



MVOTMA

Ministerio de Vivienda
Ordenamiento Territorial
y Medio Ambiente

PLAN DE MONITOREO RÍO SAN SALVADOR

Informe de actividades y presentación de resultados

2015



Junio, 2016

Plan de monitoreo del río San Salvador

División Calidad Ambiental – DCA

Director: Luis Reolón

Dpto. Seguimiento de Componentes del Ambiente

Jefe de Dpto.: Magdalena Hill

Redacción del Informe

Guillermo Cervetto

Responsable del Programa de Monitoreo

Guillermo Cervetto

Técnicos participantes

Guillermo Cervetto

Itzel Martínez

Malvina Masdeu

Análisis de Laboratorio: División Laboratorio Ambiental DINAMA

Jefa Laboratorio: Natalia Barboza

Personal responsable del Análisis de la Información

Guillermo Cervetto

Marzo 2016

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	1
2.1. Objetivo del Reporte	2
3. ASPECTOS METODOLOGICOS	2
3.1. Plan de Trabajo	2
3.2. Frecuencia de muestreo	2
3.3. Sitios de muestreo	2
3.4. Parámetros Monitoreados	6
3.5. Actividades	7
3.6. Tratamiento de los datos	8
4. RESULTADOS	8
4.1. Comparación con estándares de calidad	8
4.2. Análisis de variables en agua	9
4.2.1. Temperatura.....	9
4.2.2. Conductividad.....	11
4.2.3. Oxígeno Disuelto	12
4.2.4. pH	14
4.2.5. Transparencia	15
4.2.6. Turbiedad	17
4.2.7. Nitrógeno Total (Nt)	18
4.2.8. Fósforo Total (Pt).....	20
4.2.9. TOC (Carbono Orgánico Total).....	21
4.2.10. Alcalinidad	23
4.2.11. Sólidos	24
4.2.11.1. Sólidos Totales (ST).....	24
4.2.11.2. Sólidos Totales Fijos (STF).....	25
4.2.11.3. Sólidos Totales Volátiles (STV).....	27
4.2.11.4. Sólidos Disueltos Totales (SDT)	28
4.2.11.5. Sólidos Suspendidos Totales (SST).....	29
4.2.11.6. Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	31
4.2.11.7. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	32
4.2.12. Variables Biológicas	34
4.2.12.1. Clorofila <i>a</i>	34
4.2.12.2. Feofitina <i>a</i>	36
4.2.12.3. Coliformes Totales.....	38
4.2.12.4. <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>).....	39
4.2.13. AOX.....	41
4.2.14. Agroquímicos.....	42
4.2.14.1. Glifosato	42
4.2.14.2. AMPA.....	44
4.2.14.3. Atrazina	46
4.3. Índices de Calidad de Agua	48
4.3.1. ICA-SL.....	48
4.3.2. Índice de Estado Trófico (IET)	50
4.4. Análisis de variables en sedimento	51
5. PROYECCIÓN	52
6. SÍNTESIS	53
7. BIBLIOGRAFÍA	54

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Cuenca del río San Salvador.....	1
Fig. 2: Río San Salvador y ubicación de las estaciones de muestreo	4
Fig. 3: Esquema de la cuenca del río San Salvador	5
Fig. 4: Representación esquemática de variables analizadas en el río San Salvador	9
Fig. 5: Variación espacial de la temperatura en la cuenca del río San Salvador.	10
Fig. 6: Variación espacial de la temperatura (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2015.....	10
Fig. 7: Variación temporal del rango y promedio de la temperatura del río San Salvador.....	10
Fig. 8: Variación espacial y temporal de la conductividad en la cuenca del río San Salvador durante 2015	11
Fig. 9: Rango y promedio de la conductividad del río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.....	11
Fig. 10: Variación temporal del rango y promedio de la conductividad del río San Salvador en las 5 campañas realizadas.	12
Fig. 11: Variación espacial y temporal del Oxígeno Disuelto en la cuenca del río San Salvador durante 2015	12
Fig. 12: Rango y promedio del Oxígeno Disuelto en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.....	13
Fig. 13: Variación temporal del rango y promedio del Oxígeno Disuelto en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.	13
Fig. 14: Variación espacial y temporal del pH en la cuenca del río San Salvador durante 2015	14
Fig. 15: Rango y promedio del pH en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	14
Fig. 16: Variación temporal del rango y promedio del pH en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.	15
Fig. 17: Variación espacial y temporal de la transparencia en la cuenca del río San Salvador durante 2015	16
Fig. 18: Rango y promedio de la transparencia en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.....	16
Fig. 19: Variación temporal del rango y promedio de la transparencia en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.	16
Fig. 20: Variación espacial y temporal de la turbiedad en la cuenca del río San Salvador durante 2015 ..	17
Fig. 21: Rango y promedio de la turbiedad en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.....	17
Fig. 22: Variación temporal del rango y promedio de la turbiedad en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.	18
Fig. 23: Variación espacial y temporal del Nt en la cuenca del río San Salvador durante 2015.....	18
Fig. 24: Rango y promedio del Nt en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	19
Fig. 25: Variación temporal del rango y promedio del Nt en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.	19
Fig. 26: Variación espacial y temporal del Pt en la cuenca del río San Salvador durante 2015	20
Fig. 27: Rango y promedio del Pt en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	21
Fig. 28: Variación temporal del rango y promedio del Pt en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	21
Fig. 29: Variación espacial y temporal del TOC en la cuenca del río San Salvador durante 2015	22
Fig. 30: Rango y promedio del TOC en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	22
Fig. 31: Variación temporal del rango y promedio del TOC en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.	22
Fig. 32: Variación espacial y temporal de la alcalinidad en la cuenca del río San Salvador durante 2015.23	
Fig. 33: Rango y promedio de la alcalinidad en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.....	23

Fig. 34: Variación temporal del rango y promedio de la alcalinidad en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.	24
Fig. 35: Variación espacial y temporal de los ST en la cuenca del río San Salvador durante 2015	24
Fig. 36: Rango y promedio de los ST en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	25
Fig. 37: Variación temporal del rango y promedio de los ST en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	25
Fig. 38: Variación espacial y temporal de los STF en la cuenca del río San Salvador durante 2015.....	26
Fig. 39: Rango y promedio de los STF en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	26
Fig. 40: Variación temporal del rango y promedio de los STF en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	26
Fig. 41: Variación espacial y temporal de los STV en la cuenca del río San Salvador durante 2015	27
Fig. 42: Rango y promedio de los STV en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	27
Fig. 43: Variación temporal del rango y promedio de los STV en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	28
Fig. 44: Variación espacial y temporal de los SDT en la cuenca del río San Salvador durante 2015	28
Fig. 45: Rango y promedio de los SDT en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	29
Fig. 46: Variación temporal del rango y promedio de los SDT en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	29
Fig. 47: Variación espacial y temporal de los SST en la cuenca del río San Salvador durante 2015.....	30
Fig. 48: Rango y promedio de los SST en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	30
Fig. 49: Variación temporal del rango y promedio de los SST en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	31
Fig. 50: Variación espacial y temporal de los SSF en la cuenca del río San Salvador durante 2015.....	31
Fig. 51: Rango y promedio de los SSF en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	32
Fig. 52: Variación temporal del rango y promedio de los SSF en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	32
Fig. 53: Variación espacial y temporal de los SSV en la cuenca del río San Salvador durante 2015	33
Fig. 54: Rango y promedio de los SSV en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	33
Fig. 55: Variación temporal del rango y promedio de los SSV en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	34
Fig. 56: Variación espacial y temporal de la clorofila <i>a</i> en la cuenca del río San Salvador durante 2015 ..	35
Fig. 57: Rango y promedio de la clorofila <i>a</i> en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.....	35
Fig. 58: Variación temporal del rango y promedio de la clorofila <i>a</i> en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.	35
Fig. 59: Variación espacial y temporal de la feofitina <i>a</i> en la cuenca del río San Salvador durante 2015 ..	36
Fig. 60: Rango y promedio de la feofitina <i>a</i> en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.....	36
Fig. 61: Variación temporal del rango y promedio de la feofitina <i>a</i> en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	37
Fig. 62: Variación espacial y temporal de los coliformes totales en la cuenca del río San Salvador durante 2015	38
Fig. 63: Rango y promedio de los coliformes totales en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.....	38
Fig. 64: Variación temporal del rango y promedio de los Coliformes Totales en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	39
Fig. 65: Variación espacial y temporal de <i>E. coli</i> en la cuenca del río San Salvador durante 2015	40
Fig. 66: Rango y promedio de <i>E. coli</i> en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	40

Fig. 67: Variación temporal del rango y promedio de <i>Escherichia coli</i> en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.	40
Fig. 68: Variación espacial y temporal de los AOX en la cuenca del río San Salvador durante 2015	41
Fig. 69: Rango y promedio de los AOX en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	41
Fig. 70: Variación temporal del rango y promedio de los AOX en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	42
Fig. 71: Variación espacial y temporal del glifosato en la cuenca del río San Salvador durante 2015	43
Fig. 72: Rango y promedio del glifosato en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	43
Fig. 73: Variación temporal del rango y promedio del Glifosato en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	44
Fig. 74: Variación espacial y temporal de AMPA en la cuenca del río San Salvador durante 2015.....	45
Fig. 75: Rango y promedio de AMPA en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	45
Fig. 76: Variación temporal del rango y promedio de AMPA en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	46
Fig. 77: Variación espacial y temporal de atrazina en la cuenca del río San Salvador durante 2015.....	47
Fig. 78: Rango y promedio de atrazina en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015	47
Fig. 79: Variación temporal del rango y promedio de Atrazina en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas	48
Fig. 80: Resultado de la aplicación del ICA-SL en las estaciones de monitoreo del río San Salvador en 2015	50
Fig. 81: Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo del río Negro en 2015.....	51

INDICE DE FIGURAS

Tabla I: Identificación, ubicación y características de las estaciones de muestreo	6
Tabla II: Variables aportadas por DINAMA (matriz agua).	6
Tabla III: Variables aportadas por OSE (matriz agua).....	6
Tabla IV: Variables aportadas por MGAP (matriz agua y sedimentos)	7
Tabla V: Estándares propuestos en el decreto 253/79 y por COTAMA (2008) para variables contempladas en este monitoreo.	7
Tabla VI: Cálculos utilizados para representar los valores numéricos de los resultados yuxtapuestos a los límites de la técnica.....	8
Tabla VII: Relación Clo a/Feo a calculada para cada estación en las cinco fechas de muestreo	37
Tabla VIII: Normalización de los parámetros de calidad de agua utilizados en el ICA-SL	49
Tabla IX: Escala cromática de calidad de agua según el ICA-SL, de acuerdo con la valoración conceptual y numérica del índice.....	49
Tabla X: Valoración del estado trófico de ríos a partir del IET, elaborado según los valores de fósforo total, clorofila <i>a</i> o transparencia del agua	51

INDICE DE FIGURAS

Anexo 1: Gráficos tridimensionales de variación espacio-temporal de diferentes variables durante el año 2015 en el río San Salvador.....	55
Anexo 2: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación de índice de calidad ICA-SL	67
Anexo 3: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación de índice de estado trófico.	68

1. INTRODUCCIÓN

El río San Salvador bordea la ciudad de Dolores y desemboca en el Río Uruguay, a la altura de Colonia Concordia. Su corto recorrido atraviesa una de las más fértiles regiones agrícolas del Uruguay, en donde se cultivan cereales como trigo, soja, sorgo, girasol y lino.

