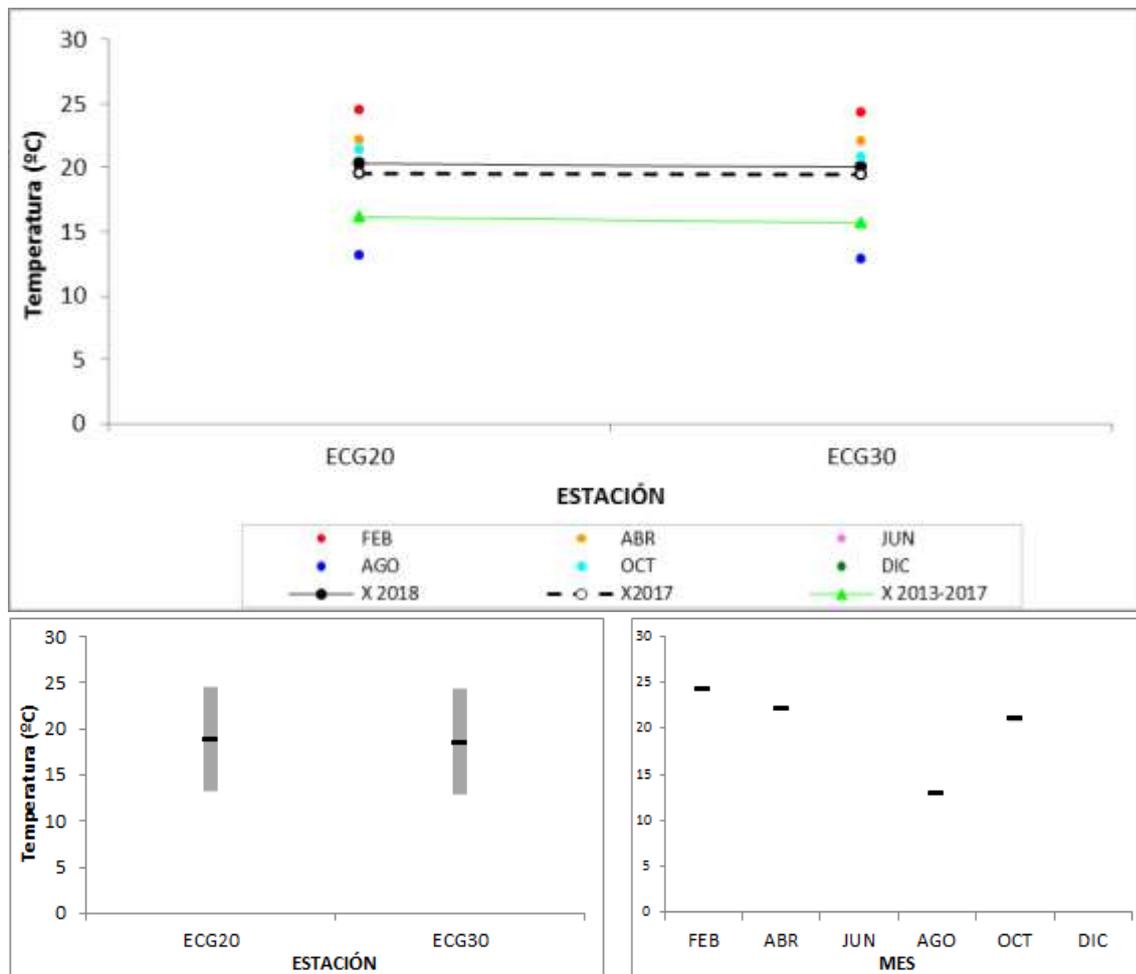


Figura 60. Superior: Fluctuaciones de temperatura en Embalse Canelón Grande.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la temperatura en el Embalse Canelón Grande durante 2018.

3.5.3.1.2. Conductividad

La conductividad de las aguas del embalse de Canelón fluctuó entre un máximo de 279.6 $\mu\text{S/cm}$ (ECG30 en febrero) y un mínimo de 135.4 $\mu\text{S/cm}$ (ECG03 en agosto), con un promedio de 222.4 $\mu\text{S/cm}$ con una mediana de 237 $\mu\text{S/cm}$. (Figura 61)

El valor promedio de la conductividad durante 2018 para este embalse, es mayor al de 2017 y al quinquenio precedente, siendo este de 196 $\mu\text{S/cm}$ y 176 $\mu\text{S/cm}$ respectivamente. La distribución espacial se aprecia una tendencia similar al 2017 y al período 2013-2017.

En el año 2018, la conductividad presentó los mayores valores durante las estaciones cálidas

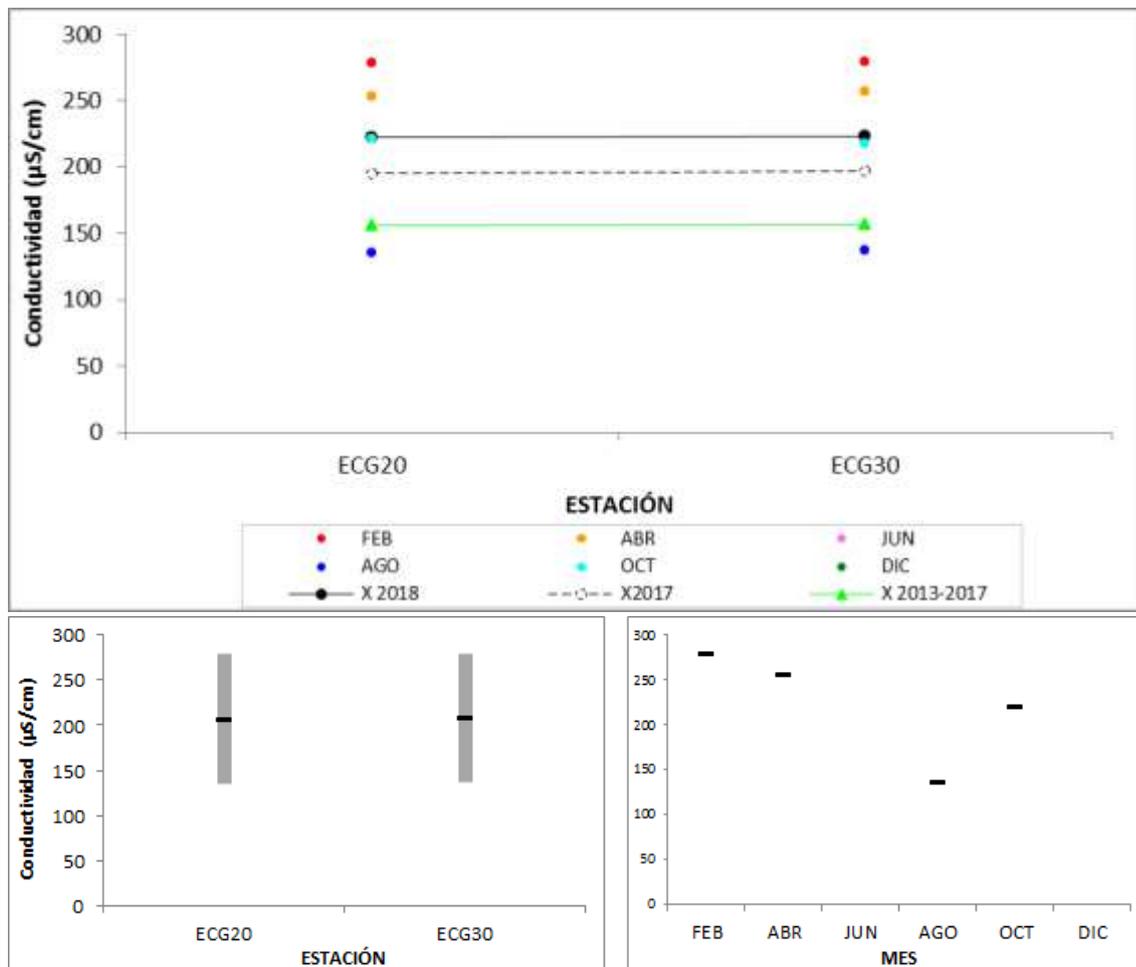


Figura 61. Superior: Fluctuaciones de la conductividad en Embalse Canelón Grande.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la temperatura en el Embalse Canelón Grande durante 2018

3.5.3.1.3. pH

El pH en el embalse del Canelón presenta valores entre un máximo de 8.1 (ECG30 en febrero) y un mínimo de 7,3 (ECG20 en agosto) con un promedio de 7.6 y una mediana de 7.9 (Figura 62).

El valor promedio del pH durante 2018 para este embalse, es similar al de 2017 siendo este de 7.5 y levemente inferior al quinquenio precedente, cuyo valor promedio es de 7.8.

No se aprecia un ciclo de variación temporal, ni diferencias notorias entre ambas estaciones.

Durante 2018, no se produjo en el Embalse del Canelón ningún caso de incumplimiento del pH con respecto a la norma del Decreto 253/79 y modificativos. El 100 % de los valores se encontró dentro de los límites establecidos.

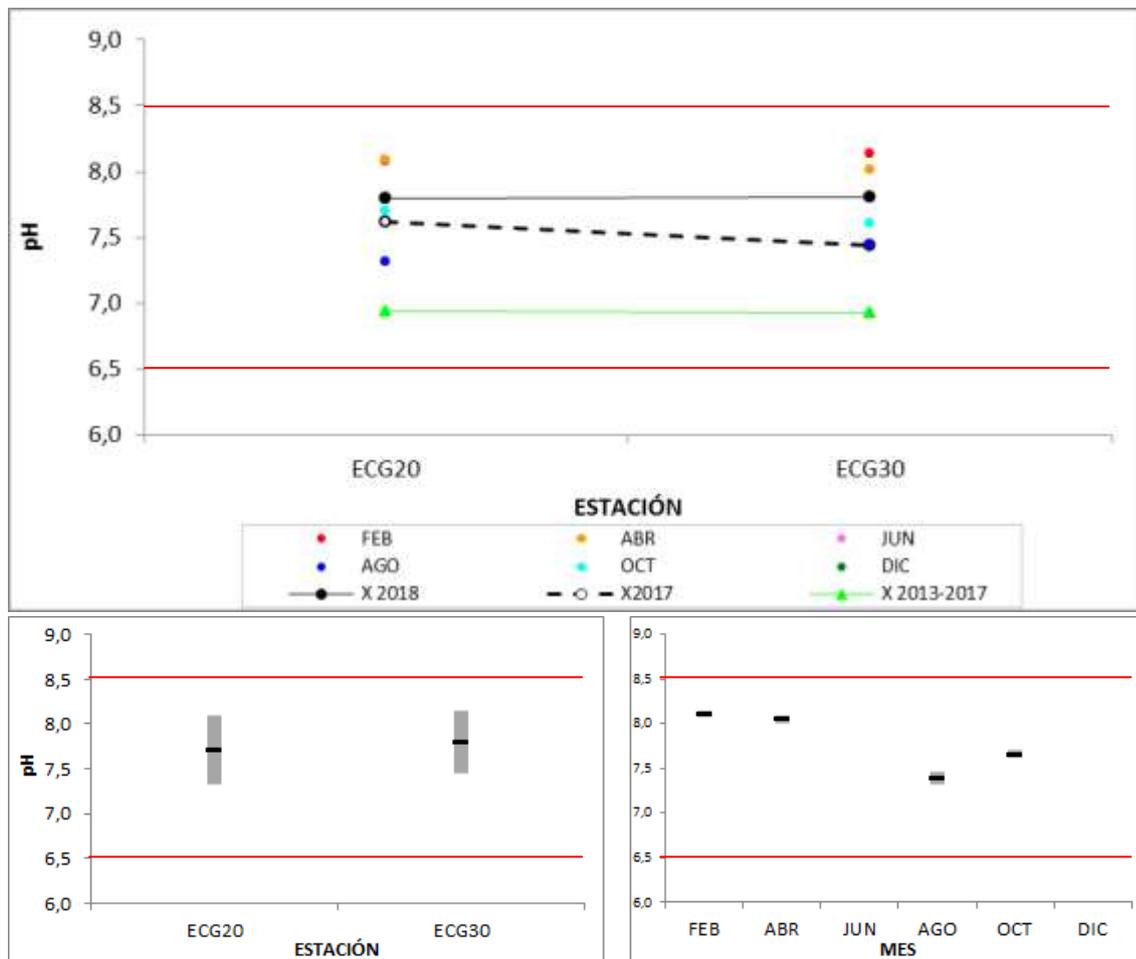


Figura 62. Superior: Fluctuaciones del pH en el Embalse Canelón Grande.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del pH en el Embalse Canelón Grande durante 2018.

--- Las líneas rojas continuas marcan estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.5.3.1.4. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto se situó entre valores extremos de 10.4 mg/l (ECG30 en agosto) y 7.52 mg/l (ECG20 en febrero), con un promedio anual de 8.6 mg/l y una mediana de 8.3mg/l (Figura 63).

El valor promedio del oxígeno disuelto durante 2018 para este embalse, es similar al de 2017 siendo este de 8.5 mg/l y mayor al quinquenio precedente, cuyo valor promedio es de 8.1 mg/l.

Los valores del oxígeno disuelto son similares entre las estaciones de monitoreo y las mayores concentraciones se observan en épocas frías (agosto).

El 100 % de los valores registrados para esta variable cumplen con el estándar del Decreto 253/79 y modificativos.

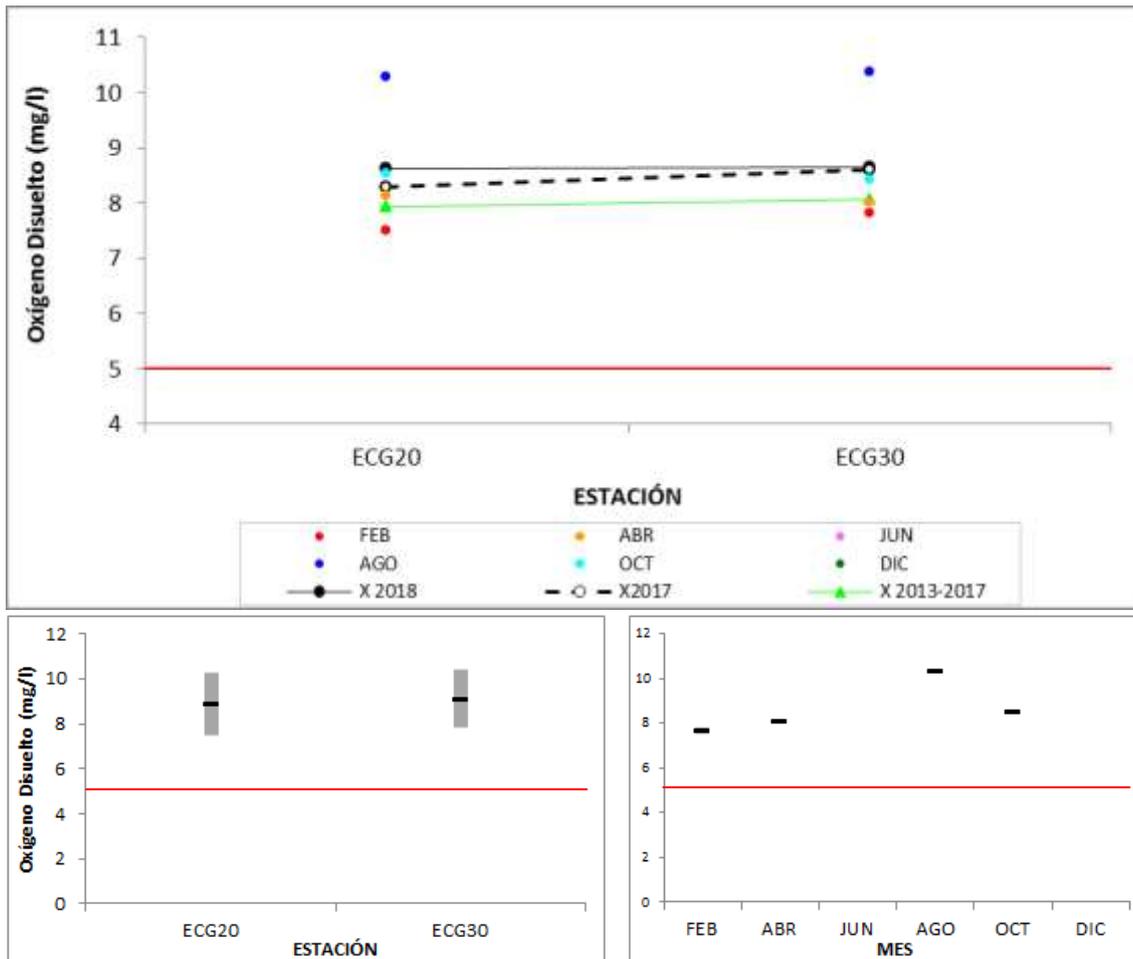


Figura 63. Superior: Fluctuaciones del oxígeno disuelto en el Embalse Canelón Grande en el 2018.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del oxígeno disuelto en el Embalse Canelón Grande durante 2018.

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.5.3.1.5. DBO₅

La DBO₅ se presentó, en toda la subcuenca por debajo de los límites de la técnica. Todos los datos son registrados como <LD (5 mg/l). Siendo ≤ 10 mg/l el valor guía establecido en el decreto 253/79, se observa que el cumplimiento del decreto fue del 100 % de las muestras.

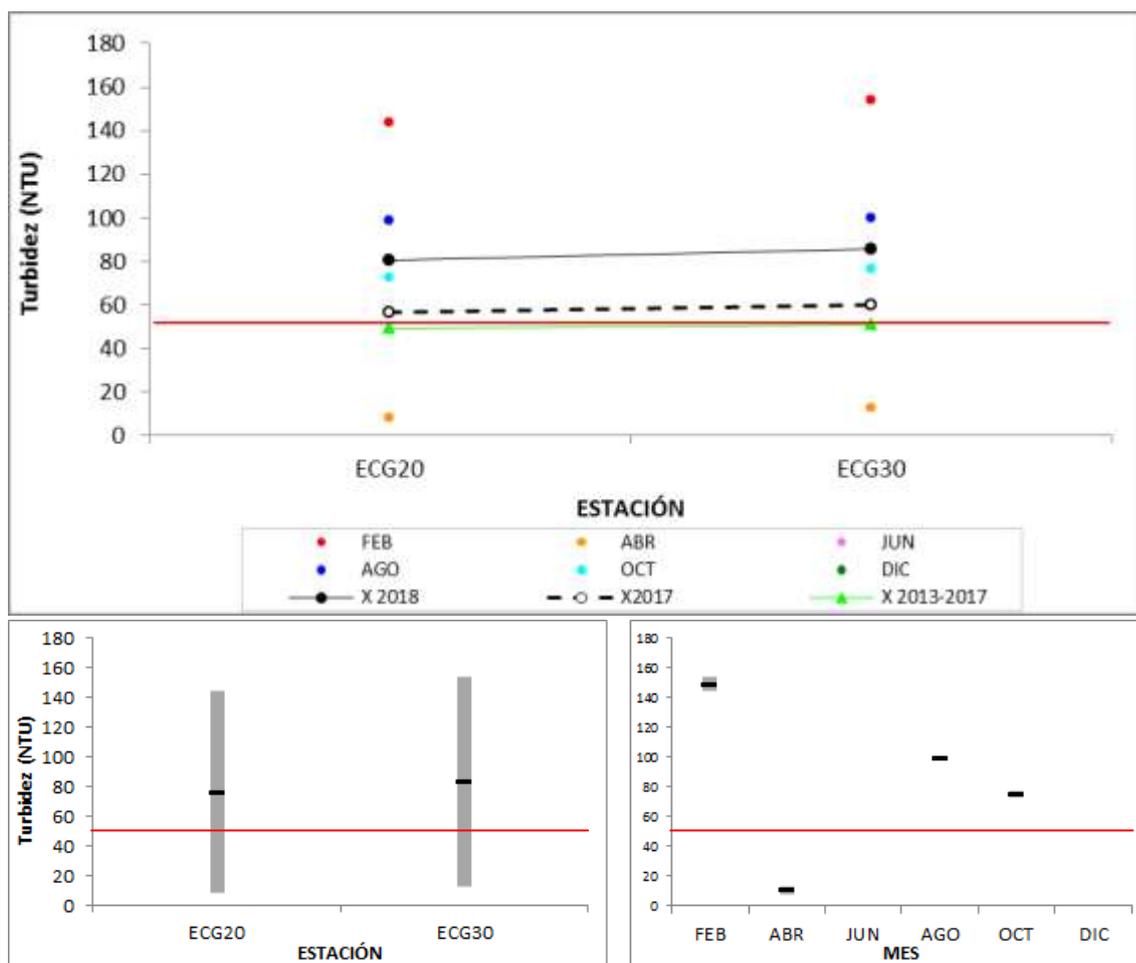
3.5.3.1.6. Turbidez

La turbidez del embalse del Canelón durante el año 2018 es alta. Se sitúa entre un máximo de 154,0 NTU (ECG30 en febrero) y un mínimo de 8 NTU (ECG20 en abril), con un promedio anual de 55,5 NTU y una mediana 87.7 NTU (Figura 64).