Con una superficie de cuenca de aproximadamente 3.000 km², el San Salvador recibe, en sus 100 Km de longitud, el aporte de numerosos afluentes, entre los que destacan los arroyos Bizcocho, del Águila, del Corralito, del Espinillo, Maciel y San Martín (Fig. 1 y 2).

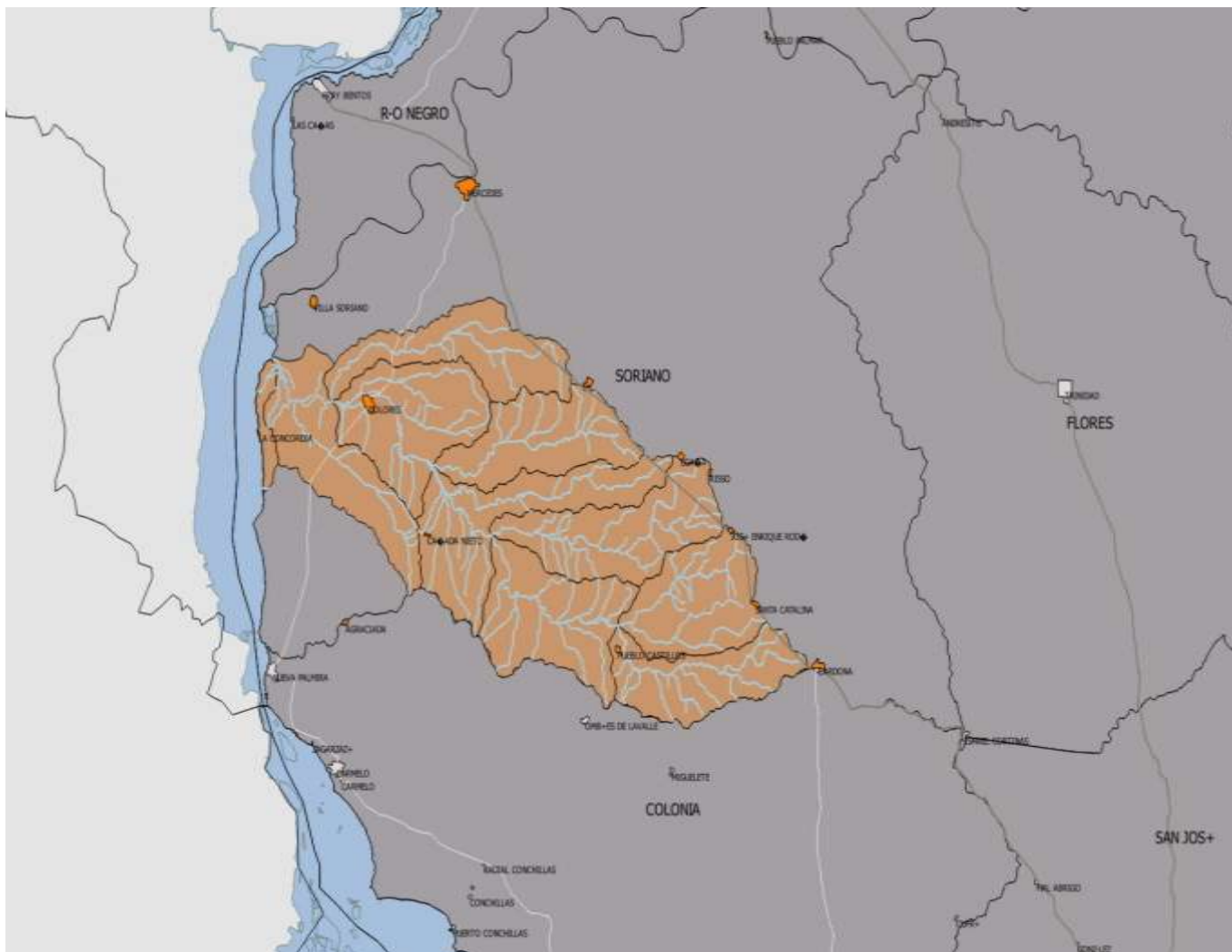


Fig. 1: Cuenca del río San Salvador

2. OBJETIVOS

Un acuerdo interinstitucional de trabajo sobre la cuenca del río San Salvador resultó en que a partir de mayo 2014 se realice un monitoreo -en forma conjunta por DINAMA, OSE y MGAP- cubriendo todo el cauce principal del mismo.

Los objetivos principales de este acuerdo se orientan a:

- 1- Realizar la evaluación de la calidad ambiental del recurso agua y un programa de vigilancia de la misma, con foco en la protección de la calidad para fuente de agua potable de la ciudad de Dolores.
- 2- Profundizar en el sistema de permisos de usos de agua, para mejorar el control de los usos, utilizar el mayor potencial hídrico de la cuenca, determinar los límites de los derechos de usos e integrar la variable cantidad y calidad en el proceso de permisos.
- 3- Focalizar los Planes de Uso, Manejo y Conservación de Suelos (MGAP, 2008), en la cuenca del Río San Salvador, como forma de evitar las prácticas inapropiadas que generen un aporte de elementos del suelo que impacten en la calidad del curso de agua para los usos definidos.
- 4- Focalizar el control en la aplicación de fitosanitarios en la Cuenca de forma de minimizar la afectación al curso de agua por los procesos de deriva en la aplicación aérea o por escorrentía en el suelo.

2.1. Objetivo del Reporte

El propósito de este reporte de datos es analizar y evaluar los datos provenientes del monitoreo realizado en aguas del río San Salvador, obtenidos en el correr del año 2015 y realizar una comparación primaria con los resultados del año precedente (DINAMA, 2015).

Este informe tiene por cometido el Objetivo 1.

3. ASPECTOS METODOLOGICOS

3.1. Plan de Trabajo

La metodología de trabajo utilizada se basa en el Programa internacional del Sistema Global de Monitoreo Ambiental (Guía operativa GEMS/Agua, 3ra Ed, 94.1), adaptándose a las capacidades nacionales disponibles (recursos humanos, equipos, materiales, técnicas, etc.).

3.2. Frecuencia de muestreo

El monitoreo se basa en el muestreo en siete estaciones distribuidas a lo largo del cauce principal del río cada dos meses.

3.3. Sitios de muestreo

La ubicación de las estaciones puede observarse en las figuras 2 y 3, mientras que en la Tabla I se presentan los detalles particulares de éstas.

La distancia extrema entre estaciones es de aproximadamente 85 Km., por lo cual se considera que existe una buena cobertura de muestreo (siendo la longitud total de aproximadamente 100 Km). La estación SS1 está ubicada a menos de 10 Km de las nacientes, siendo –logísticamente- inaccesible la porción anterior. La estación SS7 se ubica a aproximadamente 15 Km de la desembocadura en el río Uruguay. Esta ubicación está determinada por estudios previos de la OSE, que indican que la influencia del río Uruguay se hace notar hasta poco antes.

Cabe resaltar que durante las campañas se muestrean también dos estaciones (Sub. 1: “Perforación – 1019”, en la ciudad de Cardona y Sub. 2: “Perforación 68.3.004”, en la ciudad de Dolores) que corresponden a pozos surgentes de OSE; resultados que no son contemplados en este informe. Asimismo, en la planificación teórica original del muestreo se incluía la estación “Sed. 2”, próxima a la desembocadura del arroyo Maciel, destinada al muestreo de sedimentos. Esta estación fue suprimida debido a que el lecho del río en ese sector es de piedra y que la accesibilidad a la misma es complicada. Se considera, de todas formas, que las dos estaciones de muestreo de sedimentos mantenidas, son representativas de los sedimentos de la cuenca alta y baja del río.

Durante 2015 se desarrollaron cinco muestreos, en los meses de febrero, marzo, mayo, julio, y octubre. Considerando la importancia conferida a los aportes de fitosanitarios, en etapas iniciales se manejó la

posibilidad de intensificar los muestreos entre noviembre y abril (período de aplicación de fitosanitarios). Luego, por motivos logísticos se fijó el monitoreo bimensual.

La ejecución de los muestreos se desarrolla en forma conjunta entre OSE y DINAMA, aportando cada institución la infraestructura necesaria (personal, equipamientos) para asegurar la eficiencia de las campañas. Los análisis son aportados por los laboratorios de OSE, DINAMA y MGAP; este último aporta los resultados sobre variables fitosanitarias en agua y sedimentos.



Fig. 2: Río San Salvador y ubicación de las estaciones de muestreo

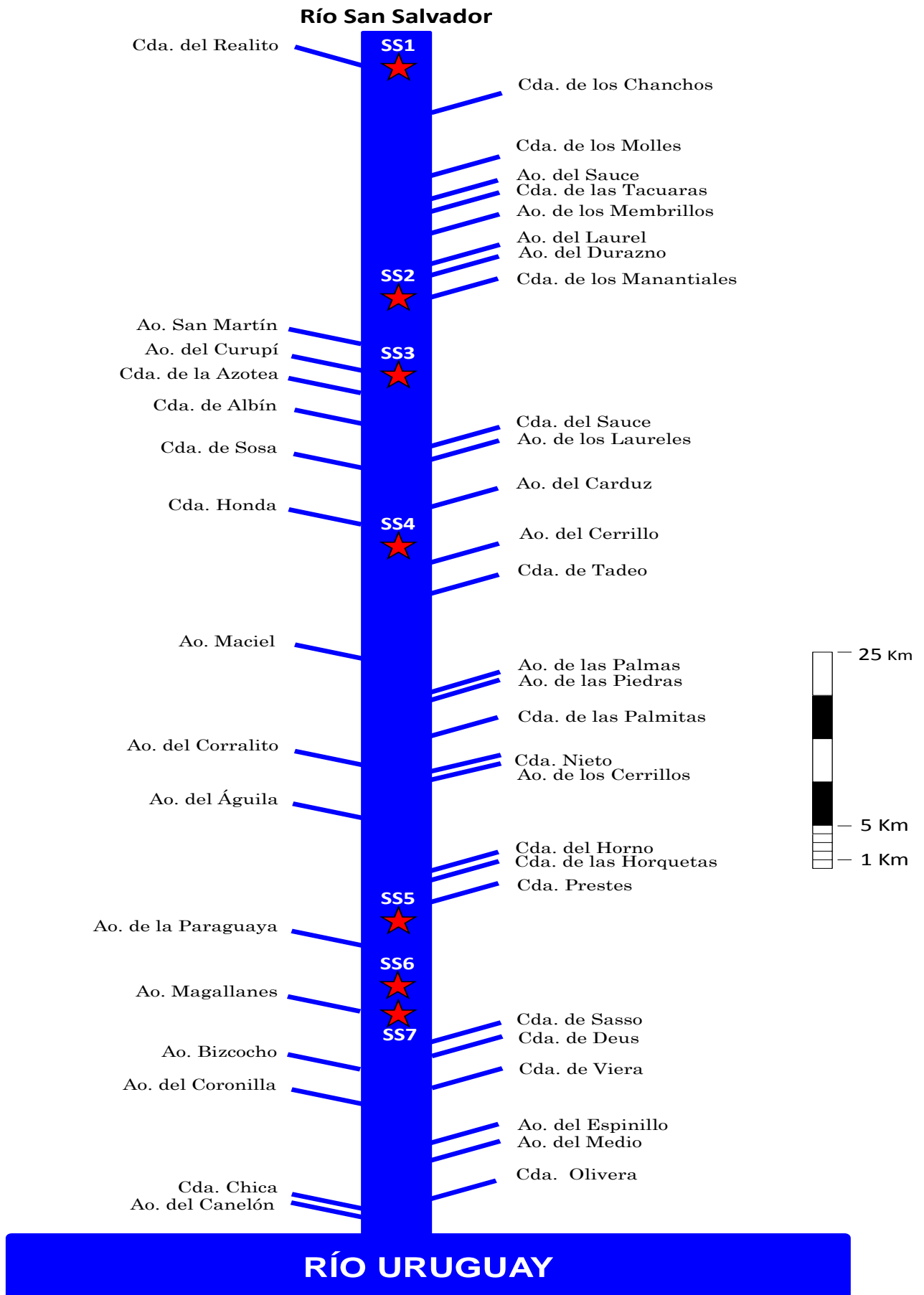


Fig. 3: Esquema de la cuenca del río San Salvador

Tabla I: Identificación, ubicación y características de las estaciones de muestreo

PUNTO	DESCRIPCIÓN	Latitud	Longitud
SS1	Colonia Larrañaga. Monitoreo de agua.	33° 51' 28"	57° 30' 07"
SS2	Puente sobre Ruta 55. Monitoreo de agua.	33° 51' 38"	57° 43' 40"
SS3	Perseverano. Se monitorea agua y sedimento. Evalúa los aportes de los arroyos San Martín y Del Medio.	33° 48' 58"	57° 47' 20"
SS4	Paso Zabala. Monitoreo de agua.	33° 46' 46"	57° 55' 44"
SS5	Paso Ramos. Monitoreo de agua.	33° 33' 20"	58° 09' 49"
SS6	Antigua toma de agua de OSE. Monitoreo de agua.	33° 31' 11"	58° 11' 60"
SS7	Aguas abajo de Dolores. Cercana a la desembocadura del colector. Se monitorea agua y sedimento. Evalúa la influencia de la ciudad.	33° 32' 02"	58° 15' 52"

3.4. Parámetros Monitoreados

Cada una de las instituciones participantes aporta resultados de diferentes variables (Tablas II, III y IV). También, la OSE realiza muestreos para la determinación de microcistina, pero estos son exclusivamente en los casos de que haya indicios de floraciones. Por considerarlo un dato importante, se ha hecho el pedido de considerar la microcistina en forma constante.

Tabla II: Variables aportadas por DINAMA (matriz agua).

DINAMA	COND	pH	OD	% OD	TEM	TRANSP	ST	STF	STV	SST	SDT	SSF	SSV	Clo a	Feo a	AOX
SS1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SS2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SS3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SS4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SS5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SS6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SS7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabla III: Variables aportadas por OSE (matriz agua).

OSE	Colif	Coli T	Ec	TURB.	Nt	Pt	TOC	Color	Dureza	Alcal	Cl	NO3	NO2	NH4	DBO5	DQO	Fito total	Zoo total	Valvas Diat.	Cianobac.	Oscillat.	Microcistina		
SS1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
SS2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SS3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SS4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SS5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SS6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SS7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabla IV: Variables aportadas por MGAP (matriz agua y sedimentos).

MGAP	Endosulfan α y β	Endosulfan SO ₄	Glifosato	AMPA	Atrazina	Clorpirifos
SS1	X	X	X	X	X	X
SS2	X	X	X	X	X	X
SS3	X - X	X - X	X - X	X - X	X - X	X - X
SS4	X	X	X	X	X	X
SS5	X	X	X	X	X	X
SS6	X	X	X	X	X	X
SS7	X - X	X - X	X - X	X - X	X - X	X - X

Los estándares aplicados en el decreto 253/979 y modificativos son mostrados en la tabla V. En particular Atrazina, Clorpirifos y, Glifosato, no figuran en el Dcto. 253/79, por lo tanto se consideran los niveles referenciados en el documento del Grupo de Estandarización Técnica de estándares de agua – COTAMA (2008).

Tabla V: Estándares propuestos en el decreto 253/79 y por COTAMA (2008) para variables contempladas en este monitoreo.

Variable	Objetivo de calidad
pH	6,5 - 8,5
Oxígeno disuelto	5 mg/l
Turbiedad	50 UNT
Nitritos	≤ 0,02 mg/l como nitrógeno
Nitratos	≤ 5 mg/l como nitrógeno
Amonio libre	≤ 0,02 mg/l como nitrógeno
Fósforo total	≤ 0,025 mg/l como fósforo
Turbiedad	Max. 50 UNT
DBO5	Max. 10 mg/l

Variable	Valor guía	Referencia
Atrazina	1,8 µg/l	Valor guía propuesto por GESTA-Agua *
Glifosato	65 µg/l	Valor guía propuesto por GESTA-Agua *
Clorpirifos	0,035 µg/l	Valor guía propuesto por GESTA-Agua *
Endosulfan	0,02 µg/l	Decreto 253/79
AOX	60 µg/l	Valor guía propuesto por GESTA-Agua *

*: El Decreto 253/79 no tiene estándares para este compuesto

3.5. Actividades

En los muestreos de verano (febrero y marzo) el río estaba en situación de estiaje, en mayo y julio con caudal un poco por debajo de lo normal y en octubre se trabajó con condiciones de crecida (sin desborde del cauce).

A pesar de estas circunstancias los muestreos se desarrollaron con normalidad. Sólo debieron suspenderse los muestreos de sedimentos en varias ocasiones. La colecta de la draga era de arena limpia, sin limos y, tras numerosas tentativas, se suspendía ese análisis. Con frecuencia debió suprimirse la medición de la transparencia (por disco de Secchi) debido a la poca profundidad. Las variables ambientales se midieron en todos los puntos y se tomaron las muestras para mediciones químicas en todos los casos.

3.6. Tratamiento de los datos

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

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

<LD	=	LD
<LC	=	LC/2
LD<x<LC	=	((LC-LD)/2) + LD

4. RESULTADOS

En este capítulo presentaremos los resultados correspondientes a calidad del agua superficial obtenidos en el marco del *Plan de monitoreo del río San Salvador* durante el año 2015. Se dispone de datos provenientes de 5 muestreos de agua para el período de estudio.

Los datos obtenidos se comparan con:

- Los estándares de calidad de agua.
- Los datos registrados durante los monitoreos de años precedentes (Dinama, 2015).

Esto se realiza con el fin de verificar la calidad del agua y cuantificar cualquier cambio espacial o temporal que pudiese haber surgido.

4.1. Comparación con estándares de calidad

Los estándares de calidad de agua que se aplican para la evaluación son los establecidos para Clase 3, en el Decreto 253/79 y modificativos que reglamenta el Código de Aguas del Uruguay.

De las 35 variables analizadas en este curso de agua, sólo 13 se encuentran reguladas en la legislación nacional. Al comparar los datos registrados durante el período comprendido en el reporte, con los estándares establecidos en el Decreto 253/79 y modif., resulta que -en el caso de 5 de estas variables- se cumplen los criterios de calidad para el 100% de los registros (color, turbiedad, NO₃, AOX y glifosato). Se detecta incumplimiento del decreto en las variables: pH (valores más altos en las 3 estaciones de la cuenca baja durante el muestreo de invierno), Oxígeno Disuelto (2 valores por debajo del límite durante los muestreos de verano), amonio libre (en todos los casos en que fue detectado), NO₂ (1 registro por sobre el estándar en los muestreos de verano), fósforo total (en la totalidad de los registros), clorpirifos (en los dos valores detectados y Atrazina (se supera el estándar en toda la cuenca media y baja en el muestreo de primavera (Fig. 4). El endosulfán presenta una situación a ser analizada en particular: este fitosanitario no figura en el decreto 253, mientras que el grupo COTAMA propone un valor de estándar (aún no homologado) de 0.02 µg/l. Este valor se corresponde con el límite de cuantificación de la técnica empleada, por lo cual sólo se puede inferir que durante 2015, el endosulfán no alcanzó el límite estándar propuesto (anexo 3). La presencia de endosulfán en concentraciones inferiores no puede ser demostrada con la técnica utilizada.