Las variaciones interanuales son similares en el cuerpo de agua, con concentraciones fluctuantes cada año. Los promedios calculados son de 55.5 NTU para 2018, 58 NTU para 2017 y 50.2 NTU para el quinquenio precedente.

Se aprecia una -esperable- tendencia a observar niveles de turbidez más elevados en los meses invernales, aunque la distribución de esta variable en el cuerpo del embalse es homogénea.

Los altos valores de turbidez detectados en el embalse del Canelón derivan en un cumplimiento del 25% de la normativa vigente del Decreto 253/79 y modificativos la cual establece un máximo de 50 NTU.



3.5.3.2. Transparencia

La transparencia registra un máximo en dos oportunidades de 25cm (ECG30 y ECG20 en octubre) y un mínimo de 10 cm (ECG30 en abril) con un promedio anual de 18 cm y una mediana de 18 cm.

3.5.3.3. Nutrientes

3.5.3.3.1. Nitrogenados

El NO_3^- del embalse del Canelón fluctuó entre 0.7 mg/l (ECG20 en octubre) y 0.3 mg/l (ECG30 en febrero) con un promedio de 0.4 mg/l y la mediana corresponde a 0,41 mg/l

El valor promedio del NO_3^- durante 2018 para este embalse, es similar al de 2017 y al quinquenio precedente siendo estos de 0.4 mg/l y 0.45 mg/l.

Esta variable muestra una tendencia al aumento en aguas más calientes y sus concentraciones, así como su rango de variación son –levemente- mayores en ECG02. El 100 % de los valores obtenidos cumple con la norma.

El NO_2^- del embalse del Canelón fluctuó entre 0.02 mg/l y 0.0035 mg/l (tanto el máximo como el mínimo se registró en ECG30 en agosto –máximo- y el mínimo en abril y octubre) con un promedio de 0.08 mg/l cuya mediana fue 0,011mg/l. Esta variable no presenta una tendencia clara entre las estaciones ECG20 y ECG30. Tampoco se evidencia una tendencia clara en la distribución temporal de la variable. Se puede apreciar un pico en épocas primaverales, aunque en épocas calientes y frías se mantienen sin variación evidente. Los NO_2^- estuvieron siempre por debajo de los límites de la técnica; esto marca valores bajos, muy inferiores al estándar fijado (Decreto 253/79 y modificativos). El 100 % de las muestras tomadas cumple con la norma.

El Amonio libre presentó un máximo de 0.0026 mg/l (ECG30 en febrero) y un mínimo de 0.00089 mg/l (ECG30 en abril), con un promedio de 0.001mg/l y una mediana de 0.00084 mg/l. Presenta un gradiente positivo desde la estación más cercana a la cola del embalse hacia la presa. Las concentraciones son más elevadas en aguas más calientes (fundamentalmente en febrero, cuando se produce un pico a excepción de abril donde se registra el menor valor) El 100% de los registros obtenidos cumplen con la normativa vigente.

3.5.3.3.2. Nitrógeno Total (NT).

El NT osciló entre 1.7 mg/l (ECG30 en agosto) y 1.2 mg/l ECG20 en febrero) y con un promedio de 1.4 mg/l cuya mediana fue 1.3 mg/l (Figura 65).

Los valores promedio registrados para cada estación son levemente superiores a los reportados en el 2017, pero por debajo claramente al período 2013-2017 donde no solo son más bajos sino que cambia la tendencia espacial.

No se observa un ciclo de variación de la concentración de NT en el embalse, pero sí un aumento en el segundo semestre. La distribución es homogénea, con promedios iguales en ambas estaciones y un rango de variación similar.

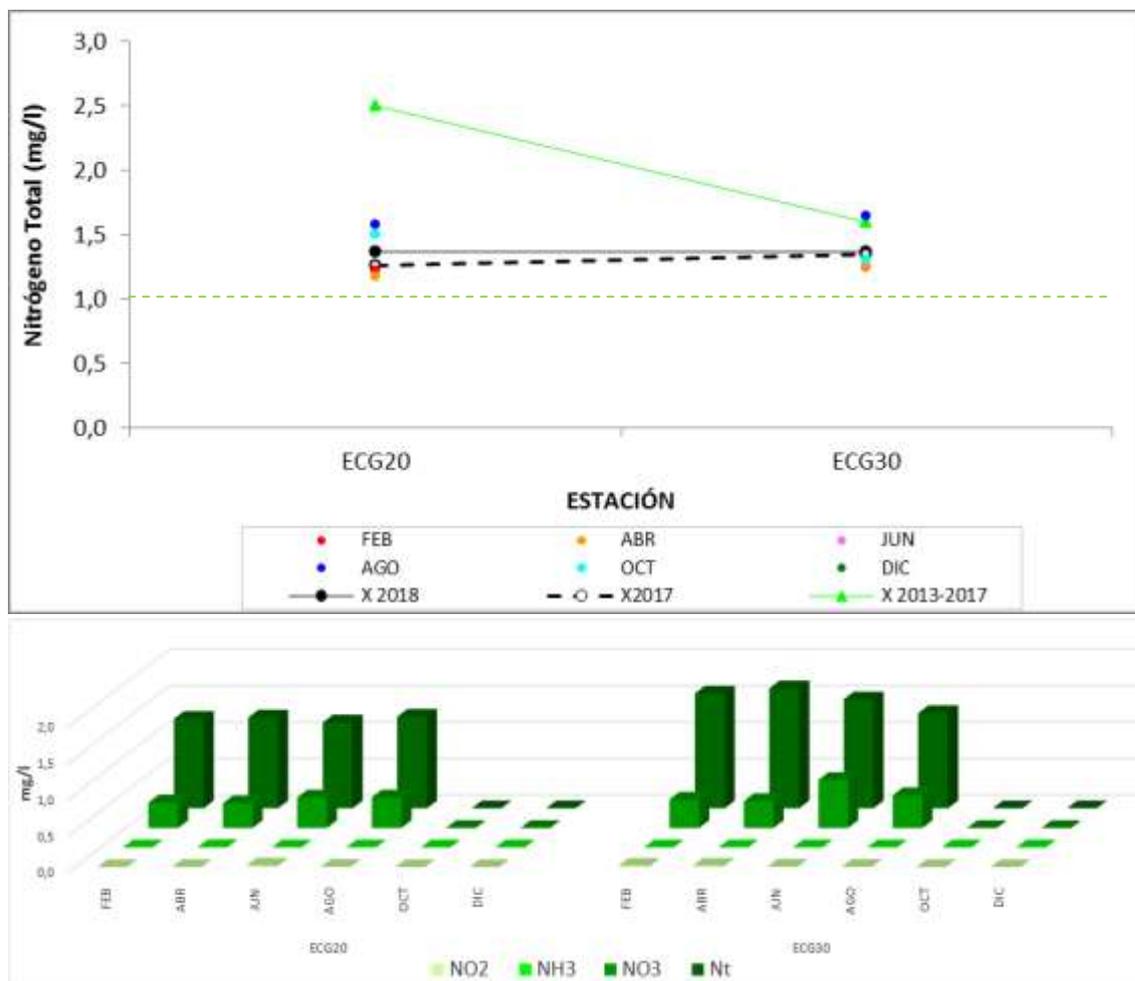


Figura 65. Superior: Fluctuaciones de Nitrógeno Total en el Embalse Canelón Grande.

Inferior: Variación espacial y temporal del nitrito, nitrato, amonio y nitrógeno total en el Embalse Canelón Grande durante 2018.

---.La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por la Mesa Técnica del Agua.

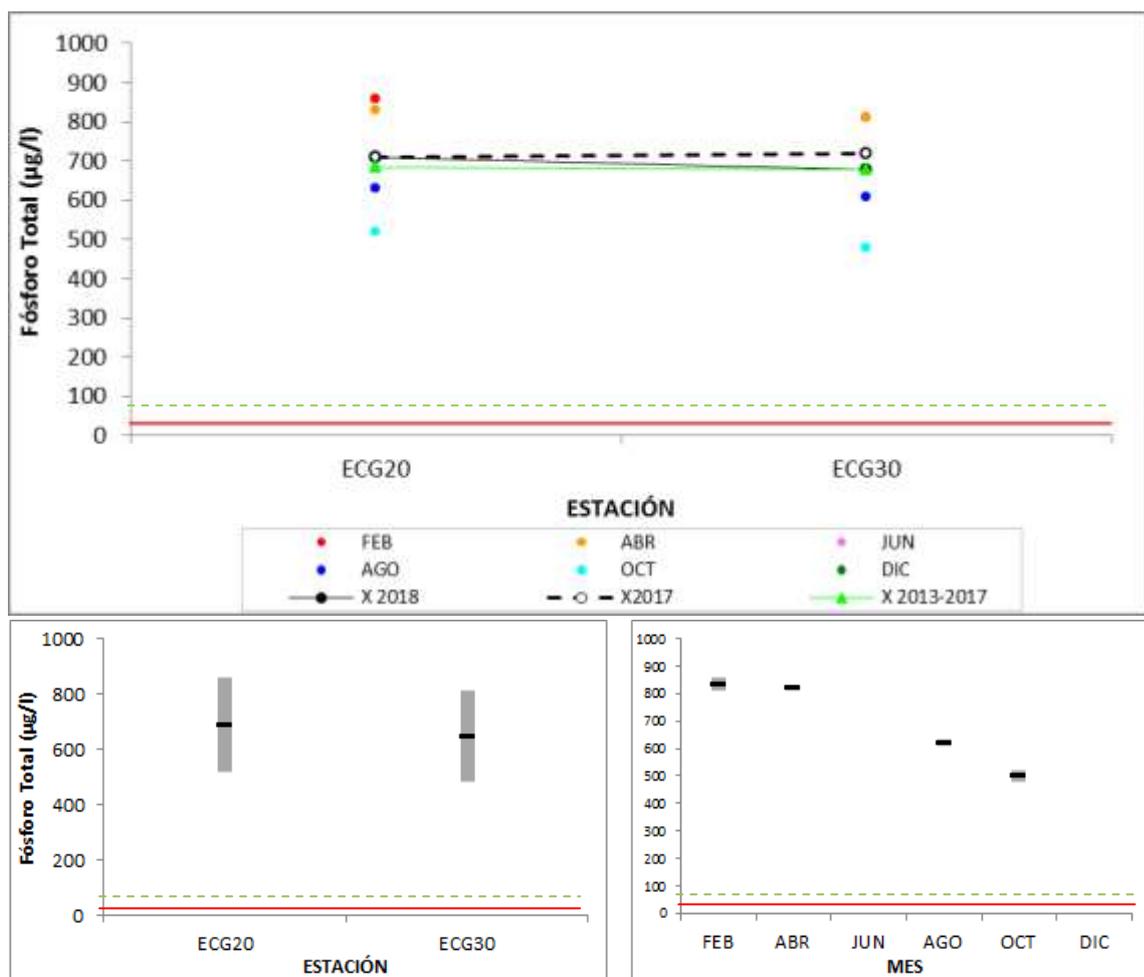
3.5.3.3.3. Fosforados

Las concentraciones de PT son siempre muy altas. Fluctúan entre un máximo de 860 $\mu\text{g/l}$ (ECG20 en febrero) y un mínimo de 480 $\mu\text{g/l}$ (ECG30 en octubre), con un promedio de 693 $\mu\text{g/l}$ cuya mediana fue 720 $\mu\text{g/l}$ (Figura 66).

Los altos registros de PT, alrededor de 30 veces mayores al estándar (25 $\mu\text{g/l}$) llevan a que se incumpla con la norma en el 100 % de las muestras.

El comportamiento de la tendencia correspondiente al año 2018, es superior al período 2013-2017 (674 $\mu\text{g/l}$), pero levemente inferior al año 2017 (715 $\mu\text{g/l}$).

Espacialmente no existen diferencias significativas entre ambas estaciones, que muestran promedios similares y rangos de variación muy cercanos. No se observa un ciclo de variación anual del fósforo total, más allá de un descenso sostenido de la concentración a lo largo del año



3.5.3.4. Sólidos

Los registros de sólidos suspendidos totales y sólidos totales, se llevaron a cabo a partir de octubre del 2018.

3.5.3.4.1. Sólidos Suspendidos Totales

No se registran datos a causa de problemas logísticos.

3.5.3.4.2. Sólidos Totales (ST)

Los sólidos totales se ubicaron en valores entre un máximo de 280 mg/l (ECG30 en octubre) y un mínimo de 270 mg/l (ECG20 en octubre), con un promedio de 275 mg/l y una mediana de 275 mg/l. (Figura 67).

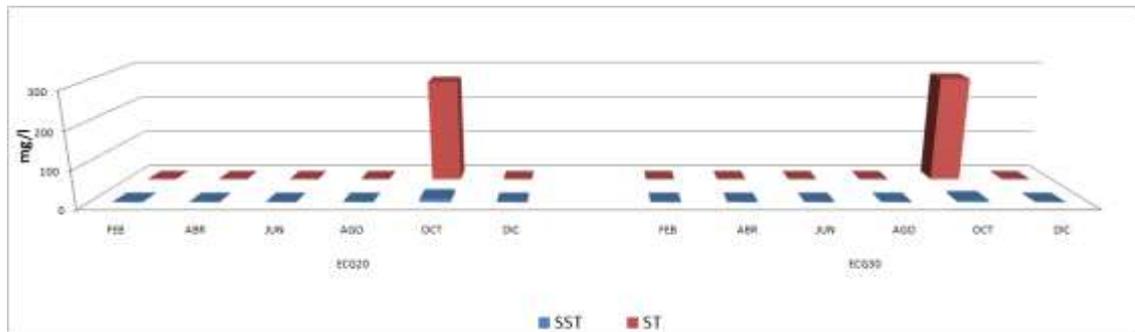


Figura 67. Variación espacial y temporal de los sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos totales (ST) en el embalse Canelón Grande durante 2018.

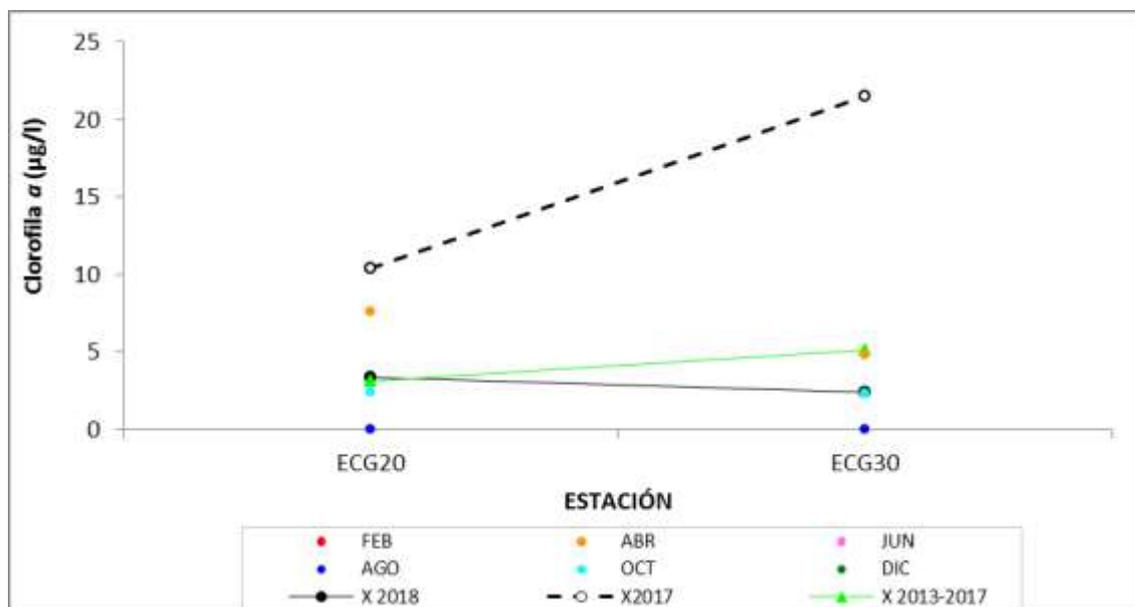
3.5.3.5. Variables biológicas

3.5.3.5.1. Clorofila-a

La clorofila a fluctuó en valores entre un máximo de 7.6 $\mu\text{g/l}$ y un mínimo de 2.3 $\mu\text{g/l}$, con un promedio de 2.9 $\mu\text{g/l}$, y una mediana de 2.4 $\mu\text{g/l}$ (Figura 68).

El valor promedio de la clorofila a durante 2018 para este embalse, es menor al de 2017 siendo este de 16 $\mu\text{g/l}$ y al quinquenio precedente, cuyo valor promedio es de 4.3 $\mu\text{g/l}$

La variación espacial muestra valores mayores cercanos a la presa con respecto a la cola del embalse y temporalmente se encuentran los registros más elevados en aguas cálidas.



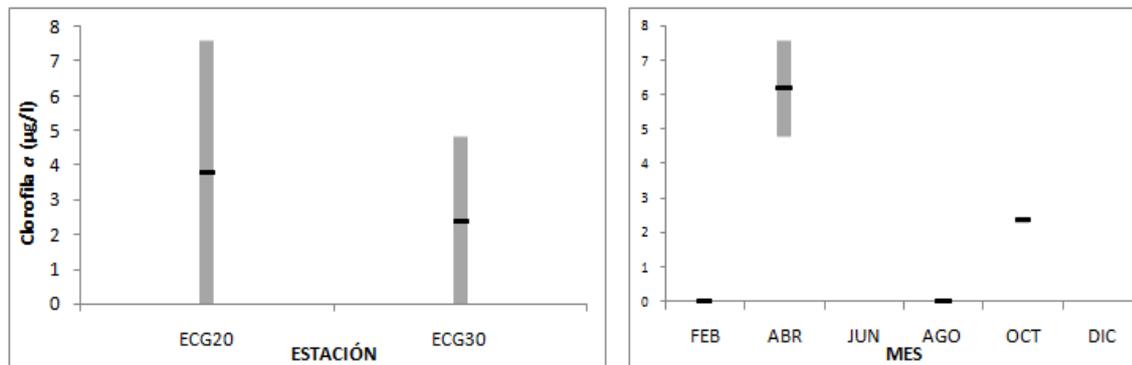


Figura 68. Superior: Fluctuaciones de la clorofila a en el Embalse Canelón Grande.

Interior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la clorofila a en el Embalse Canelón Grande 2018

3.5.3.5.2. Feofitina-a

La feofitina-a registró valores que están por debajo de límite de la técnica.

3.5.3.5.3. Coliformes Termotolerantes (Ct)

Las densidades de Ct fueron muy bajas en el embalse del Canelón durante todo el año. Se ubicaron entre un máximo de 60 UFC/100 ml (ECG30 en febrero) y un mínimo de 10 UFC/100 ml (ECG30 y ECG20 en agosto y octubre); con un promedio de 25 UFC/100 ml y una mediana fue 15 UFC/100ml (Figura 69).

El valor promedio de Ct durante 2018 para este embalse, es siete veces menor al de 2017 siendo este de 185 UFC/100 ml y más de 5 veces menor al del quinquenio precedente, cuyo valor promedio es de 134 UFC/100 ml

Con respecto a la distribución espacial los valores máximos no registran diferencias entre la cola del embalse y la presa mientras que temporalmente los registros más elevados se obtuvieron en aguas cálidas sobre las frías

Las bajas densidades observadas durante 2018 llevan a un total cumplimiento del estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos (2000 UFC/100ml).