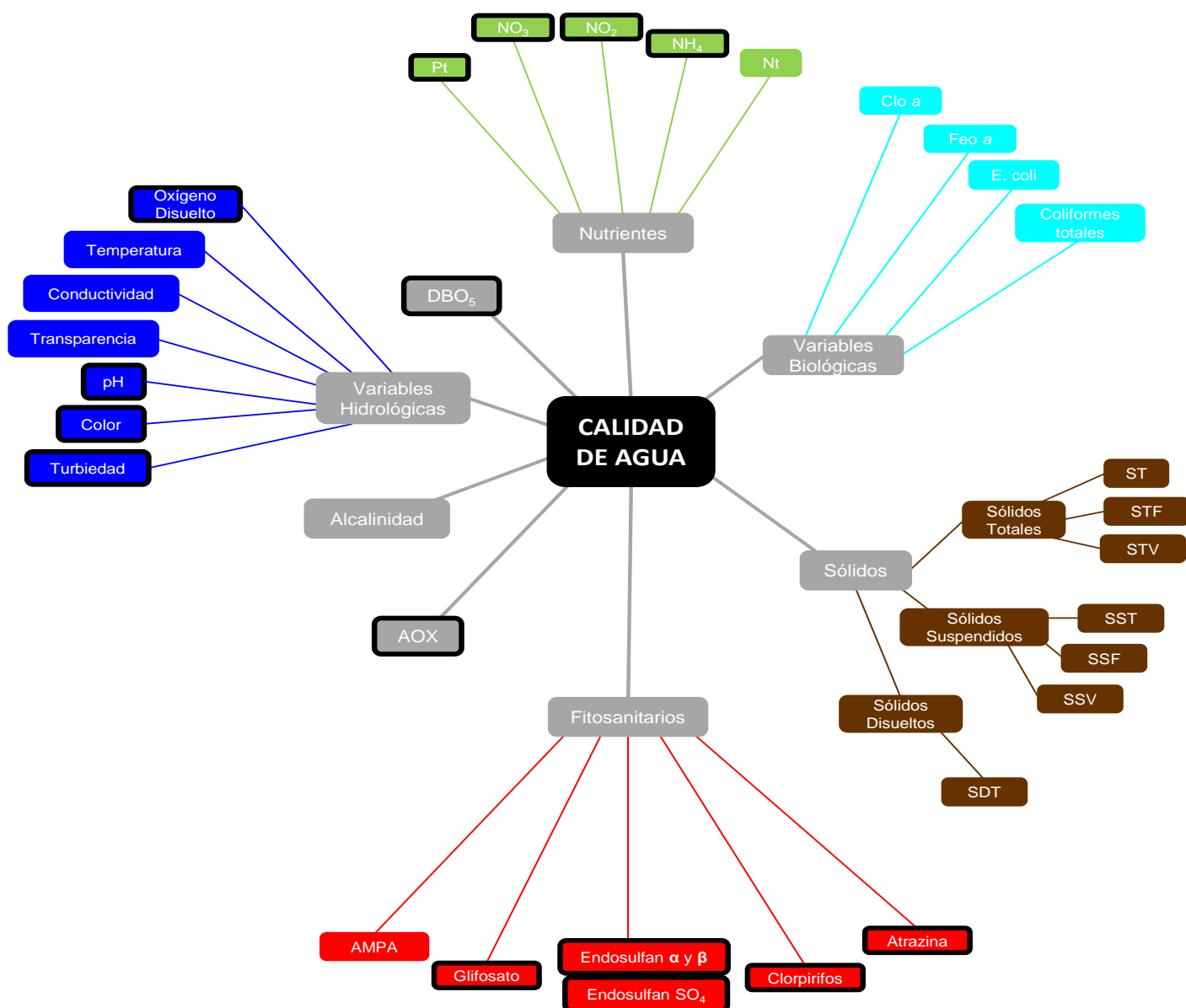


Fig. 4: Representación esquemática de variables analizadas en el río San Salvador. Con recuadro negro se marcan las variables con estándares contemplados en el Decreto 253 o modificativos.

4.2. Análisis de variables en agua

4.2.1. Temperatura

La temperatura varió entre un mínimo de 10.5 °C (estación SS2 en julio) y un máximo de 25.9 °C (estación SS1 en febrero), con un promedio de 18.6 °C.

En la figura 5 se percibe claramente la diferencia de temperatura producida entre los muestreos realizados en meses cálidos y meses fríos. Se observa asimismo la escasa variación que existe entre el promedio del año 2014 (19.1 °C) respecto al promedio del año 2015 (18.6°C)

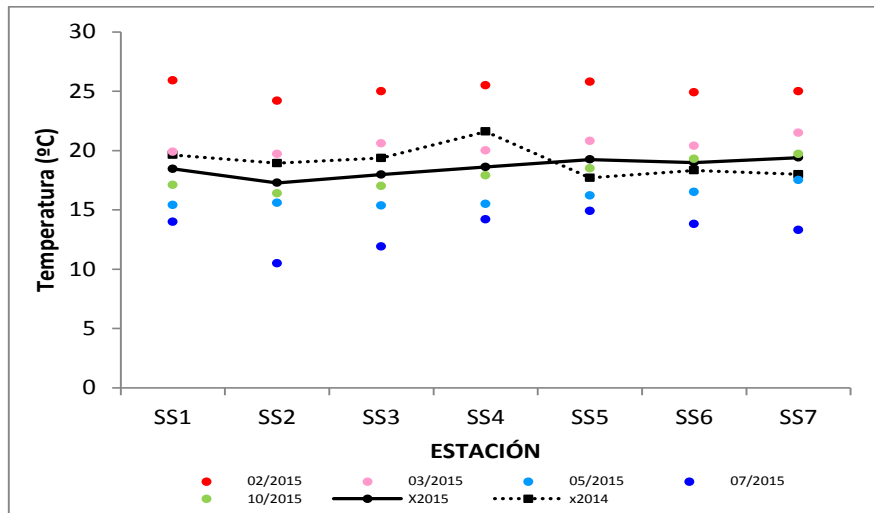


Fig. 5: Variación espacial de la temperatura en la cuenca del río San Salvador. X2014 y X2015= promedio de temperatura para los años 2014 y 2015 respectivamente.

El promedio y rango de variación de la temperatura es similar en todas las estaciones (Fig. 6), mostrando la preponderancia del factor tiempo (estacional) (Fig. 7) sobre el factor espacial (distancia). Se resalta la poca variación de temperatura a lo largo de la cuenca en cada período de muestreo. A pesar de las grandes diferencias morfológicas de las diferentes estaciones hay poca diferencia de temperatura entre ellas.

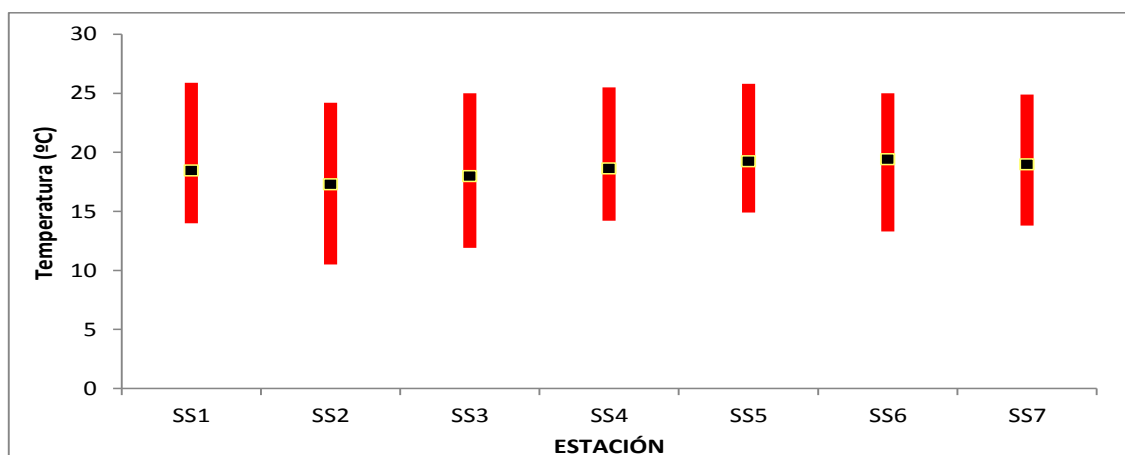


Fig. 6: Variación espacial de la temperatura (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2015

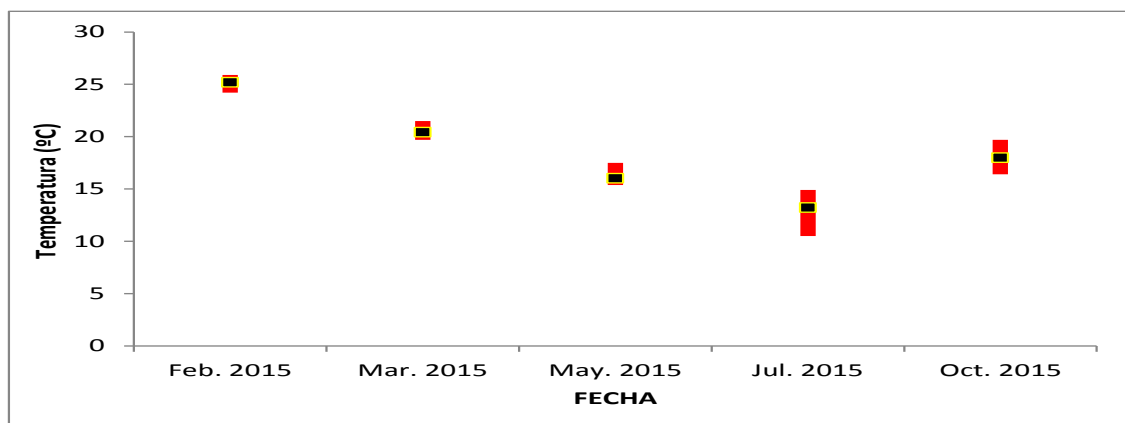


Fig. 7: Variación temporal del rango y promedio de la temperatura del río San salvador.

4.2.2. Conductividad

La conductividad del río San Salvador durante 2015 estuvo acotada entre un mínimo de 312.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación SS3 en febrero y un máximo de 779 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación SS1 en mayo. La media de concentración de esta variable para el período fue de 523.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Las figuras 8, 9 y 10 presentan las variaciones espacio-temporales de la conductividad en la cuenca del río San Salvador durante el año 2015.

Se aprecia un leve gradiente decreciente desde las estaciones de la cabecera hacia las estaciones de la desembocadura (Fig. 8). Asimismo, es evidente la presencia de conductividades más elevadas en los meses más fríos. La comparación de curvas de promedios muestra un comportamiento muy estable de la conductividad en ambos años.

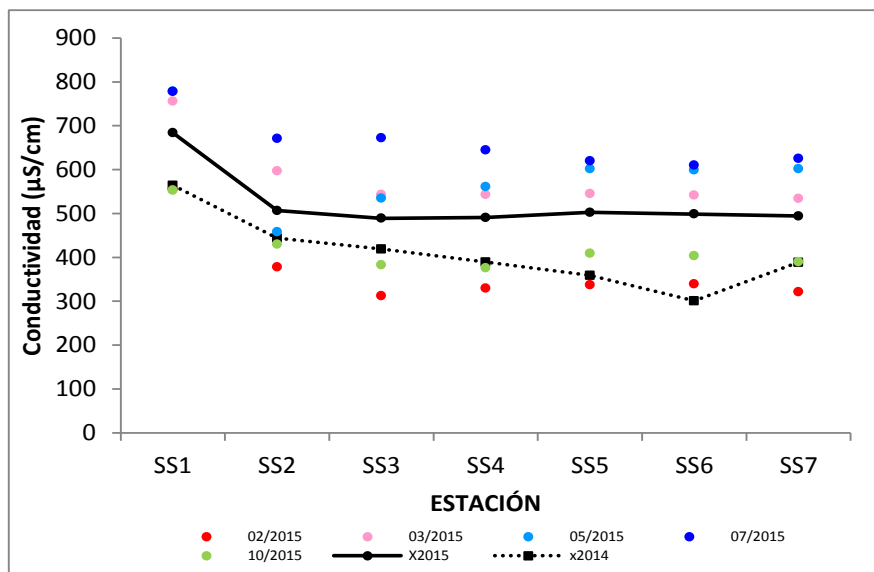


Fig. 8: Variación espacial y temporal de la conductividad en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de conductividad para los años 2014 y 2015 respectivamente.

Desde el punto de vista espacial es observable que los promedios, así como la amplitud de variación, son similares en las siete estaciones, a excepción de la estación SS1, que muestra un promedio más elevado y un rango de variación más reducido (Fig. 9)

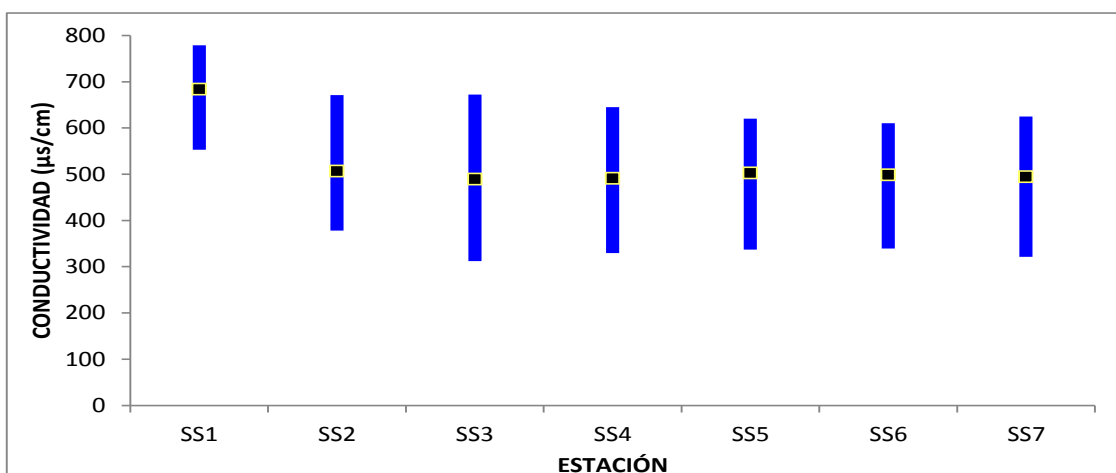


Fig. 9: Rango y promedio de la conductividad del río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

La variación temporal de la conductividad se caracterizó por mayores concentraciones en otoño e invierno, y menores en verano (Fig. 10)

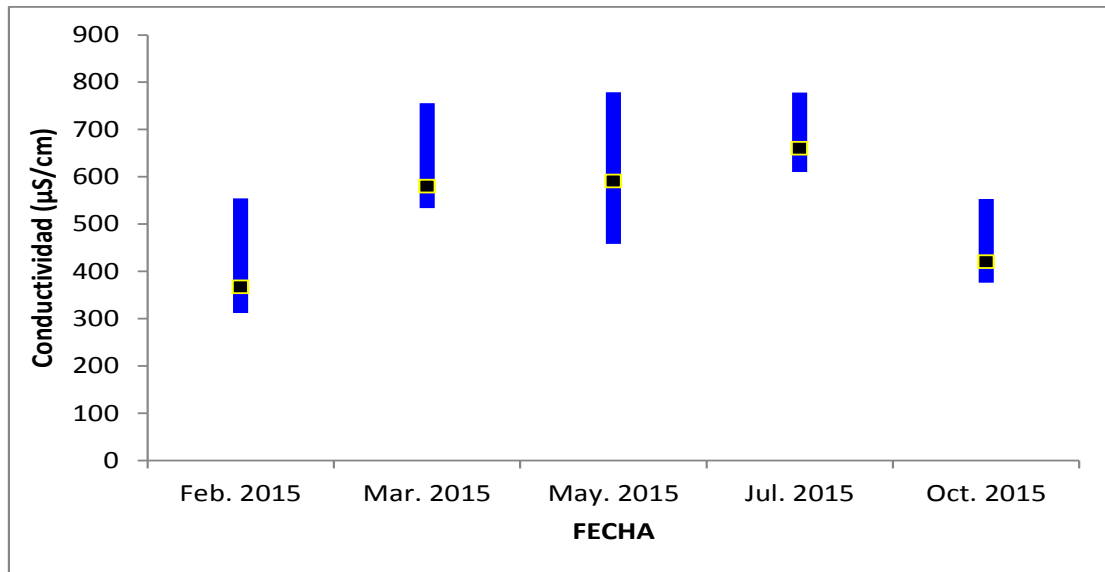


Fig. 10: Variación temporal del rango y promedio de la conductividad del río San salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.3. Oxígeno Disuelto

La variación máxima de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua fue amplia, con valores extremos entre 4.5 y 13.5 mgO₂/l, y una concentración promedio de 8,0 mgO₂/l para el período de estudio. La mínima concentración se registró en febrero en la estación SS2, mientras que la máxima se dio en julio, en la estación SS1 (Fig. 11).

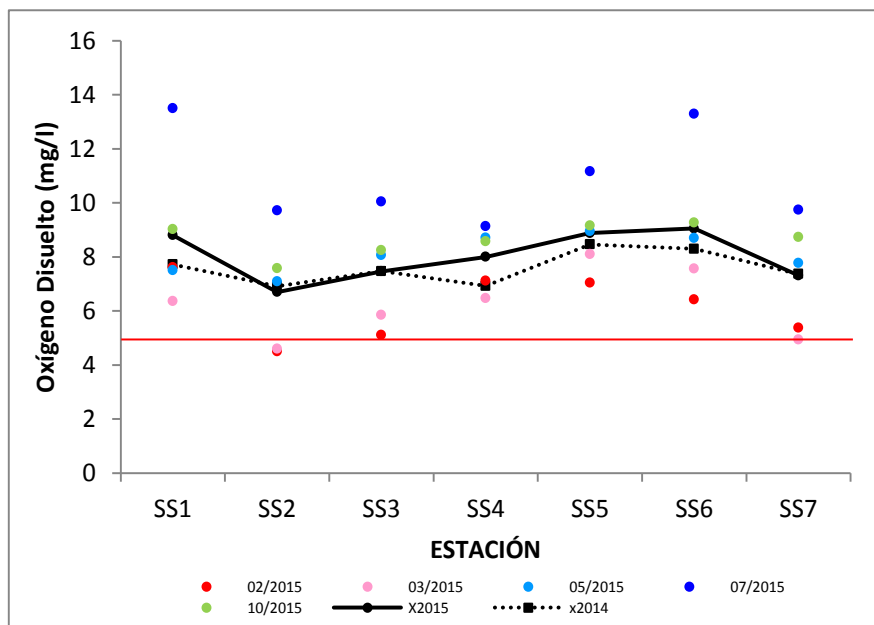


Fig. 11: Variación espacial y temporal del Oxígeno Disuelto en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio del Oxígeno Disuelto para los años 2014 y 2015 respectivamente. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

Las curvas de promedios muestran un comportamiento casi idéntico del Oxígeno disuelto en los dos años considerados, siendo los promedios calculados de 7.6 para 2014 y 8.0 para 2015.

En el período de monitoreo el OD es más influenciado por el factor tiempo que por el factor espacial. La variación espacial del oxígeno es reducida, mostrando promedios y variaciones de amplitud similares en todas las estaciones. En las estaciones SS1 y SS6 se observan promedios levemente superiores y mayor amplitud de variación, mientras que en la estación SS4 se observa la menor amplitud de variación (Fig. 12)

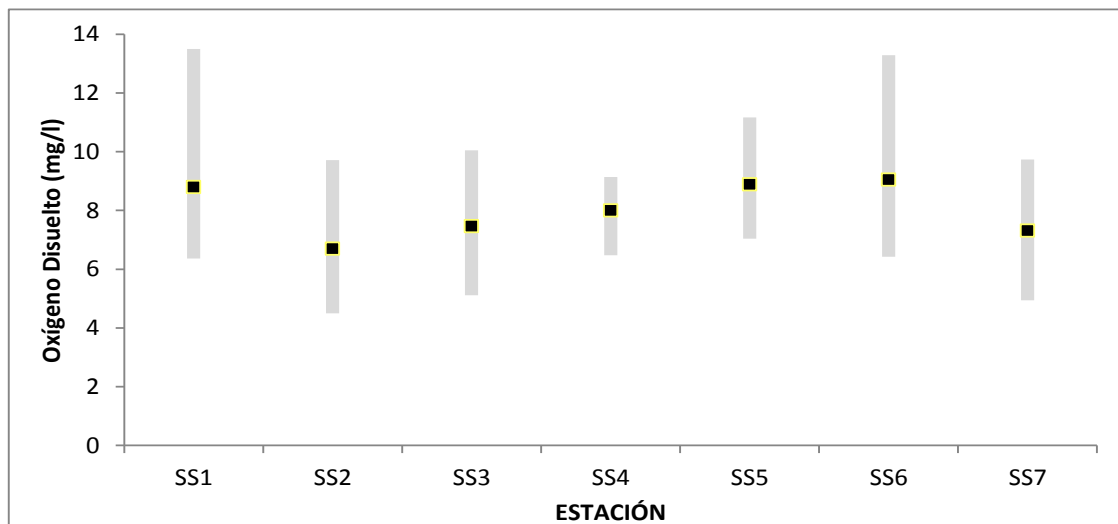


Fig. 12: Rango y promedio del Oxígeno Disuelto en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

La variación temporal del OD mostró un comportamiento similar en los cinco muestreos realizados, con su valor más alto en julio, coincidiendo con las bajas temperaturas del agua. Las concentraciones más bajas de OD fueron medidas en febrero, con altas temperaturas en el agua (Fig. 13)

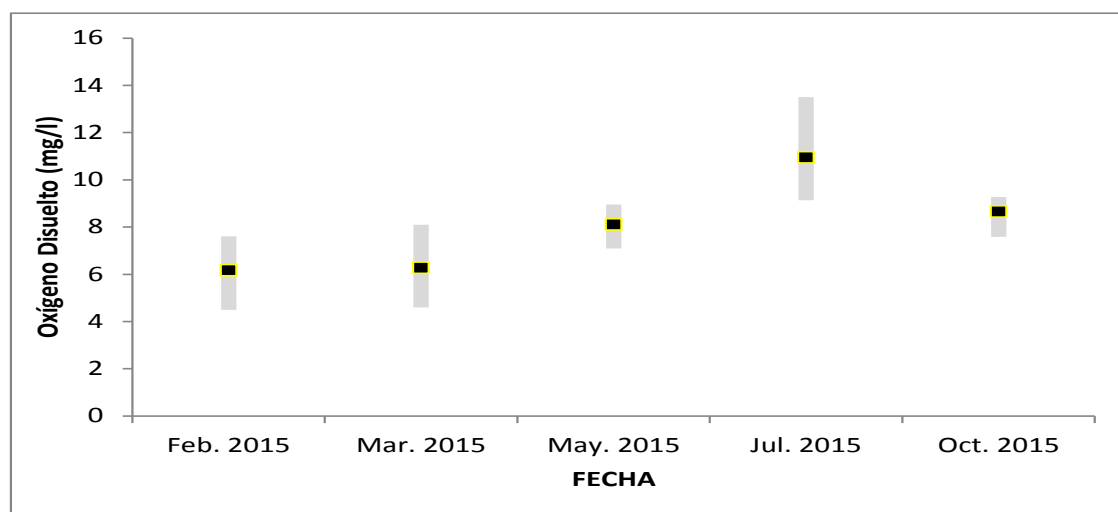


Fig. 13: Variación temporal del rango y promedio del Oxígeno Disuelto en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

El OD se mantiene dentro de los términos establecidos por el estándar. Sólo en dos ocasiones (estación SS2 en febrero y estación SS7 en marzo) se registró valores inferiores a los 5 mg/l establecidos.