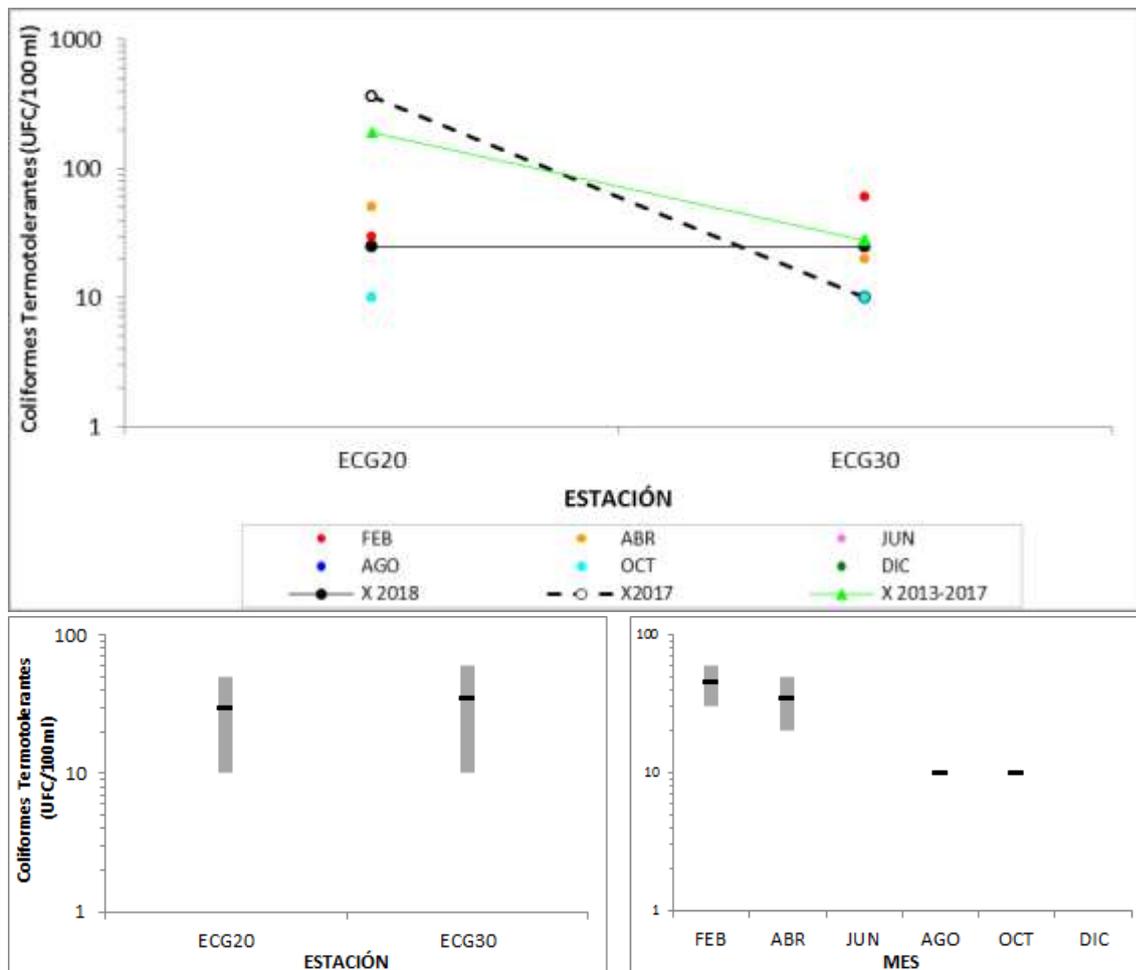


Figura 69. Superior: Fluctuaciones de coliformes termotolerantes en el Embalse Canelón Grande en 2018
 Inferior: Variación temporal (derecha) y espacial (izquierda) de los coliformes termotolerantes en el Embalse Canelón Grande (escala logarítmica).

3.5.3.6. AOX

No se realizan medidas de AOX para este embalse.

3.5.3.7. Síntesis Embalse Canelón Grande.

Durante el muestreo realizado en 2018 en el embalse Canelón Grande, se analizaron diferentes variables. De las ocho variables con valor de referencia, seis de ellas tuvieron un cumplimiento del 100% de los registros con respecto al mismo: pH, OD, DBO5, NO₂, NO₃ y Ct. Con respecto a la turbidez, la misma solo alcanzó el 25% del cumplimiento. Los valores de turbidez resultaron altos debido a una mayor cantidad de partículas en suspensión, producto de las diversas actividades agrícolas del sistema (presentes y pasadas) y de la alta resuspensión. Dichos efectos traen como consecuencia la reducción de posibilidades fotosintéticas de las plantas autótrofas del sistema.

El PT incumplió el estándar en el 100% de los registros. Las actividades agrícolas ganaderas, la horticultura entre otras contribuyen a las altas cargas de nutrientes.

3.5.2. Arroyo Canelón chico

El Ao. Canelón Chico presenta 2 estaciones, las cuales se ubican: aguas arriba de la ciudad de Canelones (CC10) y aguas abajo de la misma- (CC20) (Figura 70).



Figura 70. Localización de las estaciones de muestreo del Ao Canelón Chico.

3.5.2.1. Parámetros fisicoquímicos

3.5.2.1.1. Temperatura

La temperatura del agua en el Ao. Canelón Chico fluctuó entre un máximo de 26.2 °C y un mínimo de 9.5 °C, con un promedio de 18 °C y una mediana de 18.4 °C (Figura 71).

La variación espacial de la temperatura no mostró diferencias importantes entre los sitios y se observa una tendencia a disminuir hacia el último tercio del curso. Como es esperable se observa un clásico ciclo anual con temperaturas máximas en meses cálidos y mínimas en meses fríos.

El valor promedio de la temperatura durante 2018 para este curso, es menor al de 2017, siendo este de 19.5 °C. La temperatura durante 2018 muestra un comportamiento similar con respecto a los 5 años anteriores.

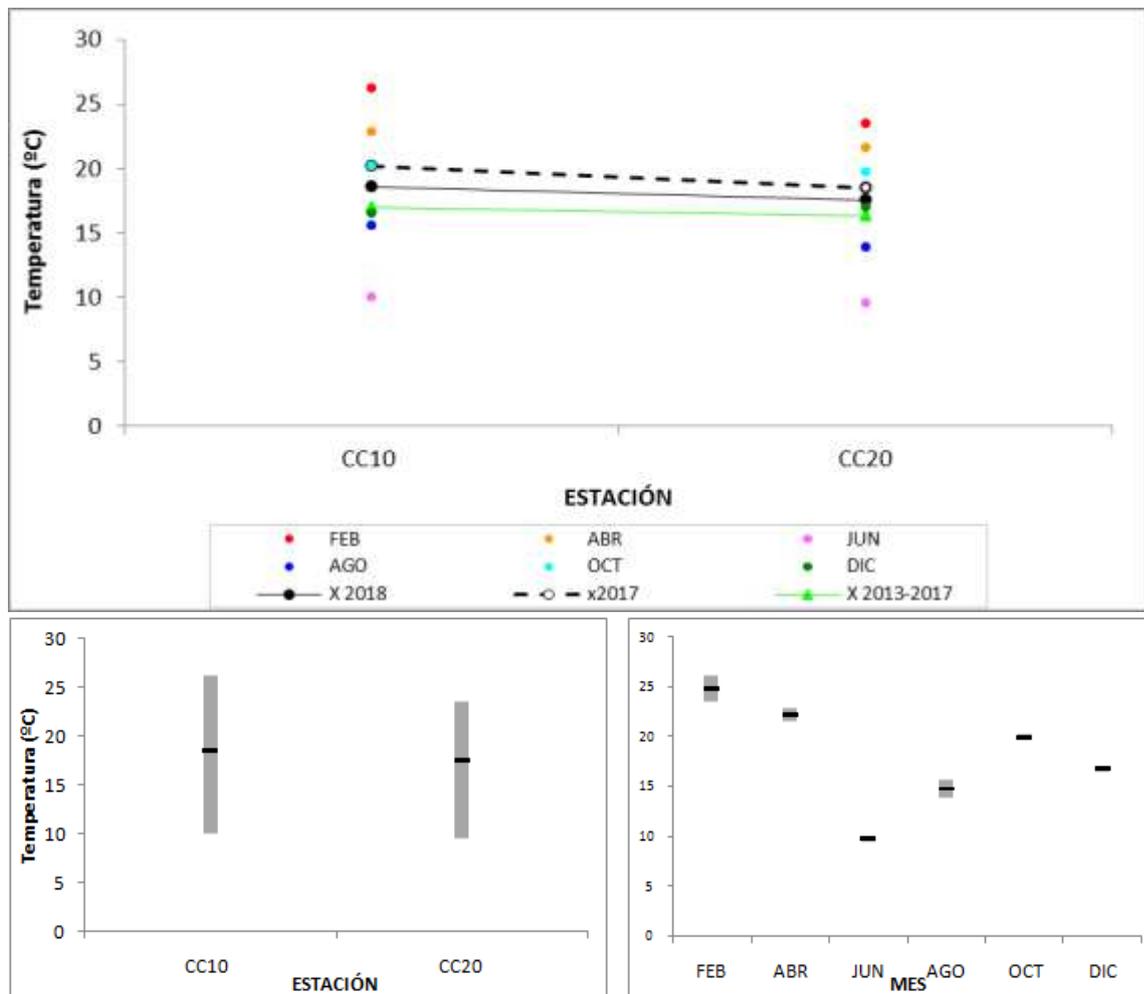


Figura 71. Superior: Fluctuaciones de Temperatura en el Ao. Canelón Grande .Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la temperatura en el Ao. Canelón Grande durante 2018.

3.5.2.1.2. Conductividad

La conductividad en el Ao. Canelón Chico fue siempre alta, ubicándose entre un máximo de 1094 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un mínimo de 264.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un promedio de 545.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una mediana de 438.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Figura 72).

La conductividad del agua es casi idéntica a la del año precedente, lo mismo que con respecto al lustro precedente.

En líneas generales se observa una tendencia al incremento desde las nacientes hacia la desembocadura.

En épocas de mayor temperatura se registran los mayores valores de conductividad.

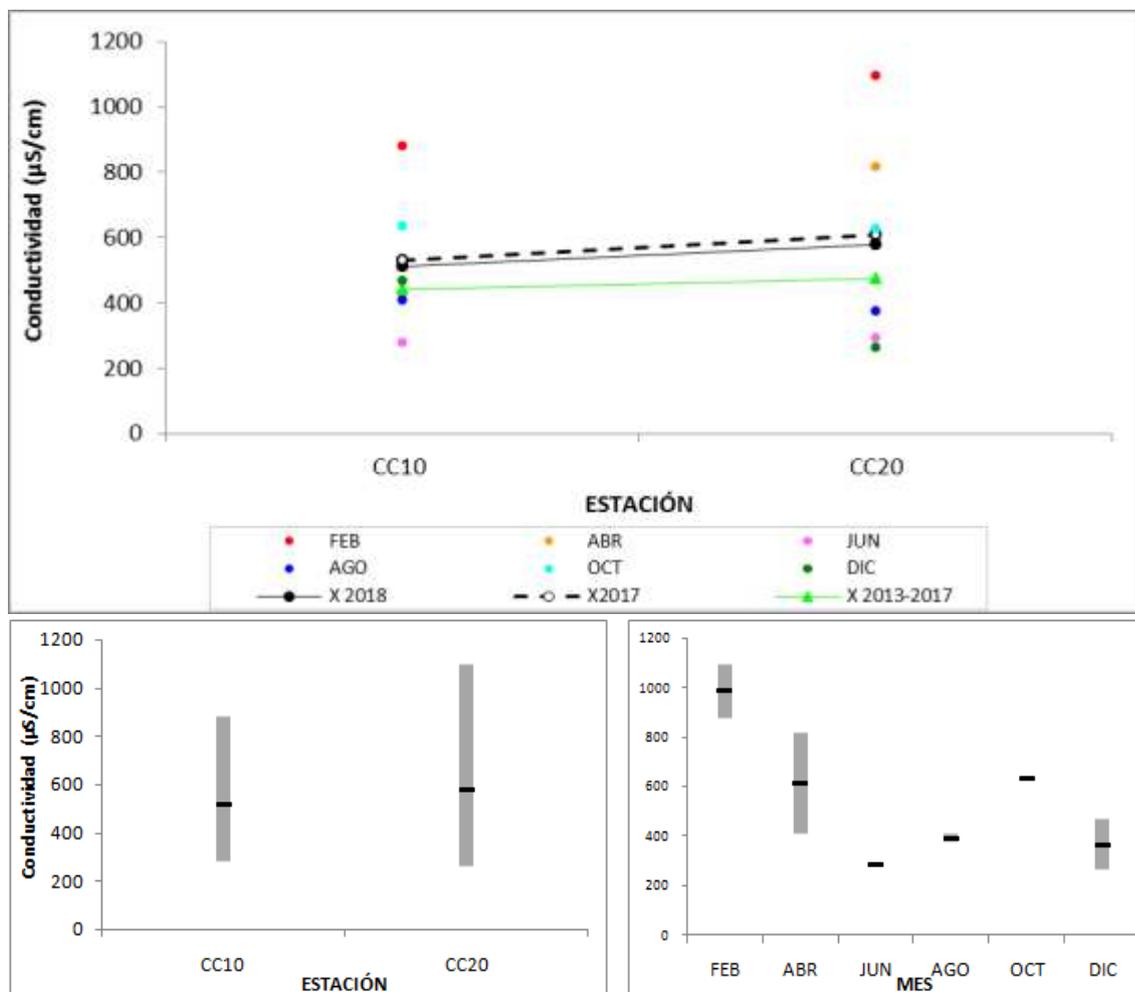


Figura 72. Superior: Fluctuaciones de la conductividad en el Ao. Canelón Chico.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la conductividad en el Ao. Canelón Chico durante 2018.

3.5.2.1.3. pH

El pH del Ao. Canelón Chico durante 2018 se caracterizó por presentar valores entre un máximo de 7.9, un mínimo de 7.4, con un promedio anual de 7.6 y una mediana de 7.5 (Figura 73).

El pH muestra un aumento mínimo respecto al año 2017 y respecto a los últimos 5 años el valor promedio es similar siendo este de 7.63.

En cuanto a las variaciones espaciales y temporales no se notan grandes diferencias entre puntos de muestreo o entre campañas.

En todos los casos se cumplió con la norma establecida (6.5 - 8.5) para aguas naturales.

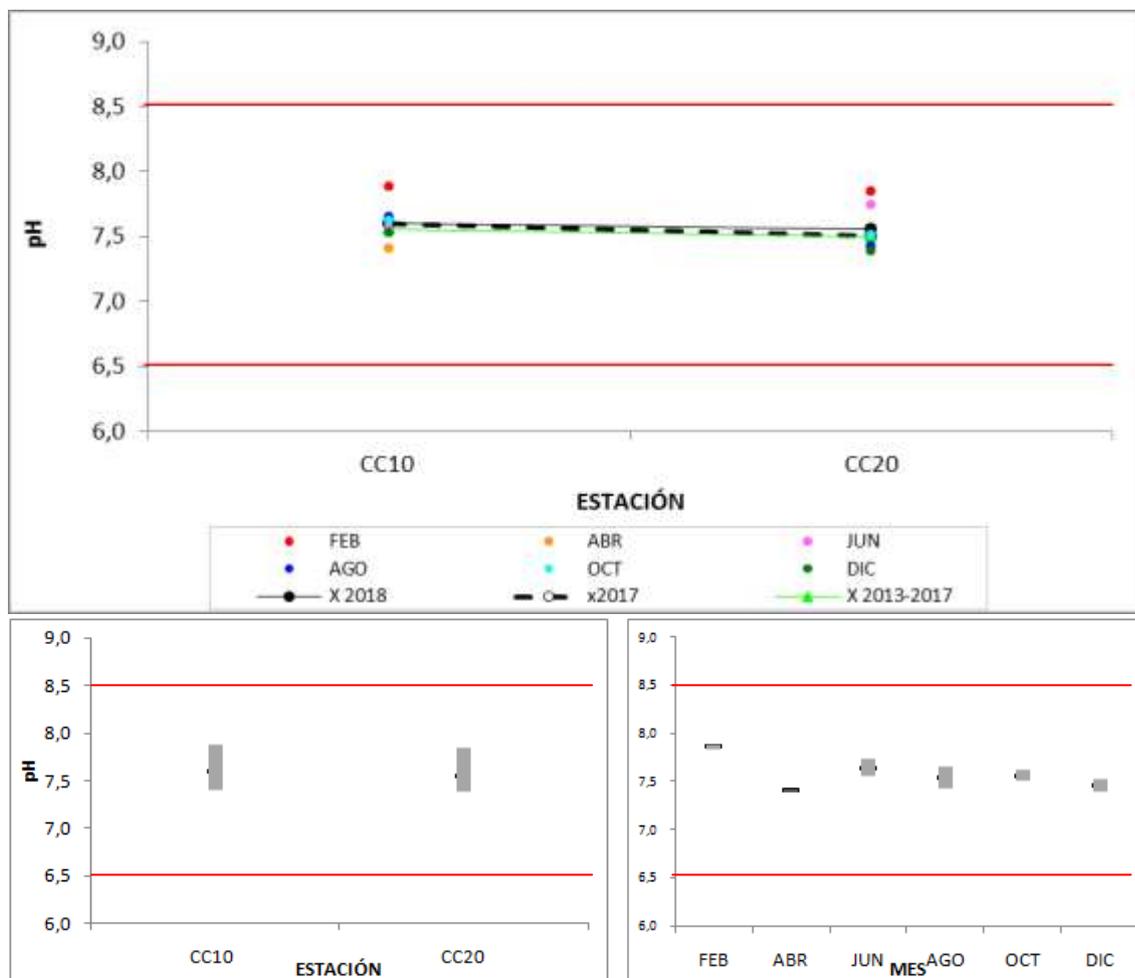


Figura 73. Superior: Fluctuaciones del pH en el Ao. Canelón Chico .Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del pH en el Ao. Canelón Chico durante 2018.
 --- La líneas rojas continuas marcan el estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.5.2.1.4. Oxígeno disuelto

El OD del Ao. Canelón Chico se ubicó en valores entre un máximo de 8.8 mg/l, un mínimo de 3.1 mg/l, con un promedio de 6.3 mg/l y una mediana de 6.8 mg/l (Figura 74).

Las aguas más oxigenadas se observan en la cuenca alta del arroyo, mientras que en la cuenca baja se registran los valores mínimos, en líneas generales se percibe una leve tendencia al aumento de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua desde la cabecera hacia la desembocadura. La variación temporal muestra en aguas frías los valores más altos del oxígeno disuelto siendo en aguas cálidas los más bajos, es mayor que en las cálidas.

El valor promedio de la temperatura durante 2018 para este curso, es mayor al de 2017, siendo este de valores cercanos a 5 mg/l y con tendencia opuesta al 2018. Con respecto al lustro, el año 2018 resultó con tendencia similar.

Más allá de las fluctuaciones espaciales y/o temporales de esta variable, las concentraciones de oxígeno disuelto se encuentran mayormente por encima del valor mínimo aceptable (75% de los registros) fijado en el Decreto 253/79 y modificativos, indicando un buen nivel de oxigenación del cuerpo de agua.

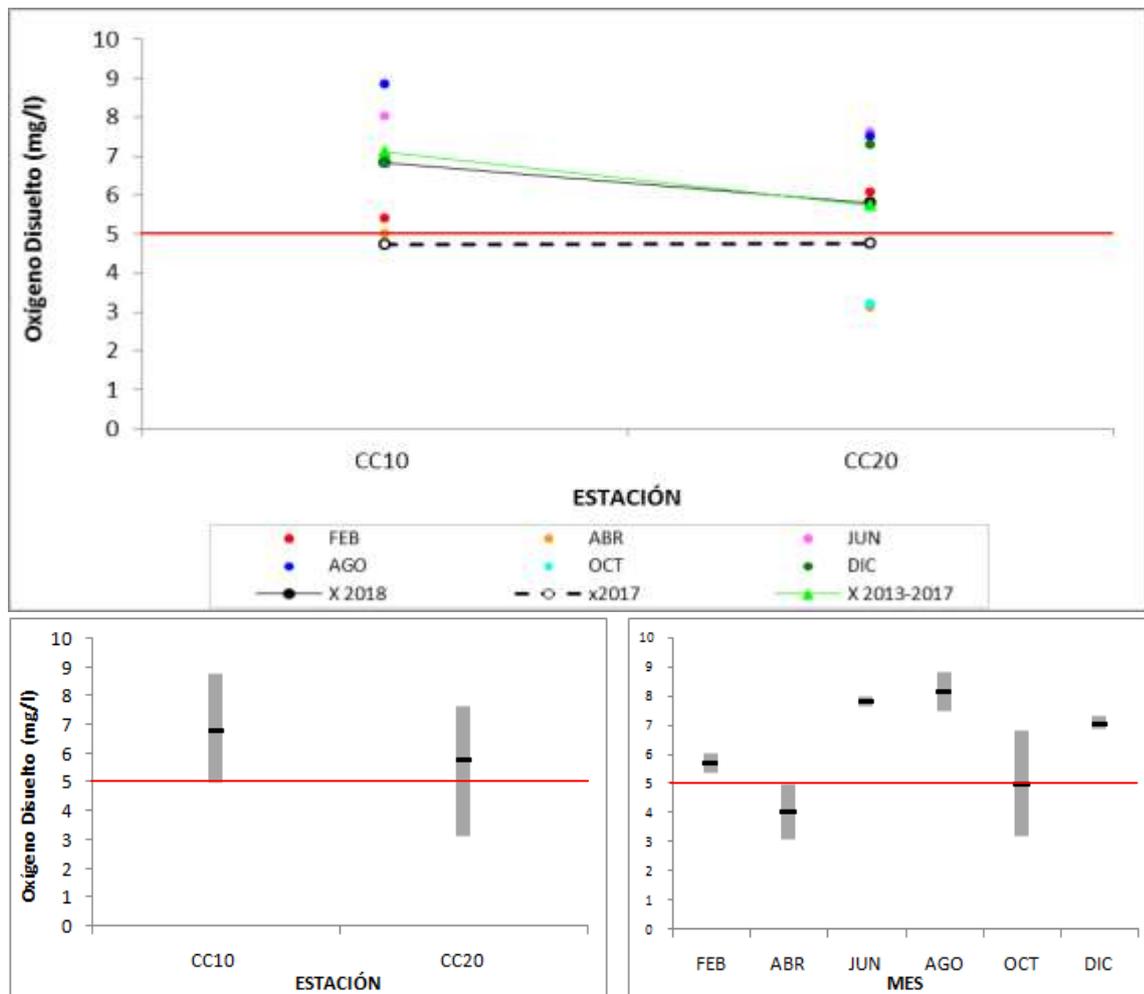


Figura 74. Superior: Fluctuaciones del oxígeno disuelto en el Ao. Canelón Chico.