4.2.4. pH

Durante el año 2015 el pH del río San Salvador se mantuvo en valores entre 7.57 (estación SS2 en octubre) y 8.65 (estación SS7 en julio), siendo el promedio de 8.1.

El análisis de las curvas de promedio indicaría una leve basificación de las aguas del río respecto al año anterior. Esto se aprecia en los promedios anuales: 7.9 en 2014 y 8.1 en 2015 (Fig. 14). Si bien con fluctuaciones de escasa amplitud se percibe una diferencia en el comportamiento de la variación espacial del pH con respecto a los datos precedentes; principalmente, se observan valores inferiores durante el año 2014.

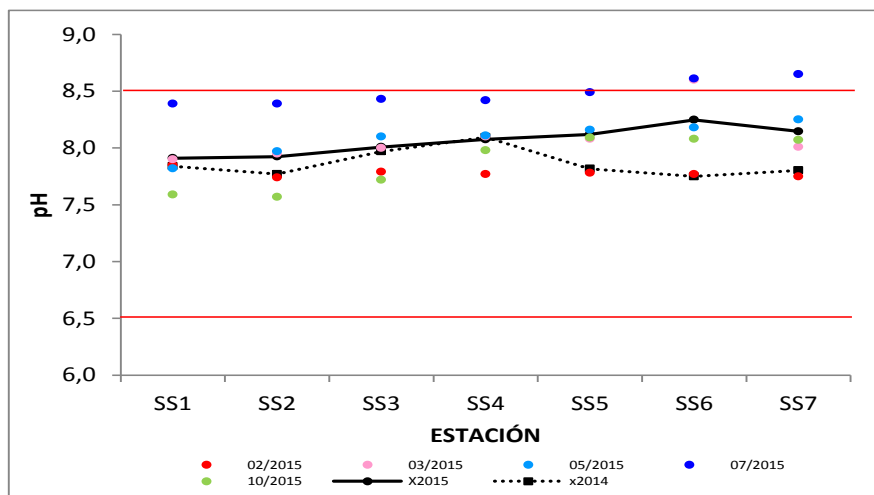


Fig. 14: Variación espacial y temporal del pH en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de pH para los años 2014 y 2015 respectivamente. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

La variación espacial del pH revela un gradiente creciente desde las nacientes hacia la desembocadura, presentando un rango de amplitud similar en todas las estaciones (Fig. 15).

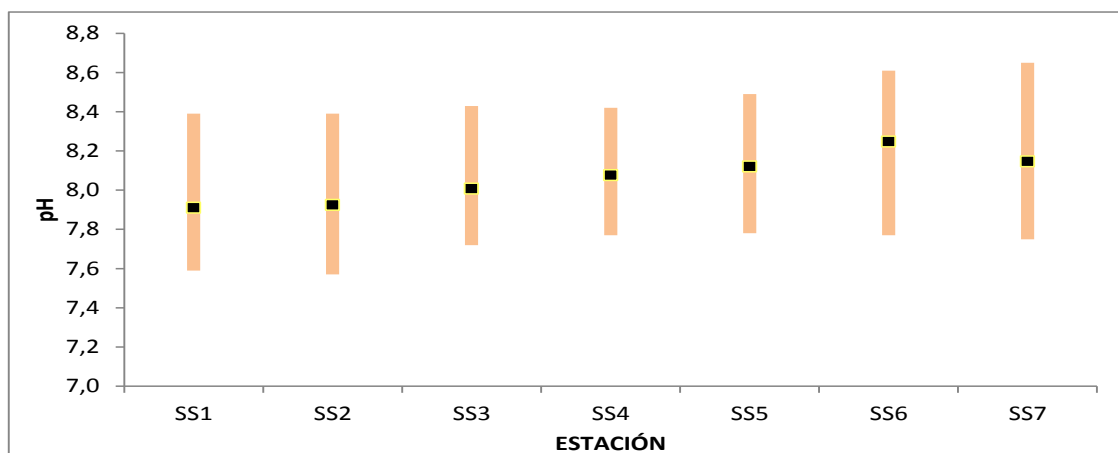


Fig. 15: Rango y promedio del pH en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

La variación temporal del pH durante 2015 muestra, en líneas generales, un gradiente decreciente hacia los meses más cálidos (Fig. 16).

En tres ocasiones (estaciones: SS6 en marzo; SS6 y SS7 en julio) el pH superó el estándar, fijado en 8.5.

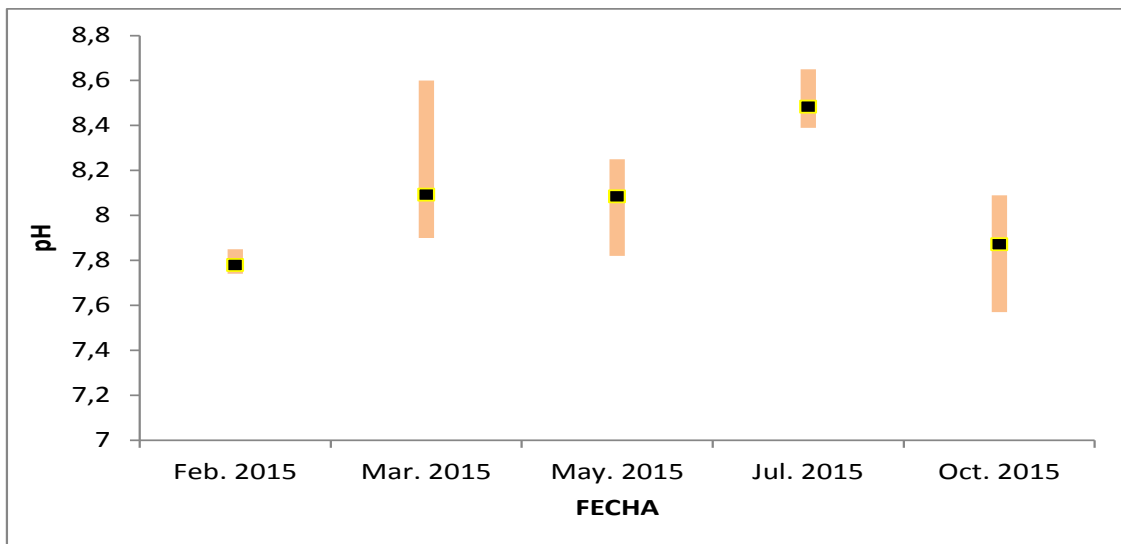


Fig. 16: Variación temporal del rango y promedio del pH en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.5. Transparencia

La transparencia, medida con el disco de Secchi, fluctuó entre un mínimo de 35 cm (estación SS3 en febrero) y 120 cm (estación SS7 en julio), con un promedio de 75.8 cm.

El muestreo de la transparencia es muy complicado en este río, debido a la correntada y la escasa profundidad. Esto implica la pérdida de información en numerosas oportunidades. Esta pérdida se refleja en la presentación gráfica de los datos, con vacíos derivados de esa falta de información. En la Fig. 17 se observa la variación espacial de la transparencia. La poca cantidad de datos no permite sacar conclusiones definitivas pero, los resultados muestran una tendencia a valores más altos de transparencia en las estaciones próximas a la desembocadura. Para mejor visualización de las curvas de promedios se completó la línea en color rojo. Esto mostraría una mayor transparencia durante 2015 con respecto a 2014. Los promedios calculados son de 67.6 cm para 2014 y 75.8 cm para 2015.

La variación espacial de la transparencia muestra una tendencia al aumento desde la cabecera hacia la desembocadura (Fig. 18). Los promedios de transparencia son similares en las diferentes estaciones, al igual que los rangos de variación.

La variación temporal de la transparencia estaría representada por mayores valores en los meses fríos (Fig. 19).

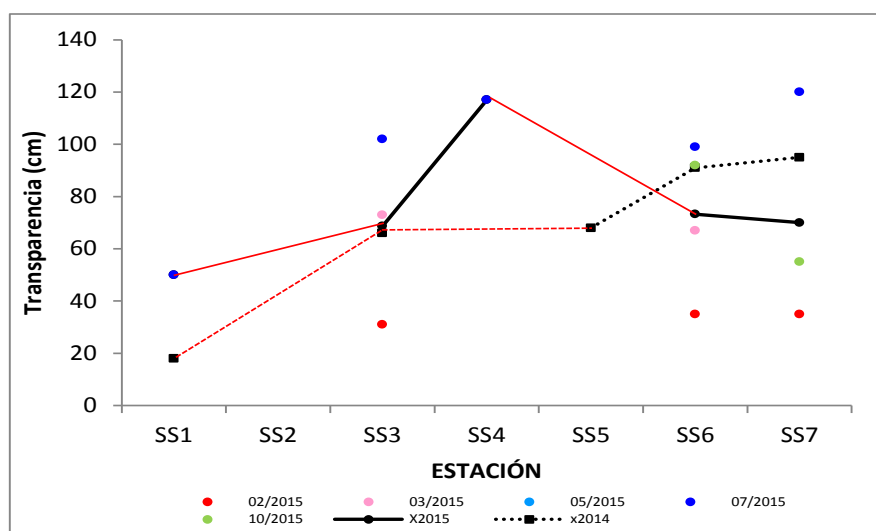


Fig. 17: Variación espacial y temporal de la transparencia en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de transparencia para los años 2014 y 2015 respectivamente.

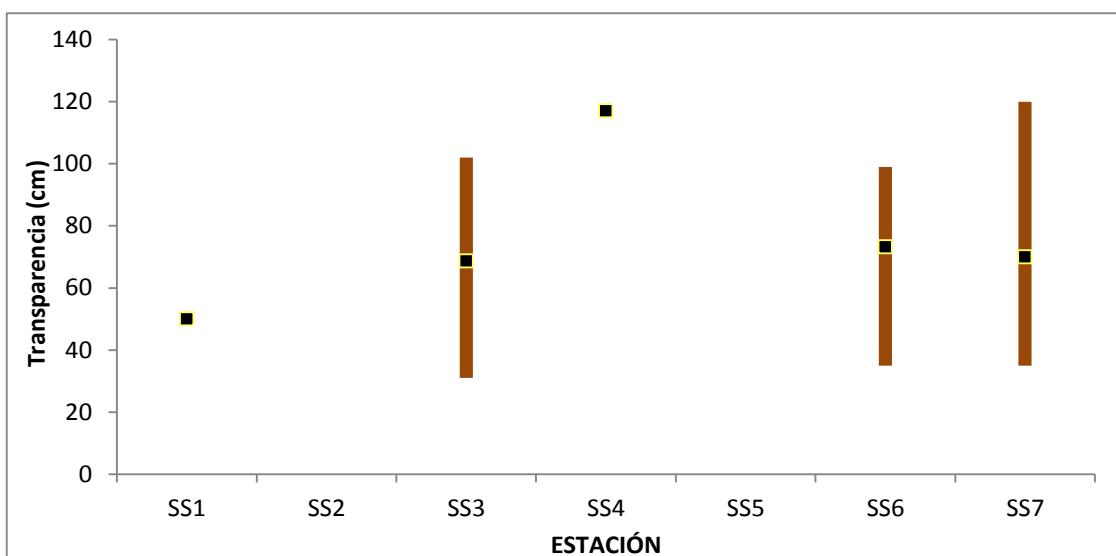


Fig. 18: Rango y promedio de la transparencia en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

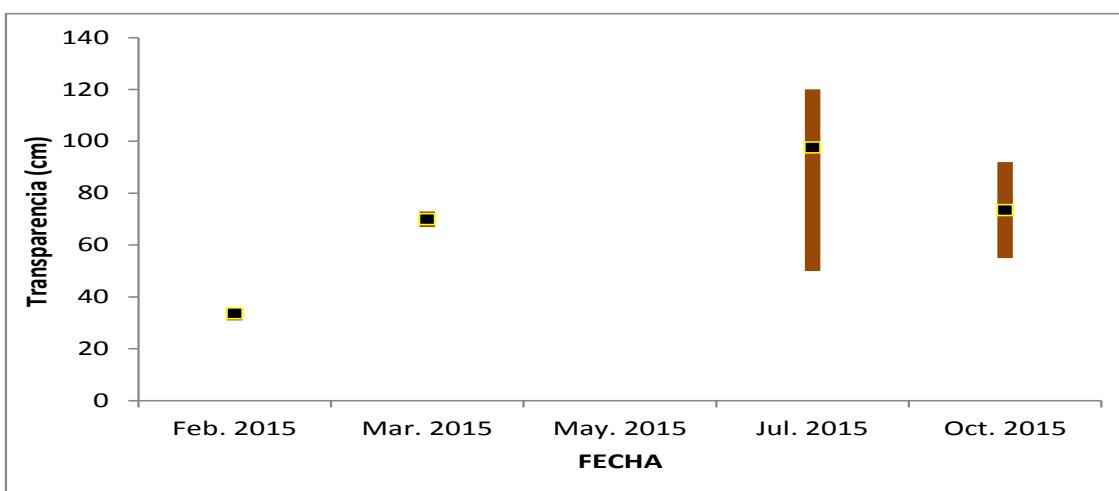


Fig. 19: Variación temporal del rango y promedio de la transparencia en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.6. Turbiedad

La turbiedad del río San Salvador durante 2015 varió entre un mínimo de 3.5 NTU (estación SS4 en julio) y 28.0 NTU (estación SS7 en marzo), con un promedio anual de 11.1 NTU (Anexo1).

Las curvas de promedios son muy similares en ambos años lo que mostraría estabilidad de la turbiedad en el ambiente. La excepción es un gran pico producido en 2014 a consecuencia de una fuerte creciente, con desborde del río. Este alto valor eleva el promedio anual a 44.9 NTU, mientras que eliminando este valor, el promedio de 2014 desciende a 9.0 NTU, valor promedio inferior al de 2015, de 11.1 NTU (Fig. 20).

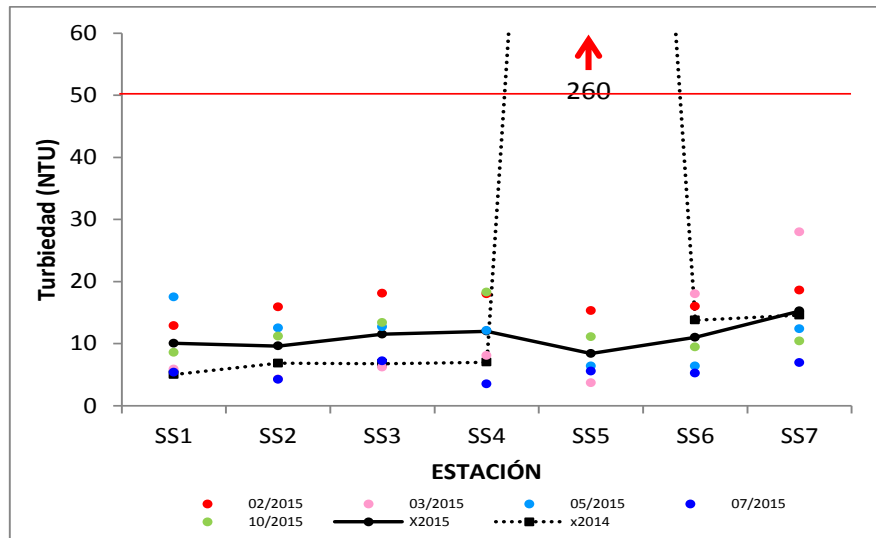


Fig. 20: Variación espacial y temporal de la turbiedad en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de turbiedad para los años 2014 y 2015 respectivamente. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

Espacialmente, se percibe un leve incremento de la turbiedad desde las nacientes hacia la desembocadura. Las medias para cada estación son similares. El rango de variación es similar en todas las estaciones aunque un poco más amplio en las estaciones SS4 y SS7 (Fig. 21)

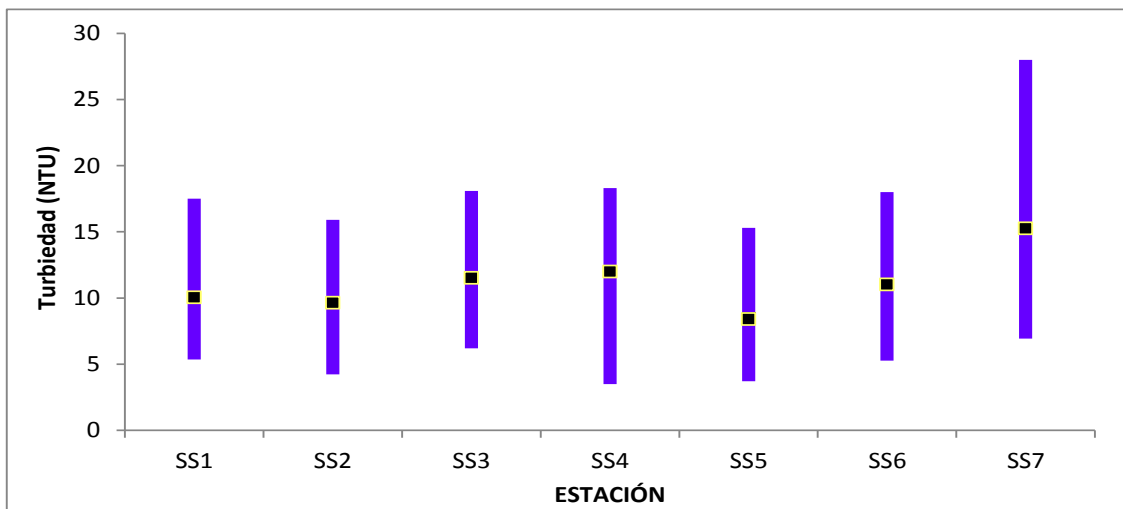


Fig. 21: Rango y promedio de la turbiedad en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

Se percibe una tendencia a encontrar turbiedades más altas en aguas más calientes (Fig. 22)

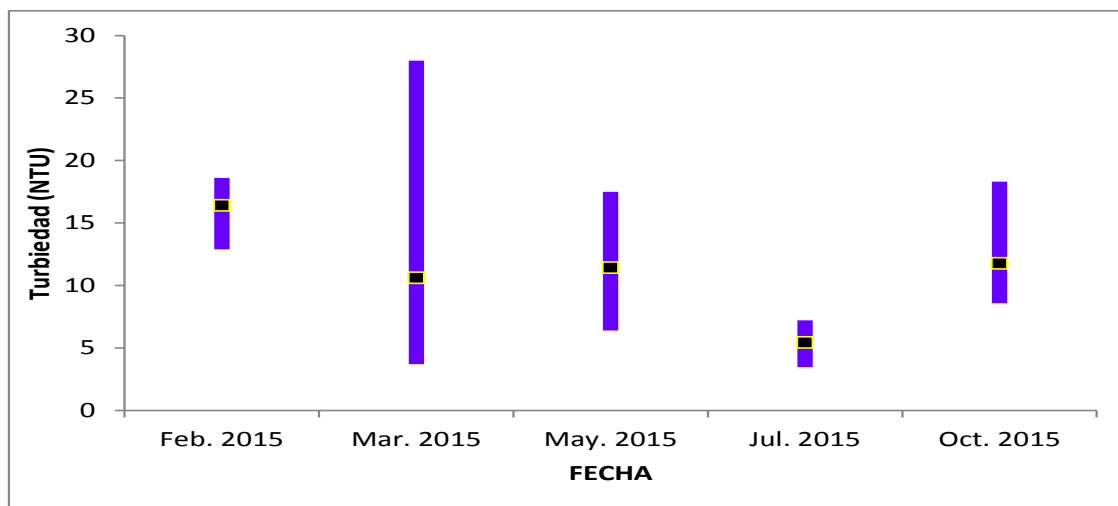


Fig. 22: Variación temporal del rango y promedio de la turbiedad en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

A excepción del notorio aumento de la turbiedad producido por una fuerte crecida, todos los valores registrados son claramente inferiores al estándar fijado.

4.2.7. Nitrógeno Total (Nt)

Durante el 2015, la concentración de Nt en el cauce del San Salvador fluctuó entre un mínimo de 0.8 mg/l (SS1 en marzo) y un máximo de 2.0 mg/l (SS2 en febrero), con un promedio anual de 1.5 mg/l.

La comparación de las curvas de promedios sugiere que en la cuenca alta y media el comportamiento del Nt fue casi opuesto al del año precedente, mientras que en la cuenca baja fue muy similar (Fig. 23). A pesar de las diferencias de distribución, el promedio anual para 2014 fue de 1.4 mg/l, mientras que para 2015 fue de 1.5 mg/l.

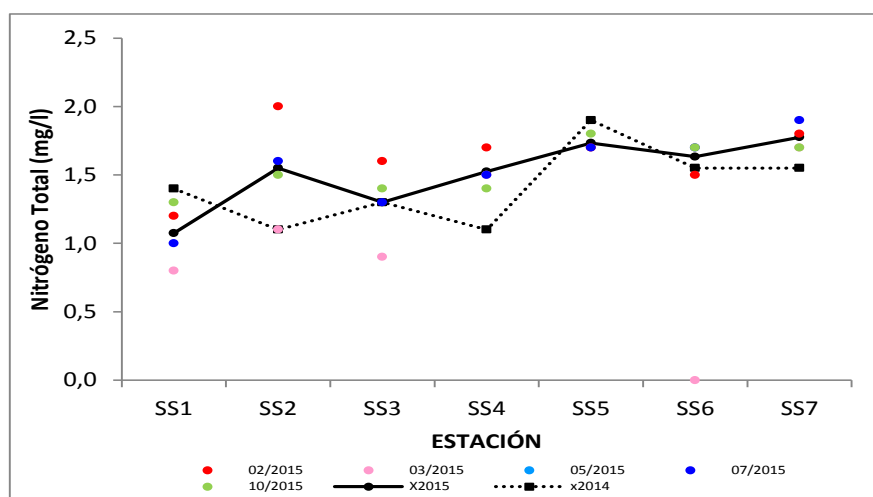


Fig. 23: Variación espacial y temporal del Nt en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio del Nt para los años 2014 y 2015 respectivamente.