Inferior: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del oxígeno disuelto en el Ao. Canelón Chico durante 2018.

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.5.2.1.5. DBO₅

La DBO₅ presentó, en todos los análisis, resultados por debajo de los límites de la técnica. En particular, 3 como <LC (1.4 mg/l)

Siendo ≤ 10 mg/l el valor guía establecido en el decreto 253/79, se observa que el cumplimiento del decreto fue del 100 % de las muestras

3.5.2.1.6. Turbidez

La turbidez del Ao. Canelón Chico se situó entre un máximo de 228 NTU, un mínimo de 12.5 NTU, con un promedio de 61.3 NTU y una mediana de 46.7 NTU. (Figura 75).

Se constatan que las concentraciones de turbidez fueron más elevadas durante 2018 que en 2017 y el quinquenio precedente, con promedios de 61.3 NTU, 11.0 NTU y 22 NTU respectivamente.

Existe una tendencia a la disminución de la turbidez desde la cuenca alta hacia la baja y temporalmente se observa una mayor concentración en aguas frías a excepción de diciembre donde se destaca el registro de mayor valor (228 NTU).

Dichos promedios de los años precedentes están por debajo de la normativa vigente (máximo 50 NTU) contrariamente con los valores del año 2018 (50% de cumplimiento)

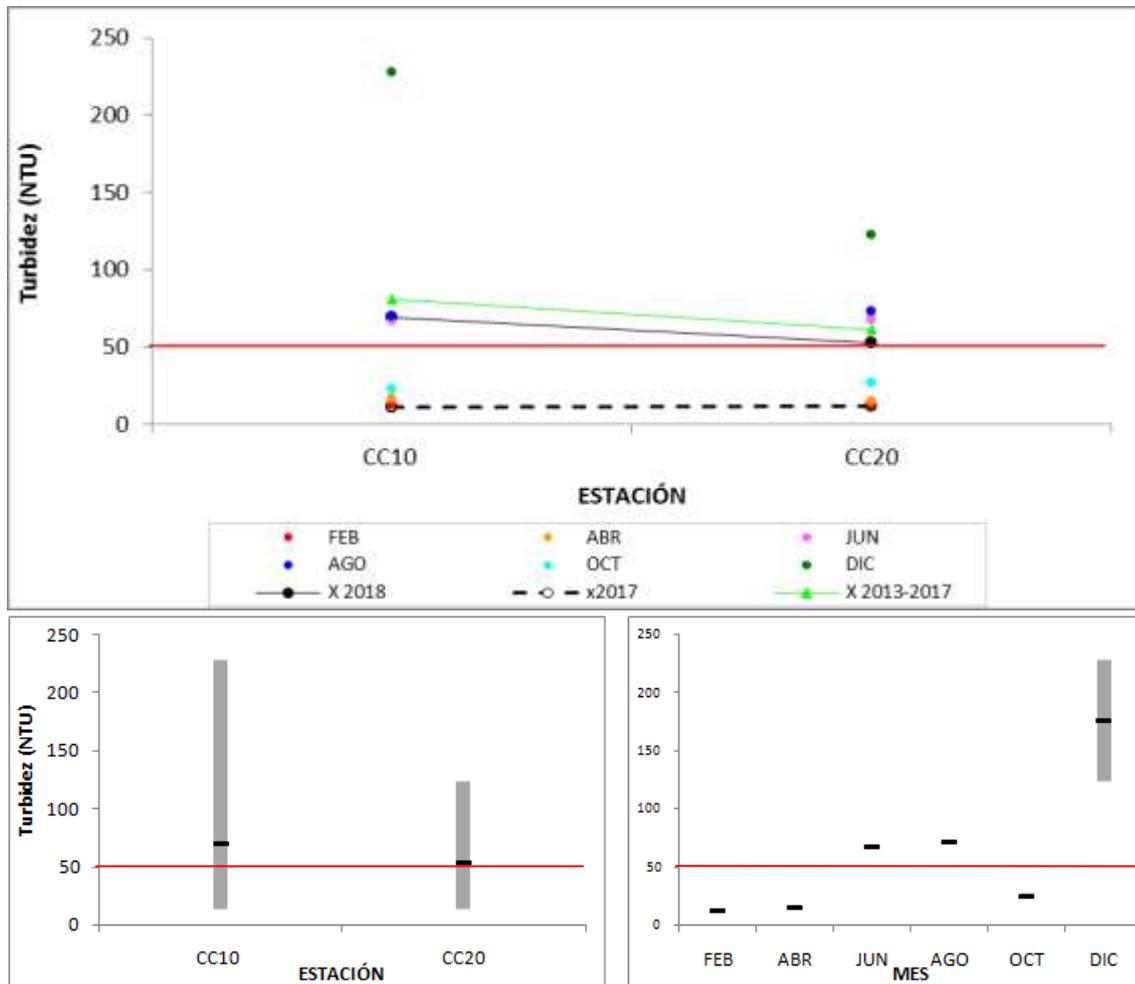


Figura 75. Superior: Fluctuaciones de la Turbidez en el Ao. Canelón Chico durante 2018.

Inferior: Variación temporal (izquierda) y espacial (derecha) de la turbidez en el Ao Canelón Chico durante 2018.

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.5.2.2. Transparencia

No se realizan medidas de transparencia en esta sub-cuenca.

3.5.2.3. Nutrientes

3.5.2.3.1 Nitrogenados

Los nitratos en el Ao. Canelón Chico fluctuaron entre un máximo de 14 mg/l y un mínimo de 0.02 mg/l, con un promedio de 2.5 mg/l y una mediana de 1.3mg/l.

El valor promedio de los NO_3^- (nitratos) durante 2018 para este curso, es menor al de 2017, siendo este de 3.1 mg/l.

Presentan un gradiente positivo claro desde las nacientes hacia la desembocadura y temporalmente, las concentraciones son más elevadas en aguas más calientes (fundamentalmente en abril, cuando se produce un pico). En dos oportunidades el NO_3^- superó el estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos, alcanzando con esto un 16.6 % de incumplimiento a la norma.

Los NO_2^- (nitritos) en el Ao. Canelón Chico se ubicaron entre un máximo de 0.2 mg/l, un mínimo de 0.0035 mg/l, con un promedio de 0.043 mg/l y una mediana de 0.03 mg/l. Los valores son inferiores a los registrados durante 2017, aunque promediamente superiores a los del período 2013-2017. Muestran una clara tendencia al aumento de concentración desde las nacientes hacia la desembocadura siendo las estaciones de otoño y primavera las que presentan mayor concentración.

Se registró un sólo valor por encima del estándar fijado (≤ 0.10 mg/l). Este valor resulta en un incumplimiento –de los NO_2^- - del 10 %.

El Amonio libre presentó un máximo de 0.015 mg/l (CC20 en agosto) y un mínimo de 0.0002 mg/l (CC10 en abril), con un promedio de 0.003mg/l y una mediana de 0.0014 mg/l.

El valor promedio durante 2018 para este curso, es muy inferior al de 2017, siendo este de 5.5 mg/l. En dicho año se registraron los mayores valores en CC20, tendencia que se continuó en 2018.

Las concentraciones son más elevadas en aguas más calientes (fundamentalmente en octubre, cuando se produce un pico). El 100% de los registros obtenidos cumplen con la normativa vigente.

3.5.2.3.2. Nitrógeno Total (NT).

El NT del Ao. Canelón Chico se ubicó en valores entre un máximo de 23.1 mg/l (CC20 en abril), un mínimo de 1.02 mg/l (CC10 en febrero), con un promedio de 4.20 mg/l y una mediana de 2.90 mg/l a lo largo del año. (Figura 76).

Los promedios calculados son similares en 2018 y 2017, marcando una tendencia al aumento en el sentido del curso, con respecto al lustro, resulta una concentración promedio mayor siendo este de 5.25 mg/l Se observa una tendencia a presentar menores concentraciones en aguas más frías respecto a las cálidas, a excepción de un pico muy alto en la transición de aguas cálidas a frías, así como una clara tendencia al aumento desde las nacientes hacia la desembocadura.

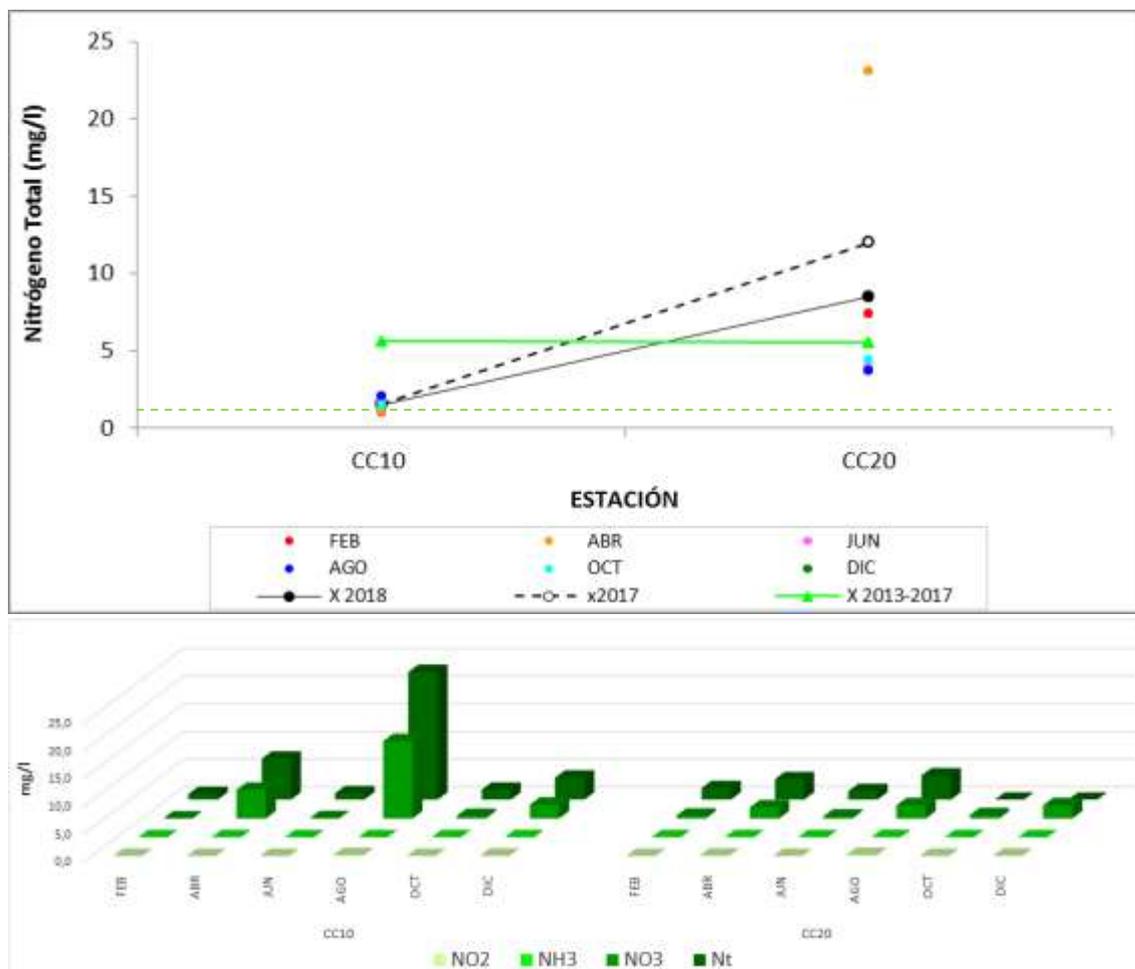


Figura 76. Superior: Fluctuaciones de Nitrógeno Total en el Ao. Canelón Chico.

Inferior: Variación espacial y temporal del nitrito, nitrato, amonio y nitrógeno total en el Ao. Canelón Chico durante 2018.

---. La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por la Mesa Técnica del Agua.

3.5.2.3.2. Fosforo Total (PT).

El PT del Ao. Canelón Chico durante el año 2018 se caracterizó por presentar valores extremadamente altos, entre un máximo de 5500 $\mu\text{g/l}$ (CC20 en abril), un mínimo de 690 $\mu\text{g/l}$ (CC10 en agosto) con un promedio de 1540 $\mu\text{g/l}$ con una mediana de 965 $\mu\text{g/l}$. (Figura 77).

Con respecto al 2017 y al período 2013-2017, la tendencia del 2018 acompaña a los períodos anteriores. En CC10 (cuenca alta, con menos influencia), los promedios son siempre similares, pero en CC20 hay aumento progresivo.

El alto impacto antrópico en la cuenca y los centros poblados aledaños contribuyen al estado crítico de este sistema.

La variación espacial revela un claro incremento desde las nacientes hacia la desembocadura. Se observa una variación temporal determinada por un decrecimiento brusco de las concentraciones en la transición otoño-invierno, la cual persiste en primavera-verano.

La legislación vigente establece un valor estándar de concentración de PT inferior a 25 µg/l (Decreto 253/79 y modificativos) De acuerdo a lo anterior, para el año 2018 los valores de PT del curso Canelón Chico superaron en su totalidad el estándar de calidad registrando un incumplimiento del 100% de los registros con respecto a la normativa vigente. Estos valores llegan a superar en 220 veces el estándar fijado, y hasta 79 veces el estándar propuesto (valor propuesto 70 µg/l- Gesta).

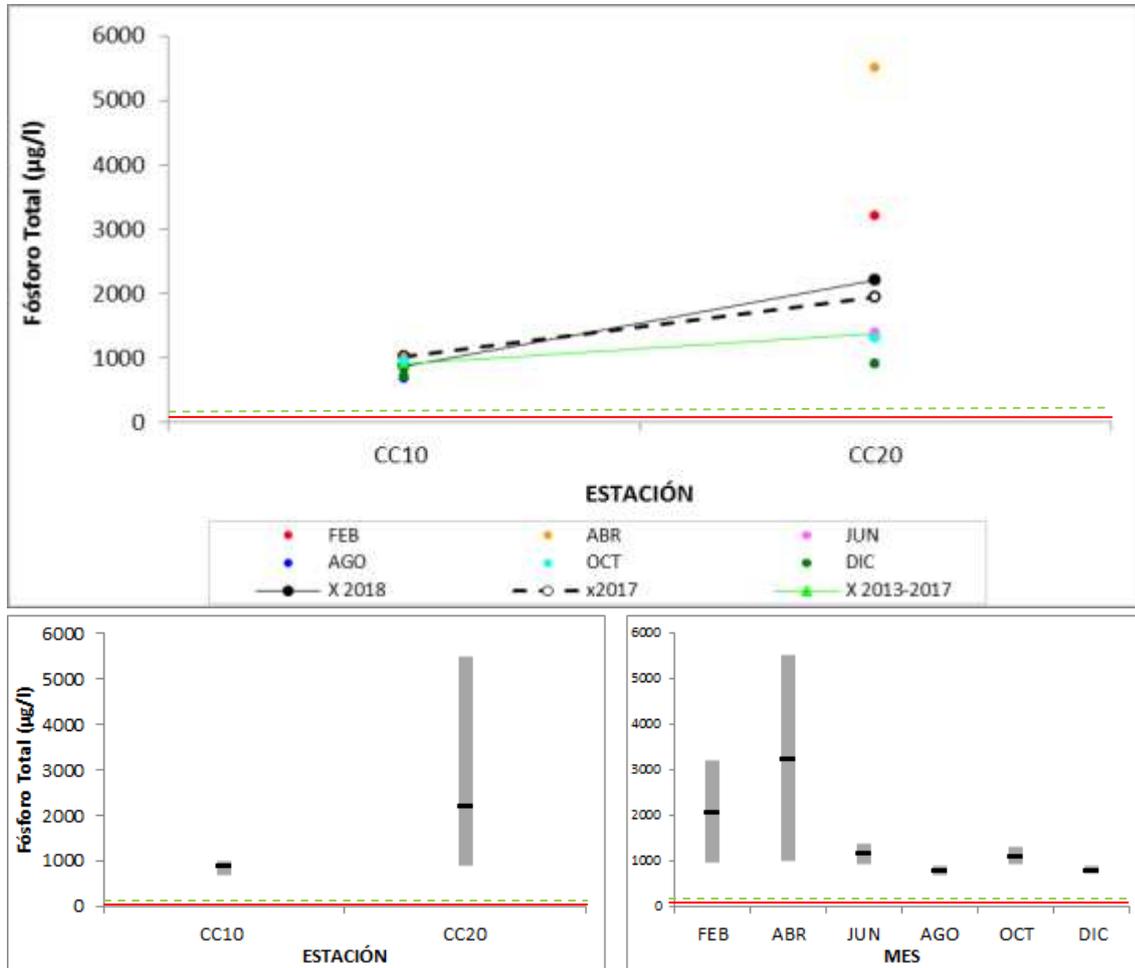


Figura 77. Superior: Fluctuaciones de Fósforo Total en el Ao. Canelón Chico.

Inferior: Variación temporal (izquierda) y espacial (derecha) del fósforo total en el Ao. Canelón Chico durante 2018.

- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.
- .La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por GESTA (agua) 2014.

3.5.2.4. Sólidos

Los registros de sólidos suspendidos totales y sólidos totales, se llevaron a cabo a partir de octubre del 2018.

3.5.2.4.1 Sólidos suspendidos totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales (SST) fluctuaron entre un mínimo de 15 mg/l (CC20 en octubre) y un máximo de 160 mg/l (CC10 en diciembre), con un promedio de 62 mg/l y una mediana de 36.5 mg/l (Figura 78).

Las concentraciones de SST muestran un gradiente negativo desde las nacientes hacia la cuenca baja. Dichos valores muestran un incremento notorio desde octubre a diciembre.

3.5.2.4.2 Sólidos Totales (ST)

Los sólidos totales se ubicaron en valores entre un mínimo de 330 mg/l (CC20 en diciembre) y un máximo de 460 mg/l en tres ocasiones (CC10 en octubre y diciembre y CC20 en octubre), con un promedio de 428 mg/l y una mediana de 460 mg/l (Figura 78). Dichos valores muestran un leve gradiente negativo desde octubre a diciembre en CC20 mientras que en CC10 muestra estabilidad.

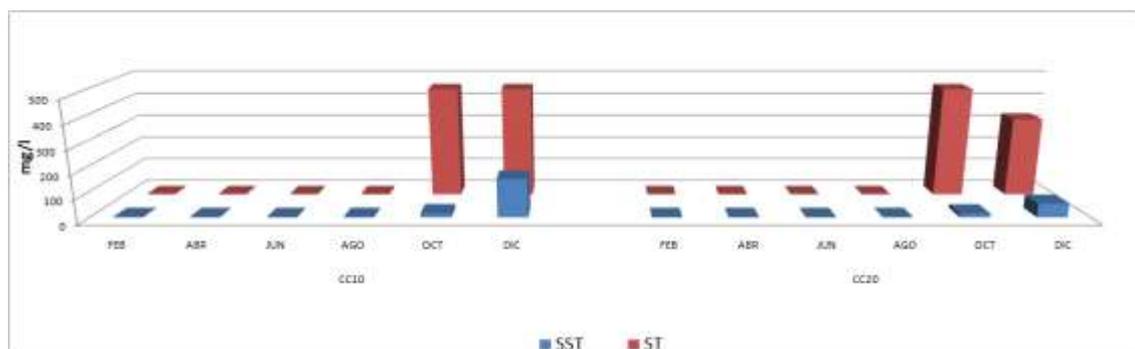


Figura 78. Variación espacial y temporal de los sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos totales (ST) en el Arroyo Canelón Chico durante 2018.

3.5.2.5. Variables biológicas.

No se realizan medidas de clorofila a y feofitina a para esta sub-cuenca.

3.5.2.5.1. Coliformes Termotolerantes (Ct)

Los Ct del Ao. Canelón Chico se situaron entre un máximo de 80000 UFC/100 ml (CC20 en diciembre), un mínimo de 10 UFC/100 ml (CC10 en octubre), con un promedio de 8980 UFC/100ml y una mediana de 245 NTU. (Figura 79).

El valor promedio de los Ct durante 2018 para este curso, es muy superior al de 2017 y al quinquenio precedente, siendo este de 145 UFC/100 ml y 920 UFC/100 ml respectivamente. Espacialmente se mantiene la tendencia creciente en sentido del curso.

A lo largo de todo 2018, las abundancias de Ct fueron bajas, a excepción del pico máximo producido en la estación CC20 en diciembre y un segundo pico en CC10 en diciembre. Esto indica que durante los meses cálidos, las concentraciones de los Ct fueron altas mientras que en aguas más frías dichas abundancias se mantienen en niveles similares.

La mayoría de los registros se mantuvieron por debajo del valor establecido en la normativa, menos en las 3 ocasiones de los eventos de mayor concentración. En estos registros, el 70% cumplió con la normativa del decreto 253/79.

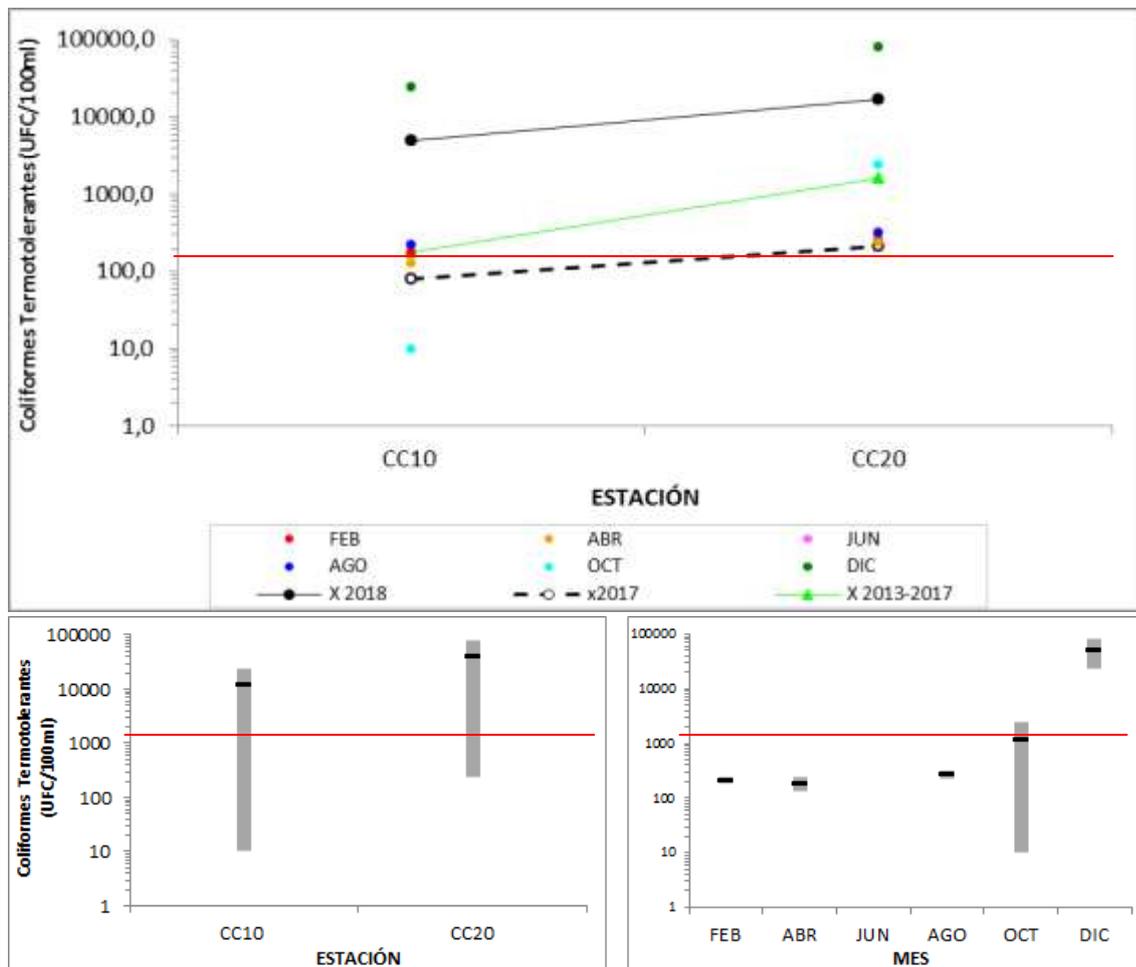


Figura 79. Superior: Fluctuaciones de coliformes termotolerantes en el Ao. Canelón Chico en 2018. Inferior: Variación temporal (derecha) y espacial (izquierda) de los coliformes termotolerantes en el Ao. Canelón Chico (escala logarítmica).

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.5.2.6. AOX

No se realizan medidas de AOX para esta sub-cuenca.

3.5.2.7. Síntesis Arroyo Canelón Chico

De las variables consideradas para el análisis de este curso, 8 son las que se consideran relevantes debido a la referencia estándar existente.

De estas, 2 de ellas tuvieron un cumplimiento del 100% de los registros con respecto al estándar (pH y DBO₅), 2 alcanzaron cumplimiento >83% (NO₂ y NO₃), el OD cumplió un 75%, mientras que los Ct fue en un 70% y la turbidez en un 50%.

El PT fue la variable que obtuvo 0% del cumplimiento con respecto al estándar del decreto vigente. En líneas generales se trata de un curso altamente impactado, el cual solo tiene el 100% del cumplimiento en 2 de las 8 variables con respecto al estándar, y si bien el OD cumple en un porcentaje aceptable, tiene concentraciones promedialmente bajas con períodos muy negativos para la vida acuática.

En la estación CC20 es donde se reportan los valores más críticos de las variables OD, Ct, turbidez y es donde se registran los valores más altos para el PT y NT. El impacto que tiene los centros urbanos y sub-urbanos (vertidos residuales sin tratamiento, pluviales, efluentes industriales) así como las actividades agroindustriales, tambos entre otras, se ven reflejados en los valores obtenidos durante el monitoreo de dicho curso.

3.6. Arroyo Colorado

La subcuenca del arroyo Colorado se ubica en una zona altamente impactada por la presencia de industrias frigoríficas principalmente, pero también hay fuerte presión de otras industrias y de urbanización. El punto de monitoreo CO10, que se ubica en la desembocadura del Ao. Colorado sobre el río Santa Lucía, se considera estación de cierre de la subcuenca que incluye también al Arroyo Las Piedras (Figura 80).



Figura 80. Localización de la estación de muestreo del Arroyo Colorado.

3.6.1. Parámetros físico-químicos

3.6.1.1. Temperatura

La temperatura en la estación ubicada en la desembocadura del Ao. Colorado registró un máximo de 26.5 °C (febrero), un mínimo de 12.4 °C (junio) con un promedio anual de 19.6 °C y con una mediana de 20.9 °C (Figura 81).

El comportamiento de la temperatura es similar a la de 2017, mostrando valores muy similares, aunque siempre inferiores durante 2018, esta diferencia se refleja en los promedios anuales calculados, de 20.7 °C en 2017 y 19.6 °C en 2018.



Figura 81. Variación temporal de la temperatura en la subcuenca del Ao. Colorado durante 2018.

3.6.1.2. Conductividad

La conductividad fluctuó entre un máximo de 6547.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (febrero) y un mínimo de 251.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (junio) con un promedio anual de 1795.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y mediana de 763.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 82).

Los valores de conductividad fueron siempre superiores durante 2018, produciendo promedios de 1004.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2017 y de 1796.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018. En comparación con el lustro los valores de conductividad fueron mayores en 2018, lo cual se refleja en los promedios calculados, 597.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el lustro y 1796.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018.

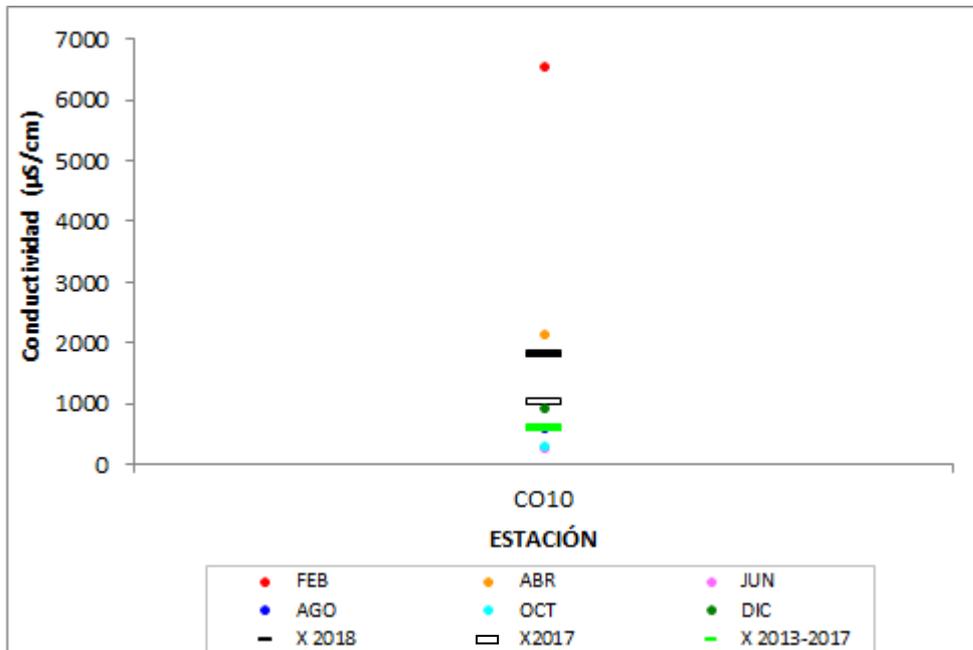


Figura 82. Variación temporal de la conductividad en la subcuenca del Ao. Colorado durante 2018.

3.6.1.3. pH.

El pH observado se ubicó entre 7.8 de máximo (febrero) y 7.2 de mínimo (diciembre), con un promedio y una mediana de 7.4 (Figura 83).

En comparación con el año precedente los valores fueron similares, lo que se refleja en los promedios calculados de 7.5 para el 2017 y 7.2 para el 2018. En comparación con el lustro los valores de pH fueron similares generando promedios de 7.6 en el lustro y 7.4 durante el 2018.

Durante el ciclo anual el pH se mantuvo dentro de los valores estipulados en el Decreto 253/79 y modificativos (entre 6,5 y 8,5).

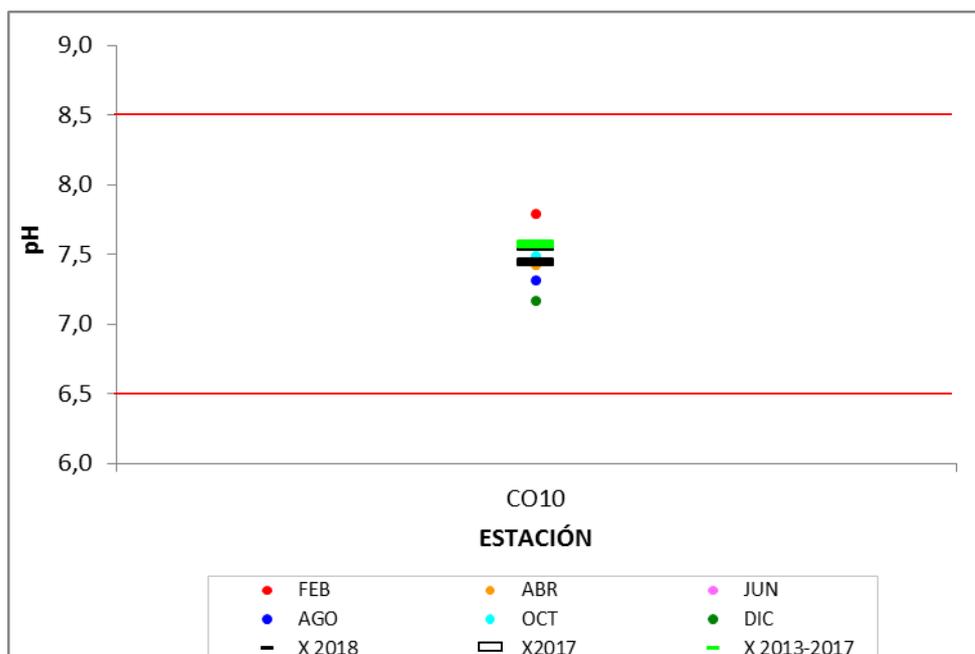


Figura 83. Variación temporal del pH en la subcuenca del Ao. Colorado durante 2018.

--- La líneas rojas continuas marcan el estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.6.1.4. Oxígeno disuelto (OD).

La concentración de OD en el agua del Ao. Colorado se ubicó entre valores de 8.6 (junio) mg/l y 5.8 mg/l (diciembre), con un promedio de 7.2 mg/l y mediana de 7.5 mg/l (Figura 84).

Los valores de OD obtenidos durante el año 2018 fueron mayores a los obtenidos durante el 2017, lo cual se refleja en los promedios anuales calculados, 6.3 mg/l en 2017 y 7.2 mg/l en 2018. En comparación con el lustro las concentraciones obtenidas durante el 2018 fueron mayores, lo que se refleja en los promedios de 6.7 mg/l en el lustro y 7.5 mg/l en 2018.

De las campañas realizadas, en todas se cumplió con el estándar marcado en el Decreto 253/79 y modificativos (5 mg/l).

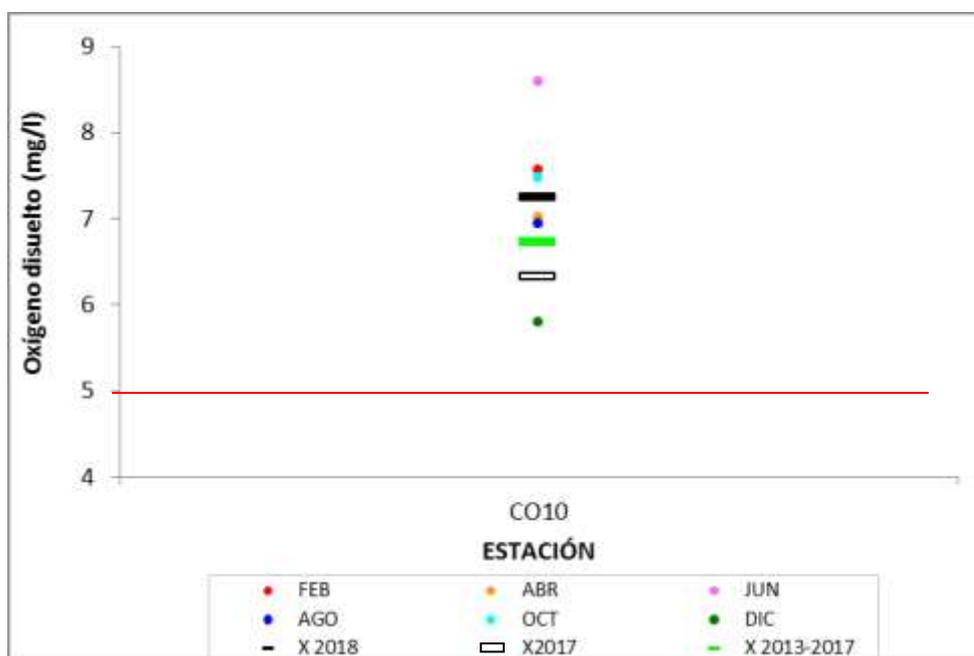


Figura 84. Variación temporal del oxígeno disuelto en la subcuenca del Ao. Colorado durante 2018.

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.6.1.5. DBO₅

La DBO₅ se midió entre un máximo de 8.3 mg/l (agosto), un mínimo de 0,9 mg/l (abril), con un promedio anual y una mediana de 3.3 mg/l (Figura 85).

Los valores de DBO₅ fueron siempre mayores durante 2017, produciendo promedios de 1.0 mg/l en 2017 y de 3.3 mg/l en 2018. En comparación con el lustro los valores obtenidos de DBO₅ fueron mayores en 2018, lo cual se refleja en los promedios, 1.4 mg/l en el lustro y 3.3 mg/l en 2018.

El 100% de las muestras tomadas cumplen con el valor estándar del Decreto 253/79 y modificativos (≥ 10 mg/l).

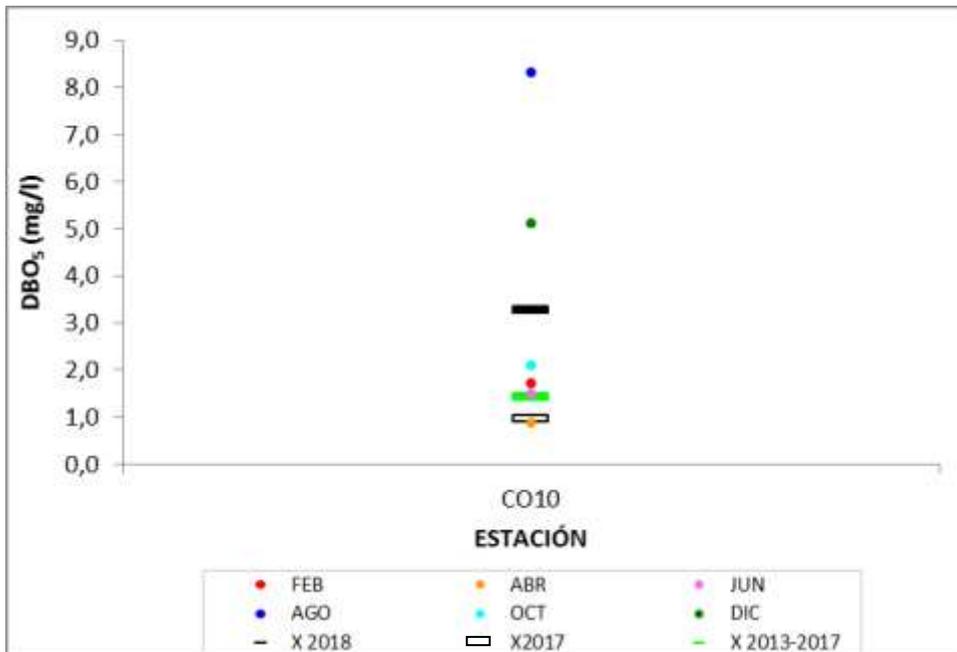


Figura 85. Variación temporal de la DBO₅ en la subcuenca del Ao. Colorado durante 2018.

3.6.1.5. Turbidez

La turbidez fue medida en valores de entre 60.8 NTU (agosto) y 8.2 NTU (abril), con un promedio anual de 29.7 NTU y una mediana de 28.9 NTU (Figura 86).

Los valores de turbidez fueron siempre superiores durante 2018, produciendo promedios de 22.0 mg/l en 2017 y de 29.7 mg/l en 2018. En comparación con el lustro los valores de turbidez obtenidos durante el 2018 fueron similares, generando promedios de 27.6 NTU en el lustro y 29.7 NTU en 2018.

En un solo caso que representa el 16.7% no se cumplió con el valor guía del Decreto 253/79 y modificativos (50 NTU), en el 83.3% de los casos restantes se cumplió con dicho valor.

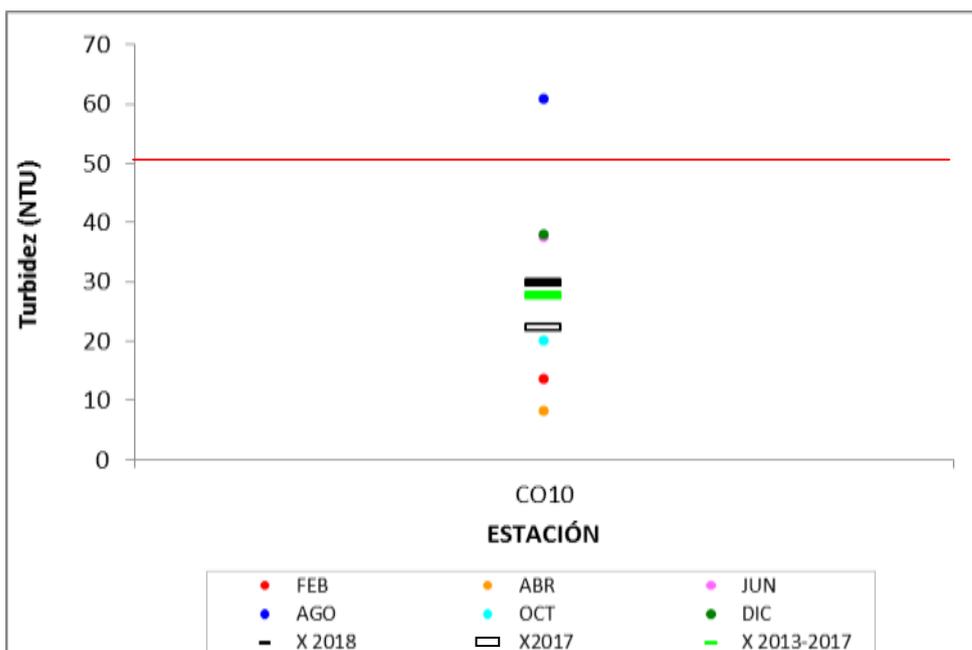


Figura 86. Variación temporal de la turbidez en la subcuenca del Ao. Colorado durante 2018.

3.6.3. Nutrientes

3.6.3.1 Nitrogenados

El nitrato (NO_3) registró valores de 2.40 mg/l de máximo (diciembre), 0.22 mg/l de mínimo (febrero) con un promedio anual de 1.06 mg/l y mediana de 0,59 mg/l.

Los valores obtenidos de concentración de NO_3 durante el 2018 son superiores respecto al 2017, lo que se refleja en los promedios calculados de 0.67 mg/l en 2017 y de 1.06mg/l en 2018. En comparación con el lustro las concentraciones de NO_3 fueron siempre mayores en 2018, lo cual se refleja en los promedios, 0.9 mg/l lustro y 1.06 mg/l en 2018.

El 100% de las concentraciones de NO_3 se mantuvieron en valores inferiores al límite marcado por el Decreto 253/79 y modificativos (5 mg/l).

Los nitritos registraron valores de 0.120 mg/l de máximo (agosto), 0.006 mg/l de mínimo (febrero) con un promedio anual de 0.04 mg/l y mediana 0.02 mg/l.

Los valores de NO_2 fueron siempre mayores durante 2018 respecto al 2017, produciendo promedios de 0.051mg/l en 2017 y de 0.040mg/l en 2018. En comparación con el lustro las concentraciones de NO_2 fueron siempre mayores en 2018, lo cual se refleja en los promedios, 0.020 mg/l lustro

Estos bajos valores implican el cumplimiento de la norma (≤ 0.1 mg/l) en el 100 % de las muestras.

El amonio libre registró una concentración máxima de 0.017 mg/l (agosto), una mínima de 0.001 mg/l (junio), con un promedio anual de 0.004 mg/l y mediana de 0.002 mg/l.

Los valores de amonio libre fueron siempre menores durante 2018 respecto al 2017, lo que se refleja en los promedios anuales calculados, 1.500 mg/l en 2017 y de 0.004mg/l en 2018. En comparación en el lustro los valores de NO_2 fueron siempre menores, lo cual se refleja en los promedios, 0.301 mg/l lustro y 0.004 mg/l en 2018.

El 100% de las muestras de amonio libre tomadas durante 2018 cumplen con el estándar.

3.6.3.2. Nitrógeno Total (NT)

El NT presentó altas concentraciones, de entre 6.24 mg/l de máximo (agosto), 0.78 mg/l de mínimo (febrero), con un promedio anual de 2.38 mg/l y mediana de 1.73 mg/l (Figura 87).

Los valores de concentración de NT durante el 2018 fueron mayores a los del año 2017, lo cual se refleja en los promedios anuales calculados, 1.8 mg/l en 2017 y 2.38mg/l en 2018. En comparación con el lustro los valores de NT fueron similares con2018, produciendo promedios de 2.0 mg/l en lustro y 2.38 mg/l en 2018.

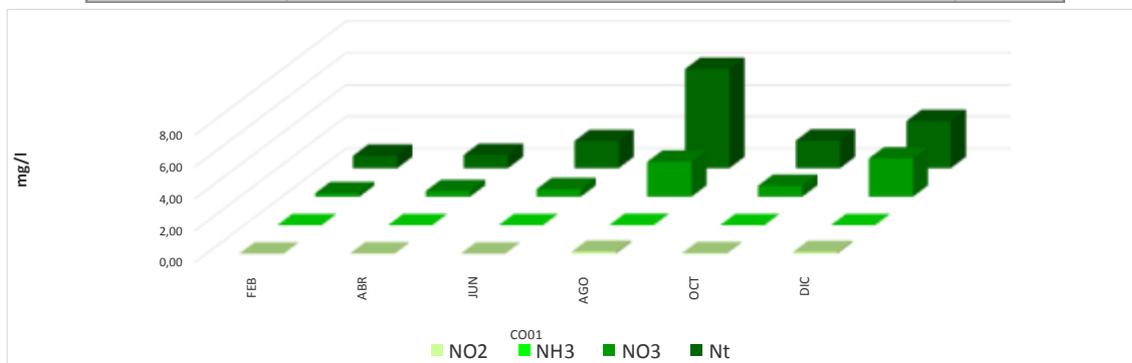
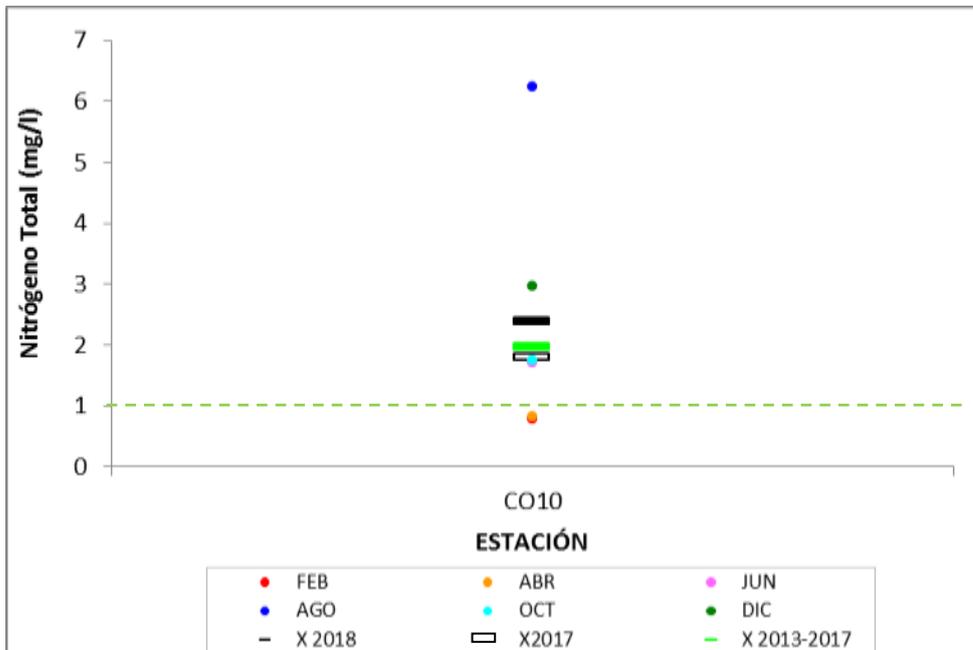


Figura 87. Superior: Fluctuación de Nitrógeno Total en la subcuenca del Ao. Colorado. **Inferior:** Variación espacial y temporal del nitrito, amonio, nitrato y nitrógeno total en la subcuenca del Ao. Colorado durante 2018. ---. La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por la Mesa Técnica del Agua.

3.6.3.3. Fósforo total (PT).

Las concentraciones de PT registradas en el arroyo Colorado durante 2018 se encontraron entre 1100 µg/l (agosto), y 210 µg/l (febrero), con un promedio anual de 515 µg/l y mediana de 390 µg/l (Figura 88).

Los valores observados son siempre superiores durante 2017, produciéndose una diferencia de concentración de 37 µg/l en los promedios anuales, con 478 µg/l durante 2017 y 515 µg/l en 2018. En comparación con el lustro los valores de PT fueron mayores, lo cual se refleja en los promedios calculados de 450 mg/l en lustro y 515 mg/l en 2018.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el 100% incumplió con el valor estándar de 25 µg/l y el valor propuesto de 70 µg/l.

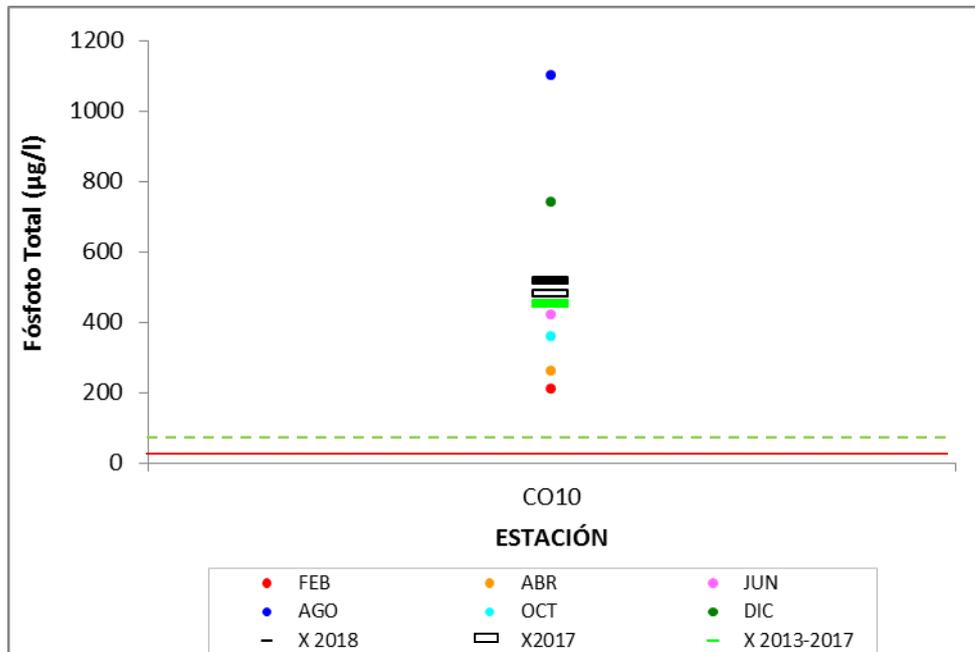


Figura 88. Variación temporal del fósforo total en la subcuenca del Ao. Colorado.
 --- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.
 - - - La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por GESTA (agua) 2014.

3.6.4. Sólidos

Los registros de sólidos suspendidos totales y sólidos totales, se llevaron a cabo a partir de octubre del 2018.

3.6.4.1. Los sólidos suspendidos totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales fluctuaron entre un mínimo de 4.6 mg/l (octubre) y un máximo de 33 mg/l (diciembre), con un promedio de 18.8 mg/l y una mediana de 18.8 mg/l (Figura 89).

3.6.4.2. Los sólidos totales (ST)

Los sólidos totales fluctuaron entre un mínimo de 580 mg/l (diciembre) y un máximo de 240 mg/l (diciembre), con un promedio de 410 mg/l y una mediana de 410 mg/l (Figura 89).

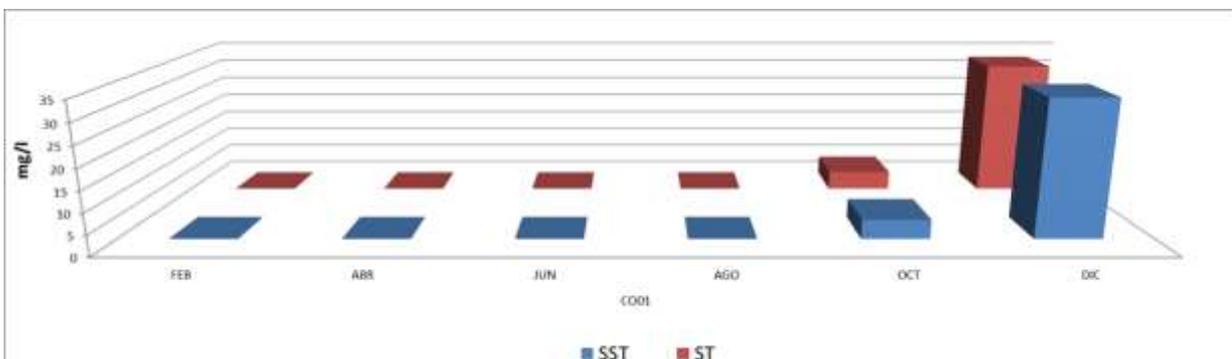


Figura 89. Variación espacial y temporal de los sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos totales (ST) en la subcuenca del Ao. Colorado.

3.6.5. Variables Biológicas

No se cuenta con datos de clorofila-a y feofitina-a para esta subcuenca.

3.6.5.1. Coliformes Termotolerantes (Ct).

Los Coliformes termotolerantes de la subcuenca del Ao. Colorado se encontraron en densidades de entre 800 UFC/100ml de máximo (junio) y 10 UFC/100ml de mínimo (febrero), con un promedio anual de 287 UFC/100ml y mediana de 50 UFC/100ml (Figura 90).

Las muy densidades observadas indican que los coliformes termotolerantes se mantuvieron durante 2018 en valores dentro de los estándares de calidad que indica la legislación (2000 UFC/100 ml) en el 100 % de los casos.

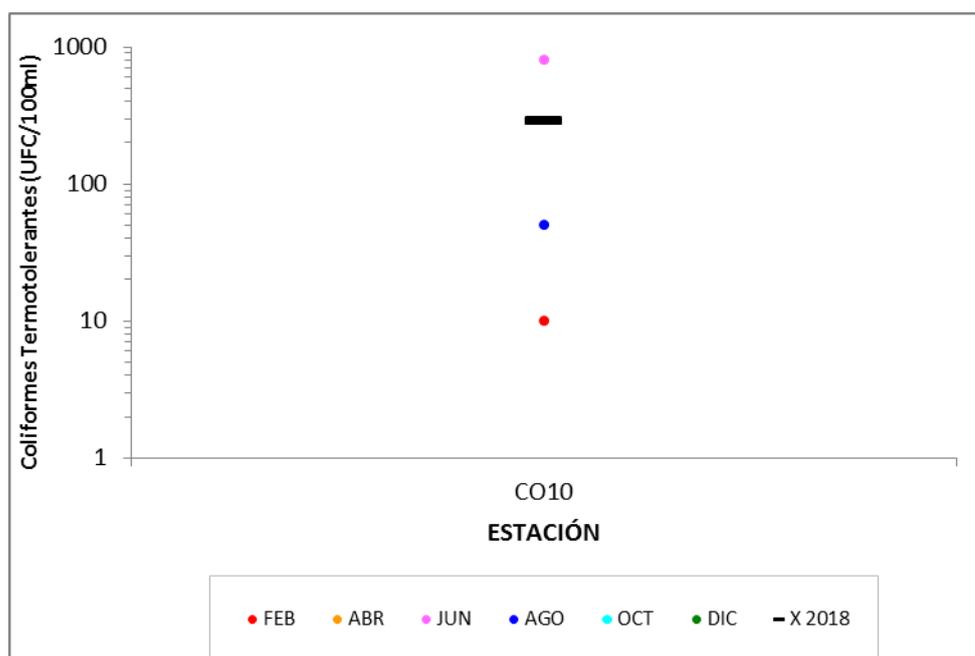


Figura 90. Variación espacial de los coliformes termotolerantes en el Ao. Colorado durante el año 2018 (escala logarítmica).

3.6.7. AOX

No se realizan medidas de AOX para esta sub-cuenca.

3.6.8. Síntesis Arroyo Colorado

De las variables estudiadas, seis de ellas cumplen con los estándares de calidad en el 100% de los registros. Estas son: pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, nitritos y coliformes termotolerantes. La turbidez cumplió en más de 90%. Una variable tiene un cumplimiento > 50 % (amonio libre) y una incumple el 100 % de las observaciones (fósforo total). A pesar de que esta subcuenca se encuentra en la zona B, declarada no prioritaria en el plan de recuperación de la cuenca del río Santa Lucía, los resultados indican que debe realizarse un fuerte esfuerzo para recuperar su calidad de agua.

3.7. Arroyo de la Virgen

A partir del año 2015, se agregó un nuevo punto de monitoreo en la cuenca del Santa Lucía, el cual corresponde a la estación AV05, ubicada en el Ao. de la Virgen, próximo a su desembocadura en el Santa Lucía, perteneciente a la subcuenta de Santa Lucía (Figura 91). El motivo principal de esta incorporación es que este drena una cuenca con alta presión antrópica. Se trata de una cuenca lechera muy importante, con gran cantidad de tambos.



Figura 91. Localización de la estación de muestreo del Arroyo de la Virgen.

3.7.1. Parámetros fisicoquímicos

3.7.1.1. Temperatura

La temperatura registró un máximo de 22.4 °C (febrero), un mínimo de 11.1 °C (junio), con un promedio anual de 17.6 °C y una mediana de 19.2 °C (Figura 92).

El comportamiento de la temperatura es similar a la de 2017, mostrando valores muy similares, aunque siempre inferiores durante 2018. Esta diferencia se refleja en los promedios calculados, de 18.4 °C en 2017 y 17.6 °C en 2018.

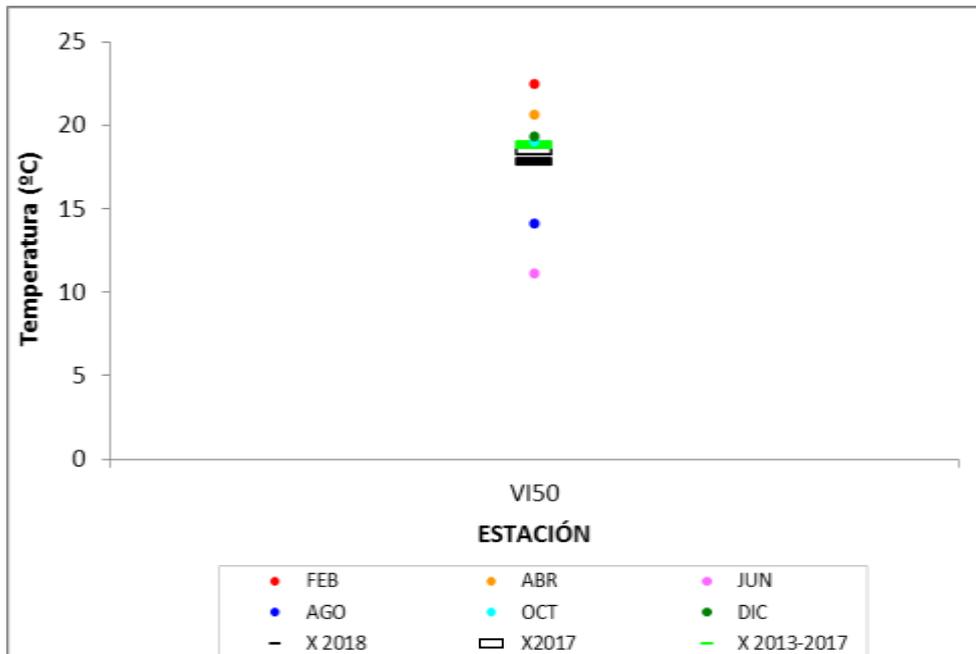


Figura 92. Variación temporal de la temperatura en la subcuenca del Ao. de la Virgen durante 2018.

3.7.1.2. Conductividad

La conductividad se ubicó entre 739.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de máximo (febrero) y 352.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de mínimo (junio), con un promedio anual de 511.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una media de 484.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 93).

Los valores de conductividad fueron siempre mayores durante 2018, produciendo promedios de 406.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2017 y de 511.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018.

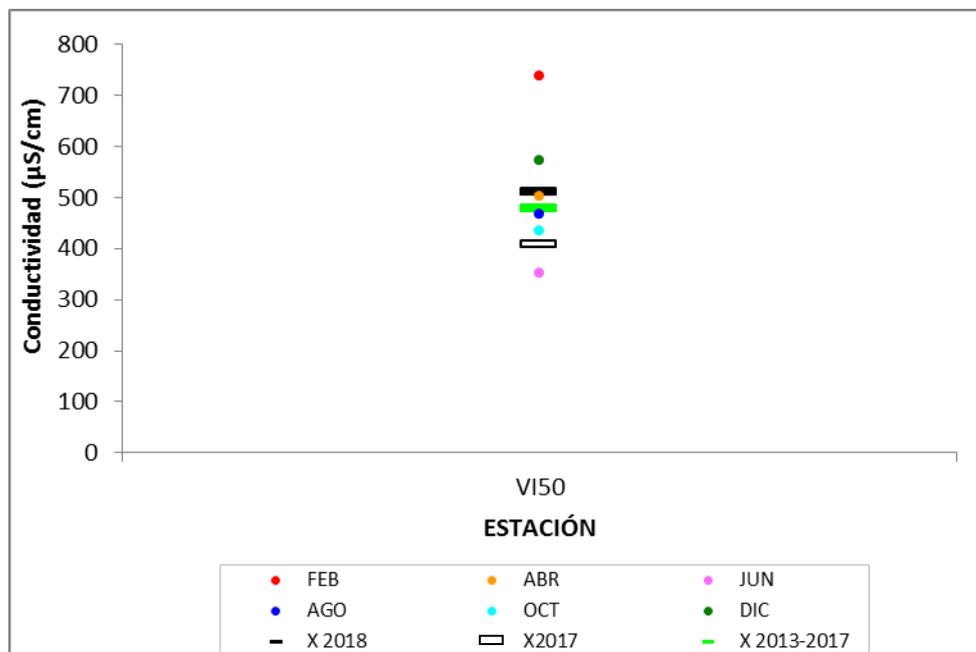


Figura 93. Variación temporal de la conductividad en la subcuenca del Ao. de la Virgen durante 2018.

3.7.1.3. pH

El pH del Ao. de la Virgen se mostró entre valores de 7.9 de máximo (febrero) y 7.4 de mínimo (octubre), con un promedio anual y una mediana de 7.7 (Figura 94).

El comportamiento del pH durante 2018 es idéntico al de 2017, aunque con valores inferiores, siendo los valores calculados de 7,8 para 2017 y 7,7 para 2018.

El pH cumple con el estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos (entre 6,5 y 8,5) en el 100 % de las muestras realizadas (n=6).

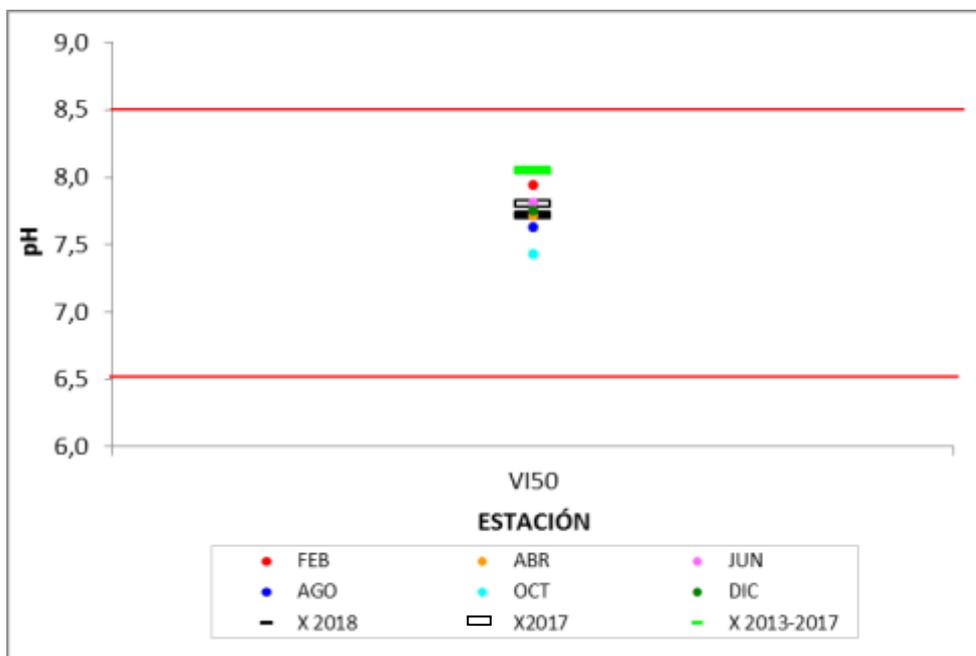


Figura 94. Variación temporal del pH en la subcuenca del Arroyo de la Virgen durante 2018.

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.7.1.3. Oxígeno disuelto (OD)

La oxigenación del Ao. de la Virgen fue óptima, la concentración de oxígeno varió entre 9.8 mg/l (agosto) y 6.5 mg/l (abril), con un promedio de 8.2 mg/l y una mediana de 8.1 mg/l (Figura 95). Estas altas concentraciones de OD se traducen en un cumplimiento del 100 % de estándar.



Figura 95. Variación temporal del oxígeno disuelto en la subcuenca del Arroyo de la Virgen durante 2018.
 --- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.7.6. DBO₅

La DBO₅ analizada presenta valores bajos. La variación se dio entre 2.5 mg/l de máximo (diciembre) y 0.5 mg/l de mínimo (junio), con un promedio de anual de 1.4 mg/l y mediana de 1.3 mg/l (Figura 96).

Los valores de DBO₅ fueron siempre mayores durante 2018, produciendo promedios de 0.5 mg/l en 2017 y de 1.4 mg/l en 2018.

Estos bajos valores se traducen en que el 100 % de las muestras cumplió con el estándar de ≤ 10 mg/l fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

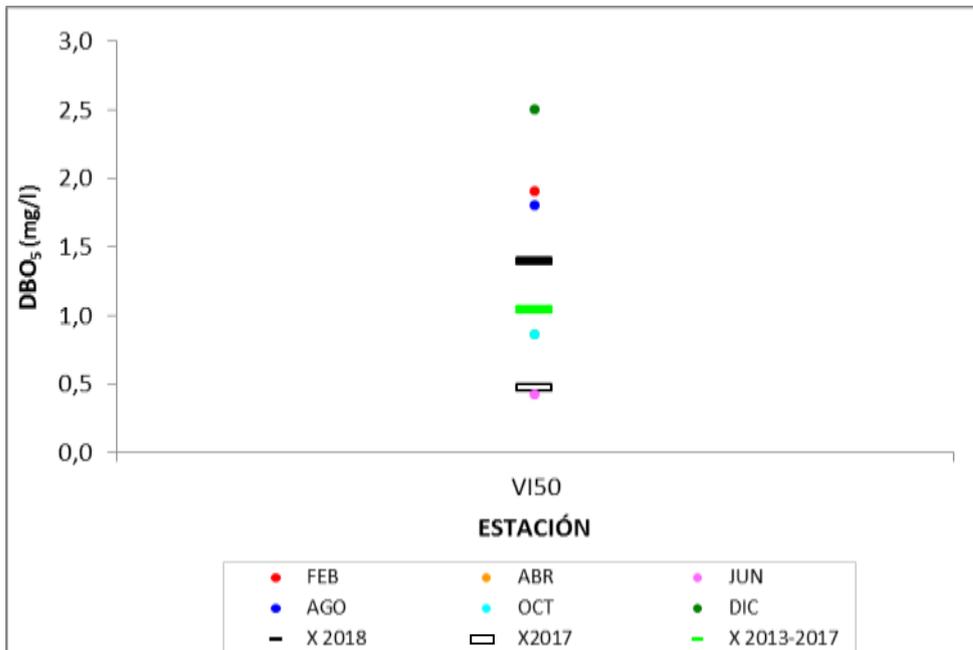


Figura 96. Variación temporal de la DBO5 en la subcuenca del Arroyo de la Virgen durante 2018.

3.7.1.4. Turbidez

La turbidez presentó valores bajos, entre 28.4 NTU (junio) y 7.6 NTU (febrero), con un promedio anual de 14.3 NTU y una mediana de 12.4 NTU (Figura 97).

Los valores de turbidez fueron siempre menores durante 2018, produciendo promedios de 18.7 mg/l en 2017 y de 14.3 mg/l en 2018.

Estos bajos valores cumplen en un 100 % con lo establecido por el Decreto 253/79 y modificativos (50 NTU).

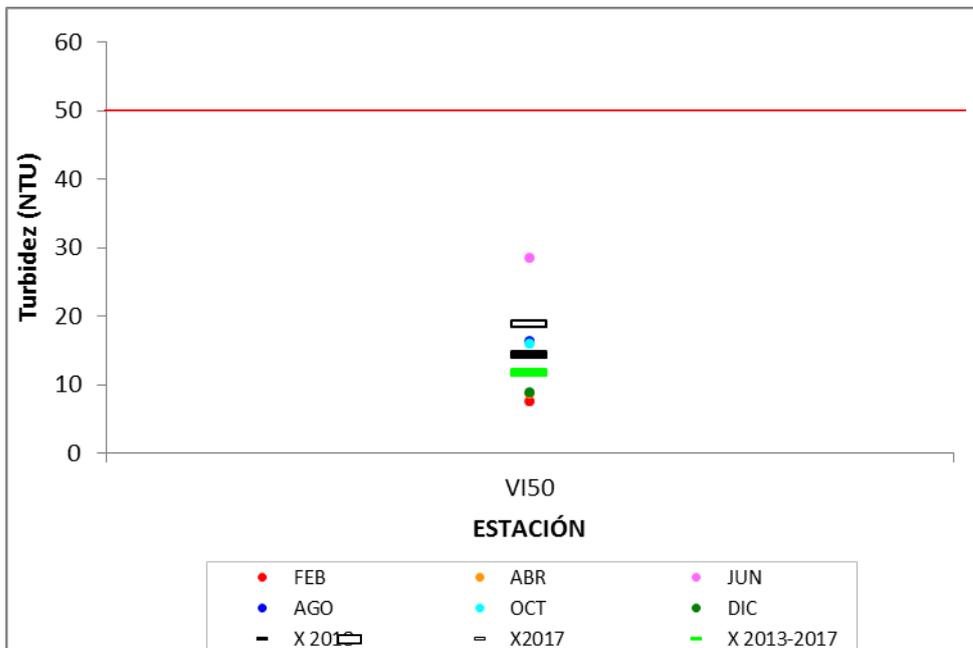


Figura 97. Variación temporal de la turbidez en la subcuenca del Arroyo de la Virgen durante 2018.

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.7.3. Nutrientes

3.7.3.1. Nitrogenados

Los nitratos presentaron valores ubicados entre un máximo de 0.94 mg/l (agosto) y un mínimo de 0.28 mg/l(febrero), con un promedio anual de 0.58 mg/l y mediana 0,56 de mg/l.

El comportamiento del en la concentración de NO_3 durante el 2018 es idéntico al de 2017, con un promedio calculado de 0.5 mg/l en 2017 y de 0.58 mg/l en 2018.

Los valores de NO_3 cumplieron con la norma en el 100 % de las muestras.

Los valores de nitritos estuvieron, en ambos casos, por debajo del límite de detección de la técnica, por lo cual, se cumple con la normativa en el 100 % de los casos.

El amonio libre presentó valores ubicándose entre 0.026 mg/l de máximo (febrero) y 0.0003 mg/l de minino (octubre), con un promedio de 0.001 mg/l y mediana de 0,0008 mg/l.

3.7.3.1. Nitrógeno Total (NT)

El NT presento valores con un máximo de 1.86 mg/l, un mínimo de 0,84 mg/l, con un promedio de 1,43 mg/l y una mediana de 1,39 mg/l (Figura 98).

Se aprecia un descenso en la concentración de NT entre 2017 y 2018, con promedios de 1.50 y 1.43 mg/l respectivamente.



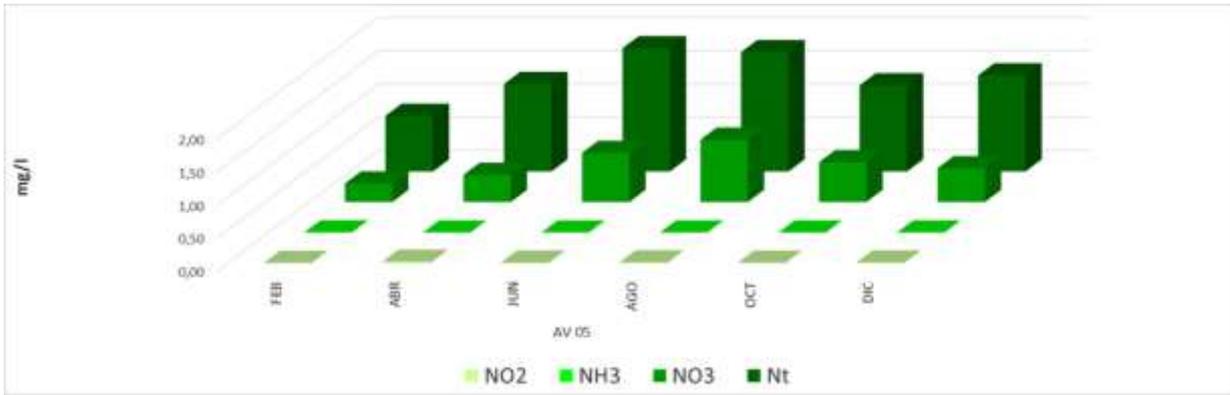


Figura 98. Superior: Fluctuaciones de Nitrógeno total en e IAo.de la Virgen durante el 2018.
Inferior: Variación temporal del nitrito, amonio, nitrato y nitrógeno total en la subcuenca del Ao.de la Virgen durante 2018.
 --- .La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por la Mesa Técnica del Agua.

3.7.3.1. Fósforo total (PT)

El PT, al igual que en las restantes subcuencas, mostró valores muy altos. La concentración máxima fue de 930 µg/l (agosto), la mínima de 570 µg/l (octubre), con un promedio de 748 µg/l y una mediana de 745 µg/l (Figura 99).

Los valores observados son siempre superiores durante 2018, produciéndose una diferencia de concentración de 117 µg/l en los promedios anuales, con 631 µg/l durante 2017 y 748 µg/l en 2018.

Los valores registrados de PT superan largamente al establecido en el Decreto 253/79 y modificativos (25 µg/l), también superan el valor propuesto de 70 µg/l, por lo cual el incumplimiento de la norma es del 100 %.

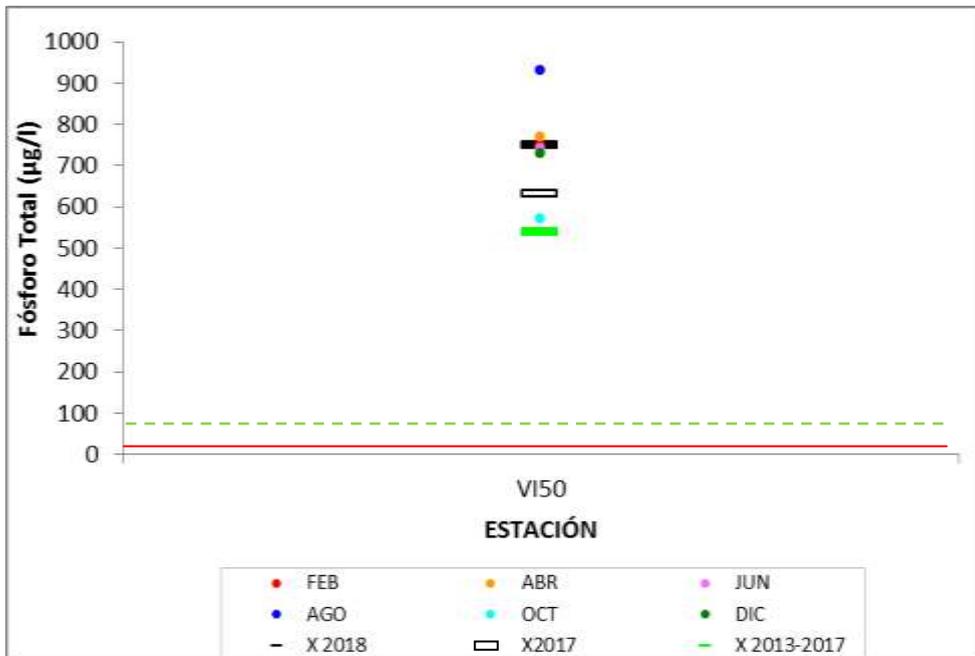


Figura 99. Variación temporal del fósforo total en la subcuenca del Arroyo de la Virgen durante 2018.
 --- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.
 --- .La línea verde puntuada indica el valor del estándar establecido por GESTA (agua) 2014.

3.7.4. Sólidos

Los registros de sólidos suspendidos totales y sólidos totales, se llevaron a cabo a partir de octubre del 2018.

3.7.4.1. Sólidos suspendidos totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales (SST) fluctuaron entre un máximo de 10 mg/l en el mes de diciembre y un mínimo de 4.6 mg/l en el mes de octubre con un promedio de 7.3 mg/l, y una mediana de 7.3 mg/l (Figura 100).

3.7.4.2. Sólidos totales (ST)

Los sólidos totales (ST) fluctuaron entre un máximo de 440 mg/l en el mes de diciembre y un mínimo de 310 mg/l en el mes de diciembre, con un promedio y una mediana de 375 mg/l (Figura 100).

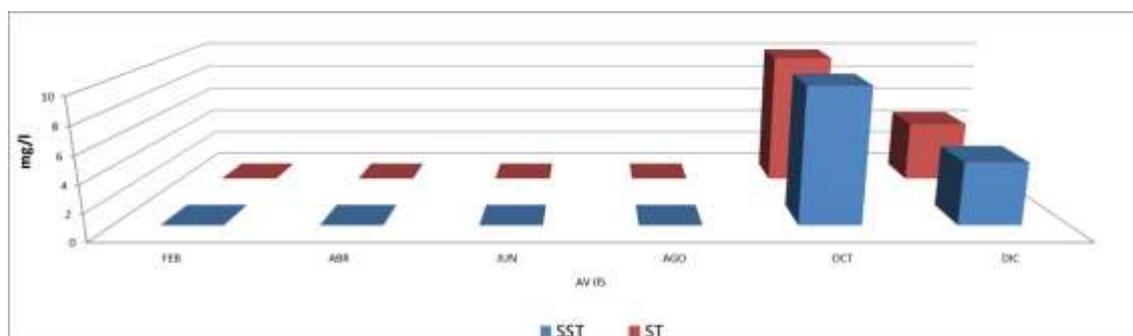


Figura 100. Variación temporal de los sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos totales (ST) en la subcuenca del Arroyo de la Virgen durante el 2018.

3.7.5. Variables Biológicas

3.7.5.1. Clorofila-a

La concentración de la clorofila-a estuvo por debajo del límite de detección de la técnica.

3.7.5.2. Feofitina-a

La concentración de la feofitina-a estuvo por debajo del límite de detección de la técnica.

3.7.5.3. Coliformes Termotolerantes

Los Coliformes termotolerantes de la subcuenca del Ao. de la Virgen se encontraron en densidades de entre 1200 UFC/100ml de máximo (diciembre) y 35 UFC/100ml de mínimo (junio), con un promedio de 275 UFC/100ml y una mediana de 90 (Figura 101).

Se observa una disminución de las densidades entre 2017 y 2018. En 2017 el promedio fue de 3704 UFC/100ml, mientras que en 2018 el mismo fue de 275 UFC/100ml.

Las bajas densidades observadas indican que los coliformes termotolerantes se mantuvieron durante 2018 en valores dentro de los estándares de calidad que indica la legislación (2000 UFC/100 ml) en el 100 % de los casos.

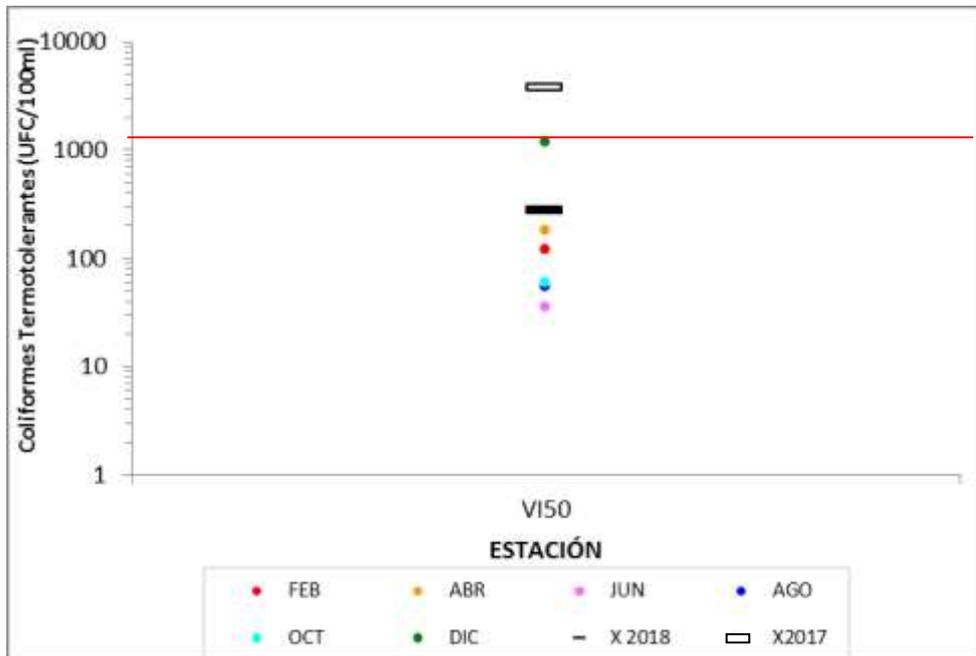


Figura 101. Variación temporal de los coliformes termotolerantes en el Ao. de la Virgen durante el año 2018 (escala logarítmica).

--- La línea roja continua marca estándar fijado en el Decreto 253/79 y modificativos.

3.7.7. AOX

Solo en dos ocasiones las medidas de AOX superaron los límites de la técnica, registrándose un valor máximo de 35 µg/l (junio) y un mínimo de 19 µg/l (abril), con un promedio de 15 µg/l y una mediana de 10 µg/l. El resto de los valores registrados no superaron el límite de cuantificación de la técnica (n=4).

Se percibe estabilidad interanual de la concentración de AOX, calculándose un promedio de 12 µg/l en 2017 y 15 µg/l en 2018.

En el 67% de los casos se cumplió con el estándar tomado de la República Federal de Alemania (25 µg/l).

3.7.8. Síntesis Arroyo de la Virgen

De acuerdo a estos resultados podría inferirse que la calidad del agua del Ao. de la Virgen es aceptable. Nueve de las variables consideradas muestran un cumplimiento del 100 % (OD, DBO5, turbidez, NO3, NO2, amonio libre, AOX, pH, Coliformes Termotolerantes), mientras que el PT, como es habitual en la cuenca del Santa Lucía, tiene un incumplimiento del 100 %. Durante el periodo comprendido entre 2015 y 2018 se observa un aumento en la concentración de fósforo total a más del doble.

4. Compuestos orgánicos

De las seis variables analizadas, cuatro mostraron resultados por debajo del límite de la técnica utilizada. Los dos restantes registraron valores muy bajos y por lo tanto no representan un riesgo ambiental a considerar (Figura 102).



Figura 102. Estaciones de monitoreo en las cuales se realizan análisis de orgánicos y AOX durante el año 2018

De los análisis reportados para los compuestos orgánicos en el año 2018, solo glifosato y AMPA fueron cuantificados.

El glifosato presentó un máximo de 2.3 $\mu\text{g/l}$ (AV05, diciembre) y un mínimo de 0.20 $\mu\text{g/l}$, con un promedio anual de 0.64 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 0.40. Para todos los casos reportados, los valores obtenidos son muy inferiores al estándar propuesto (65 $\mu\text{g/l}$).

El AMPA (ácido aminometilfosónico) es el principal metabolito del glifosato. Al igual que este, presenta muy bajas concentraciones, siendo los valores máximos de 2.6 $\mu\text{g/l}$ (AV05, junio) y un mínimo de 0.25 $\mu\text{g/l}$ (SL50 y SL60, abril y junio respectivamente) con un promedio anual de 0.8 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 0.78 $\mu\text{g/l}$.

Se concluye que los resultados de las variables analizadas (cuantificadas) tienen un 100% de cumplimiento con respecto a la normativa vigente.

5. Índices de Calidad de Agua

Se describen los resultados obtenidos del cálculo del índice de calidad de agua (IQA) y el índice de estado trófico (IET). Cabe resaltar que, para la presentación del índice IQA es a título informativo y no debería ser considerado como la realidad estricta del curso de agua.

Problemas de infraestructura llevaron a una pérdida de resultados en variables importantes para el cálculo del índice, lo que reduce el número de datos disponible. En algunos sitios no se posee información suficiente para realizar el cálculo correspondiente al índice IQA, por lo cual están representados sin color. De esta forma, los resultados mostrados sólo representan una tendencia, pero deben ser manejados con precaución. Con respecto al IET, se cuenta con la totalidad de los datos obtenidos.

5.1. Índice de Calidad de Agua (IQA)

Para el índice IQA, los resultados promedios anuales del 2018 (Tabla X) muestran que el río Santa Lucía presenta condiciones de calidad Media y Buena en sus tercios medio y bajo. Como se detalló anteriormente, no se posee datos para el cálculo en la cuenca alta, por este motivo no se detallan.

El río Santa Lucía Chico tiene calidad Buena y Media en toda su extensión. El curso muestra Buena calidad en el tercio superior y la calidad descende a Media en el tercio medio del curso, seguramente por influencia de zonas urbanas y sub-urbanas.

En el embalse Paso Severino no se posee la suficiente información de DBO5 y Coliformes termotolerantes para calcular el índice.

El río San José mostró estabilidad en la calidad del agua a lo largo del curso, siendo media en toda su extensión. La calidad de la estación CAG50, ubicada en el A° Cagancha, tuvo un comportamiento similar al resto del curso con un índice inferior. Por falta de datos no se realizó el cálculo del índice para las estaciones SJ20 y SJ30.

El Ao. Canelón Grande y el Ao Canelón Chico mostraron condiciones de calidad Media en todo el curso. En ambos, el tercio superior muestra un índice de calidad superior al del tercio inferior. El tercio inferior del Ao. Canelón Chico muestra el índice más bajo de toda la Cuenca del Río Santa Lucía.

El embalse Canelón Grande muestra una calidad media en sus dos estaciones con índices similares.

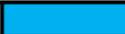
El Ao. Colorado presentó condiciones de calidad media cercanas a buena en el 2018.

El Ao. de la Virgen mostro características de calidad media cercanas a buena a lo largo del año 2018.

Cabe destacar que, no se pudo realizar una comparación con el año precedente, debido a no contar con datos suficientes para la aplicación. A consecuencia de ello, se muestran solo los resultados obtenidos para el año 2018

Tabla X. Resultado de la aplicación del IQA en las estaciones de monitoreo de la cuenca del río Santa Lucía en el año 2018. En blanco, las estaciones que no se poseen datos suficientes para la aplicación.

RIO SANTA LUCIA	SL10	SL20	SL30	SL40	SL50	SL60
			73	70	69	73
RIO SANTA LUCIA CHICO	SLC10	SLC20	SLC30			
	72	71	62			
EMBALSE PASO SEVERINO	EPS02	EPS03	EPS04			
RIO SAN JOSE	SJ10	SJ20	SJ30	SJ40	CAG50	
	70			70	68	
Ao. CANELON GRANDE	CG 10	CG40				
	62	58				
Ao. CANELON CHICO	CC10	CC 20				
	61	52				
EMBALSE CANELON GRANDE	ECG20	ECG30				
	69	70				
Ao. COLORADO	CO 10					
	68					
Ao. DE LA VIRGEN	VI50					
	69					

Rangos y Valoración IQA		
90-100	Excelente	
70-90	Buena	
50-70	Media	
25-50	Mala	
0-25	Muy Mala	

Se presenta el mapa de la cuenca del Santa Lucía con la visualización de los tramos donde se ha podido establecer la calidad del agua en función del índice utilizado en este trabajo (Figura 103).

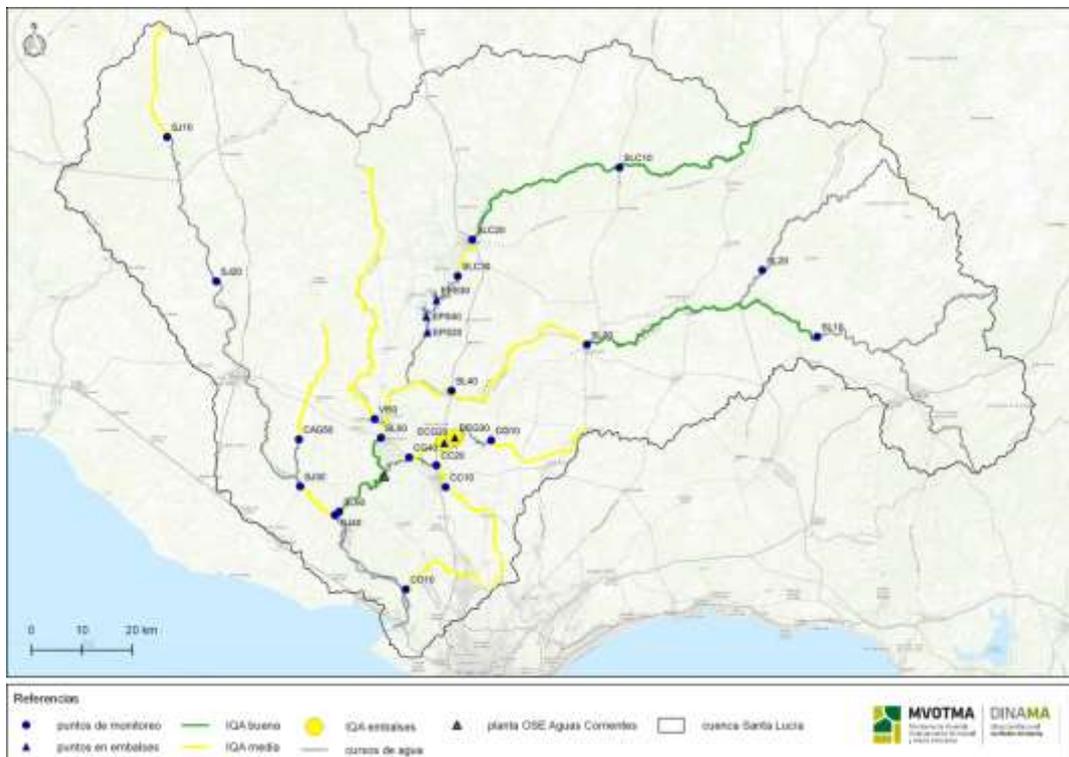


Figura103. Mapa de la aplicación del índice IQA en la cuenca del río Santa Lucía en 2018

5.2. Índice de estado Trófico (IET)

La aplicación del IET para las diferentes subcuencas tributarias de la cuenca del Río Santa Lucía en 2018, mostró una cuenca que refleja un estado –mayoritariamente- Supereutrófico (52% de las estaciones) seguido por un estado Hipereutrófico (32% de las estaciones) y el restante 16% estado Eutrófico (Tabla XI)

La aplicación del IET en las estaciones del Río Santa Lucía muestra una tendencia al incremento del estado trófico desde el primer tercio hacia el último. En las primeras estaciones (SL10, SL20 y SL30), el agua es, Eutrófica. A partir de SL40 se observan niveles de Supereutrofia con valores cercanos a los de Hipereutrofia. La estación SL20, ubicada en el Ao. Casupá, se mantiene siempre en niveles de Eutrofia.

En el río Santa Lucía Chico, se percibe un cambio del estado trófico a lo largo del cauce del río, desde un estado eutrófico en la estación SLC10, a un estado Supereutrófico en las estaciones SLC20 y SLC30.

En el embalse de Paso Severino, el IET muestra Supereutrofia a lo largo del año 2018 y desde el punto de vista espacial se aprecia homogeneidad en todo el embalse.

El nivel trófico del río San José presentó valores similares en toda su extensión. Dichos valores fluctúan y dicho comportamiento hace que estaciones ubicadas en diferentes tercios muestren niveles de Supereutrofia e Hipereutrofia. En los primeros dos tercios, se aprecian niveles de Supereutrofia, cercanos a los niveles de Hipereutrofia, mientras que en el último tercio se percibe Hipereutrofia. La estación CAG50, perteneciente al Ao. Cangancha, es Hipereutrófica todo el año.

El Ao. Canelón Grande presenta valores similares con niveles Hipereutrofia en toda su extensión.

El embalse Canelón Grande muestra niveles de Supereutrofia en toda su superficie durante todo el año.

El Ao. Canelón Chico mostró valores similares en sus dos estaciones, con similitud al Ao. Canelón Grande. Dichos resultados se ubican en la Hipereutrofia durante el 2018

La estación del Ao. Colorado muestran niveles de Hipereutrofia en las seis campañas realizadas en el año 2018.

La estación del Ao. de la Virgen presenta nivel de Hipereutrofia en todos los muestreos que se llevaron a cabo no habiendo diferencias significativas entre ellos.

Se destaca en términos generales que las zonas de cierre de cuenca están más afectadas que las cuencas altas debido a los altos impactos antrópicos y la alta concentración de centros sub-urbanos y urbanos en conjunto a las actividades industriales y agrícola-ganadera, mostrando valores de IET más elevados debido a la alta (superando ampliamente la normativa vigente) concentración de Fósforo presente en el agua.

Con respecto a la comparación con el año precedente se observa en líneas generales que la cuenca mantiene las mismas características para la aplicación IET, con leves mejoras (de Hipereutrófico a Supereutrófico) en los embalses Paso Severino y Canelón Grande, así como en el Río San José (final del primer tercio e inicio del segundo). Dichas mejoras son

consideradas nominales o marginales, a consecuencia de los cálculos para la aplicación IET (límites entre categorías) y no a la mejora de la calidad del sistema.

Tabla XI. Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo de la cuenca del río Santa Lucía en los años 2017 y 2018

RIO SANTA LUCIA		SL10	SL20	SL30	SL40	SL50	SL60	
	2018	62	63	62	64	65	66	
	2017	60	61	60	64	65	65	
RIO SANTA LUCIA CHICO		SLC10	SLC20	SLC30				
	2018	62	66	67				
	2017	61	64	67				
EMBALSE PASO SEVERINO		EPS02	EPS03	EPS04				
	2018	65	65	65				
	2017	68	67	66				
RIO SAN JOSE		SJ10	SJ20	SJ30	SJ40	CAG50		
	2018	67	65	67	67	67		
	2017	68	64	66	67	69		
Ao. CANELON GRANDE		CG10	CG40					
	2018	68	68					
	2017	70	73					
Ao. CANELON CHICO		CC10	CC20					
	2018	69	68					
	2017	72	75					
EMBALSE CANELON GRANDE		ECG20	ECG30					
	2018	65	65					
	2017	70	70					
Ao. COLORADO		CO10						IET
	2018	67						ULTRAOLIGOTRIFICO
	2017	67						OLIGOTRIFICO
Ao. DE LA VIRGEN		VI50						MESOTRIFICO
	2018	67						EUTRIFICO
	2017	69						SUPEREUTRIFICO
								HIPEREUTRIFICO

Se presenta el mapa de la cuenca del Santa Lucía con la visualización de los tramos donde se ha podido establecer el estado trófico del agua en función de los índices utilizado en este trabajo (Figura 104).

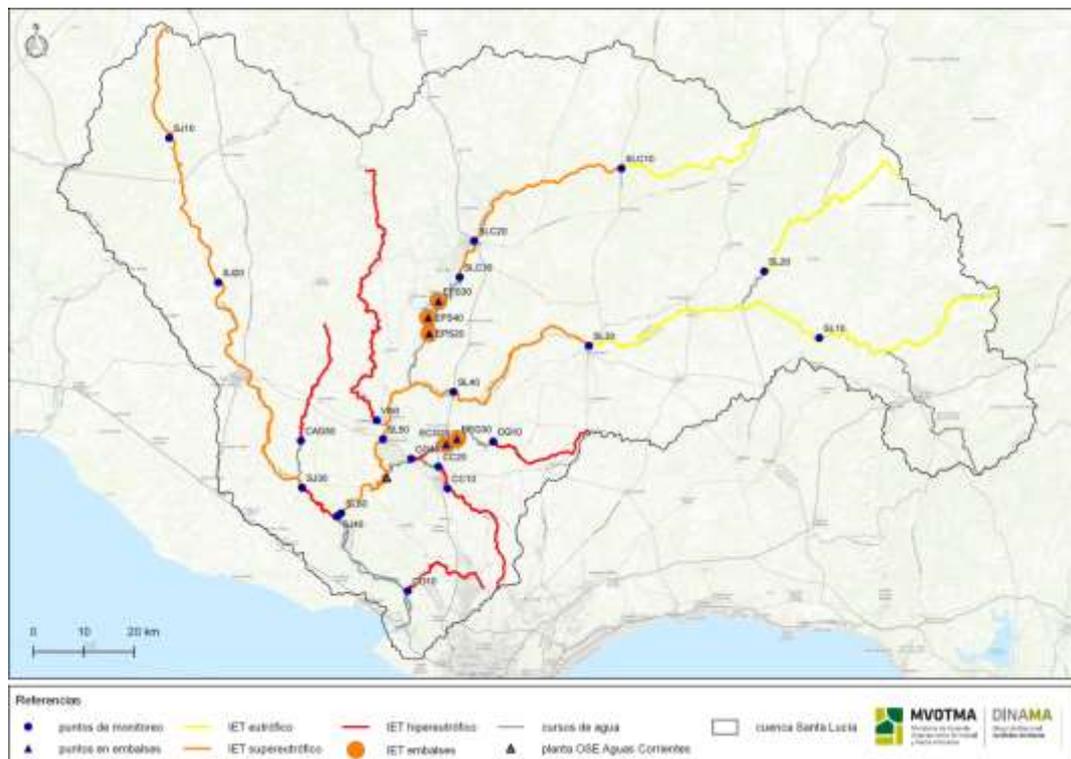


Figura 104. Mapa ilustrativo de la aplicación del índice IET en la cuenca del río Santa Lucía en 2018

6. Síntesis

Entre los resultados más relevantes del programa de monitoreo de calidad de agua de la cuenca del Río Santa Lucía obtenidos en el año 2018, se registró cumplimiento de los estándares de calidad de agua con alta frecuencia (>90%) en casi todas las subcuencas. La excepción fue el arroyo Canelón Chico, en el cual se observa un deterioro evidente, producto de la fuerte presión industrial y urbana.

El parámetro que registró la menor frecuencia en el cumplimiento del estándar de calidad fue el fósforo total que, considerando el total de la cuenca del Santa Lucía, no cumplió con la norma en el 100 % de las muestras analizadas.

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

En términos generales, todos los cursos de agua mostraron mejores niveles de cumplimiento en el primer tercio, con un gradual deterioro en el tramo medio y último, fenómeno que es natural en todos los sistemas fluviales debido a la acumulación de cargas a medida que el sistema fluye hacia la desembocadura.

En la zona A incluida en el Plan de Acción de Protección de la cuenca, la subcuenca del río Santa Lucía registró los mayores niveles de cumplimiento, lo que refleja las mejores condiciones en la calidad del agua. La subcuenca del sistema Arroyo Canelón, ubicada en esta misma zona A, fue la que presentó los menores niveles de cumplimiento de los estándares de esta zona. En la zona B del Plan de Acción de Protección de la Cuenca, la subcuenca del arroyo Colorado también presentó cumplimiento en las mayorías de las variables con estándar a excepción de los nutrientes totales (PT) que refleja un

incumplimiento total con respecto a la normativa. Dicho curso se encuentra fuertemente presionado por actividades antrópicas cuyas consecuencias reflejan la calidad del sistema.

Respecto a compuestos orgánicos, cuatro de seis mostraron resultados no cuantificables. Glifosato y AMPA fueron los analizados y obtuvieron un 100% de cumplimiento de la normativa. Para los AOX, el 16,6% del total (n=42) superó el nivel guía de 25 µg/l, con un valor máximo de 37 µg/l.

Para contextualizar los resultados obtenidos en 2018, se aplicaron dos índices de calidad de agua (IQA) y uno de estado trófico (IET). El IQA mostró que la calidad de agua predominante en la cuenca es media, con características de buena calidad en algunos tramos (sobre todo en las nacientes) de la cuenca. Si bien fue aclarado en el análisis del IQA, la falta de algunas variables hacen que el estudio completo para este índice no se pueda realizar .

El estado trófico según el índice IET también muestra incremento desde un estado Eutrófico en las nacientes a Super e Hipereutrófico en la desembocadura de los ríos. Los arroyos Canelón Grande y Chico, Colorado, de la Virgen y Cagancha y la cuenca baja del río San José son predominantemente Hipereutróficos según este índice. Los embalses Paso Severino y Canelón Grande muestran por este índice, estados Supereutróficos.

Con respecto a la comparación con el año precedente se observa en líneas generales que la cuenca mantiene las mismas características generales de estado trófico, con mejoras marginales puntuales.

7. REFERENCIAS

- Arocena, R.; Chalar, G.; Fabián, D.; De León, L.; Brugnoli, E.; Silva, M.; Rodó E.; Machado L., Pacheco JP., Castiglioni R., Gabito L. 2008. Evaluación ecológica de cursos de agua y Biomonitorio. Informe final. Convenio DINAMA-Fac. Ciencias. Uruguay.
- De León, L. & M. Hill, 2015. Calidad del agua de la cuenca del río Santa Lucía. Período 2005 – 2014. Inf. Tec. DINAMA: 126 pp.
- Dinama, 2011. <http://www.mvotma.gub.uy/calidad-del-agua.html>
- EPA, 1986. Quality criteria for water 1986: 395 pp.
- GEMS/Agua. 1994. Guía operativa. 3a Edición. PNUD-OMS-UNESCO-OMM. GESTA Agua, 2008. Borrador de trabajo GESTA Agua. Propuesta de modificación del Decreto 253/979 y modificativos. Manuscrito: 1-19
- Grupo Estandarización Ambiental-en tema AGUA. Propuesta de modificación del Decreto 253/79. Versión setiembre 2014. Documento de trabajo de circulación interna en DINAMA.
- Inda H. & Indarte E. 2009. Informe de situación sobre fuentes de contaminación difusa en la cuenca del Río Santa Lucía. Convenio JICA-DINAMA. Diciembre 2009.
- LAMPARELLI, M. C., 2004. Grau de trofiaemcorposd'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo: USP/Departamento de Ecologia. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 235 pp
- MVOTMA, 2015. http://www.mvotma.gub.uy/images/estado_sl.pdf
- Quintans, F. 2015. Propuesta de aplicación de índices de calidad de agua para la Cuenca del Santa Lucía. Informe de consultoría. Proyecto PNUD URU/14/001. DINAMA-DCA.
- Water Quality Class II, LAWA procedure for the chemical classification of bodies of water.

Anexo

Anexo I. Tabla con nombres de las estaciones de monitoreo de la cuenca del río Santa Lucía. Se detalla el código antiguo y el actual.

Código Anterior	Código Actual
AV50	AV50
CA01	CC10
CA02	CC20
CA04	CG40
CG01	CG10
CG02	ECG20
CG03	ECG30
CO01	C010
PS02	EPS20
PS03	EPS30
PS04	EPS40
SJ01	SJ10
SJ02	SJ20
SJ03	SJ30
SJ04	SJ40
SJ05	CAG50
SL01	SL10
SL02	SL20
SL03	SL30
SL04	SL40
SL05	SL50
SL06	SL60
SLC01	SLC10
SLC02	SLC20
SLC03	SLC30