La variación espacial del Nt está caracterizada por un claro gradiente desde las nacientes hacia la desembocadura. En las estaciones de la cuenca alta el rango de variación es amplio, mientras que en las estaciones de las cuencas media y baja, el rango de variación es muy bajo (Fig. 24).

La variación temporal del Nt en el río San Salvador no arroja ningún patrón destacable. Tanto los promedios calculados como el rango de variación para cada fecha de muestreo son similares (Fig. 25). Las muestras correspondientes al muestreo de mayo se perdieron en el laboratorio de OSE.

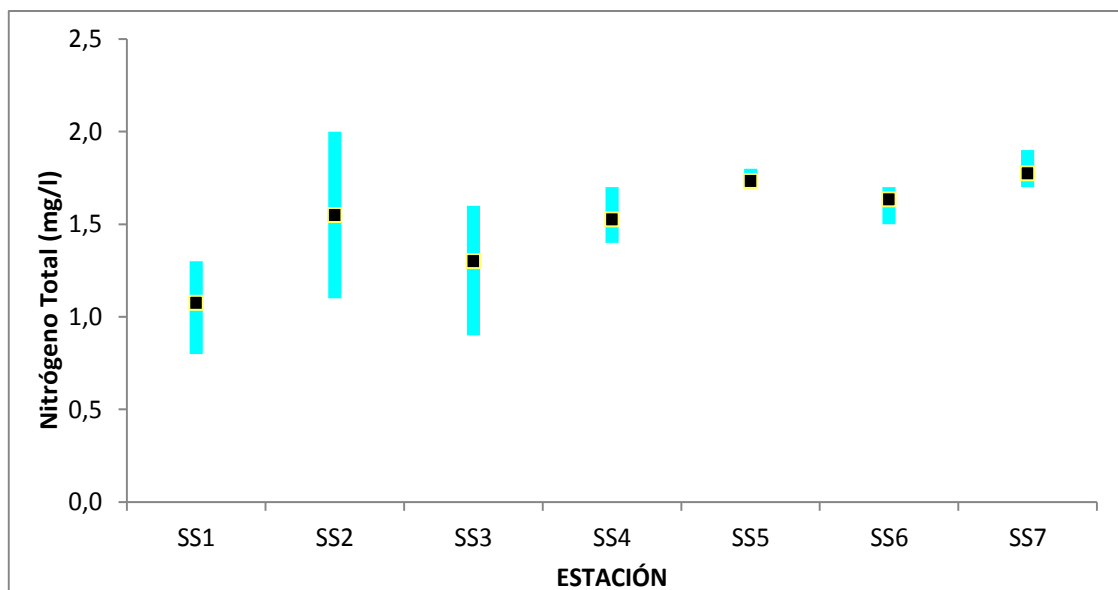


Fig. 24: Rango y promedio del Nt en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

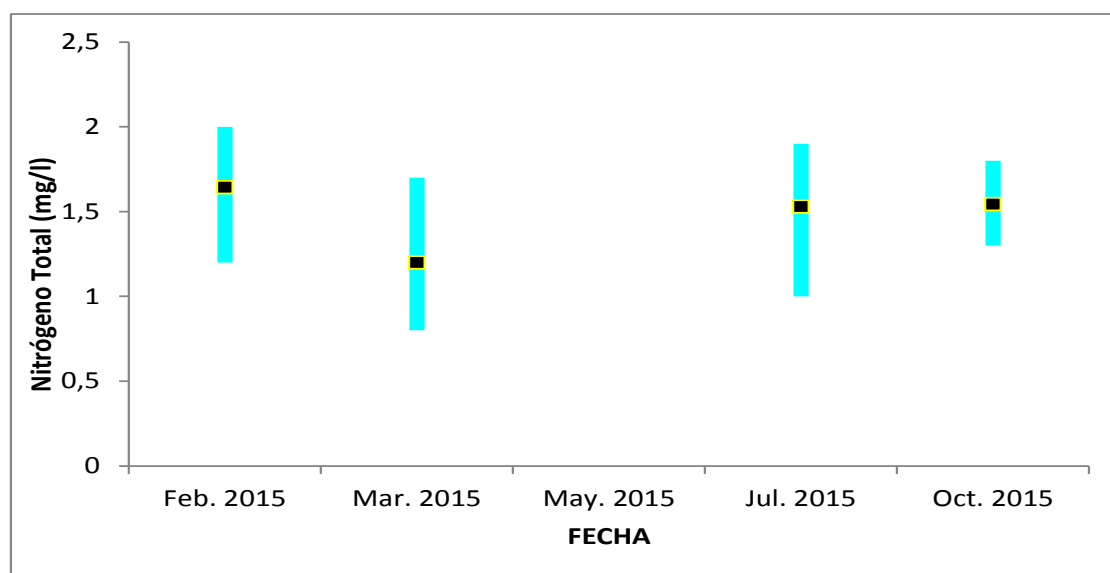


Fig. 25: Variación temporal del rango y promedio del Nt en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.8. Fósforo Total (Pt)

La concentración del Pt en la cuenca del San Salvador durante el año 2015 se ubicó entre un mínimo de 0.07 mg/l (SS1 en marzo) y un máximo de 0.53 mg/l (SS2 en febrero) con un promedio anual de 0.3 mg/l. Este parámetro muestra un comportamiento promedio anual diferente entre 2014 y 2015 (Fig. 26). El promedio de 2014 es de 0.5 mg/l, mientras que el de 2015 es de 0.3 mg/l. La estación SS4 es la única que muestra promedios anuales similares, mientras que la SS5 presenta el máximo promedio para 2014 y muy cercano al mínimo para 2015. Las otras cinco estaciones tienen comportamiento similar.

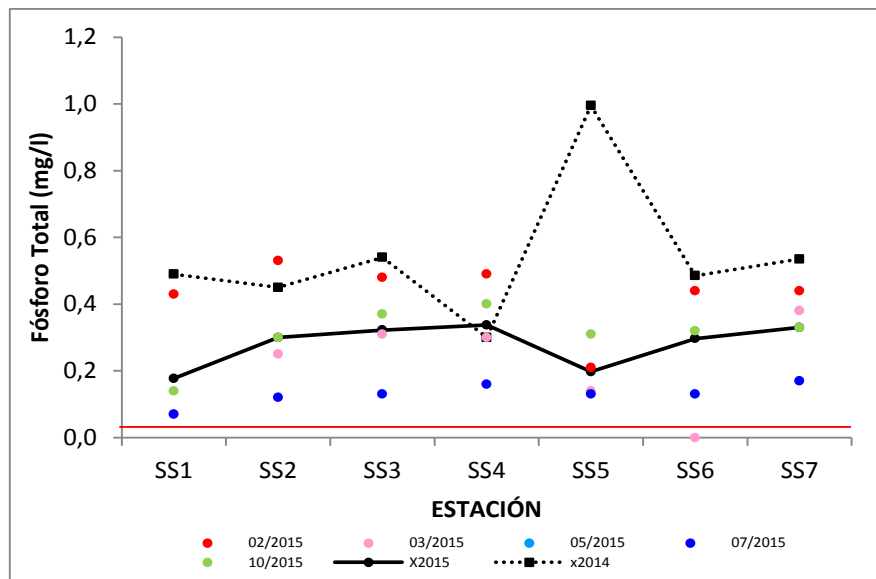


Fig. 26: Variación espacial y temporal del Pt en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio del Pt para los años 2014 y 2015 respectivamente. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

La variación espacial del Pt muestra una tendencia al aumento de concentración desde la cabecera a la desembocadura. En líneas generales se podría separar este aumento entre cuenca alta y media y cuenca baja. Un aumento desde SS1 hasta SS4 (primera porción) y luego un aumento desde SS5 hasta SS7 (Fig. 27). El brusco descenso de concentración entre SS4 y SS5 podría ser adjudicado a la depuración natural del río. La distancia entre estas estaciones es de casi 40 km; es probable que haya aportes menores en ese sector de la cuenca, y que el fósforo sea absorbido por las plantas.

La variación temporal del Pt no muestra un patrón de variación definido (Fig. 28). Sólo puede inferirse menores concentraciones y amplitud de rango en los meses más fríos.

Las concentraciones de Pt en la cuenca del río San Salvador superan ampliamente el estándar fijado en el decreto 253. Incluso, si se considera el valor estándar propuesto por COTAMA (0.07 mg/l para sistemas lénticos), sólo dos valores cumplirían con este estándar.

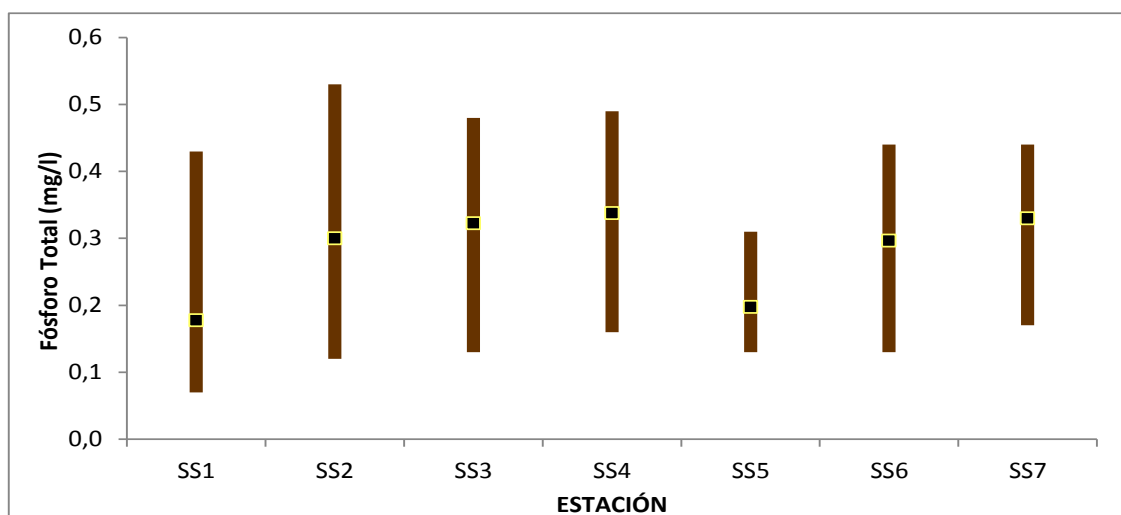


Fig. 27: Rango y promedio del Pt en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

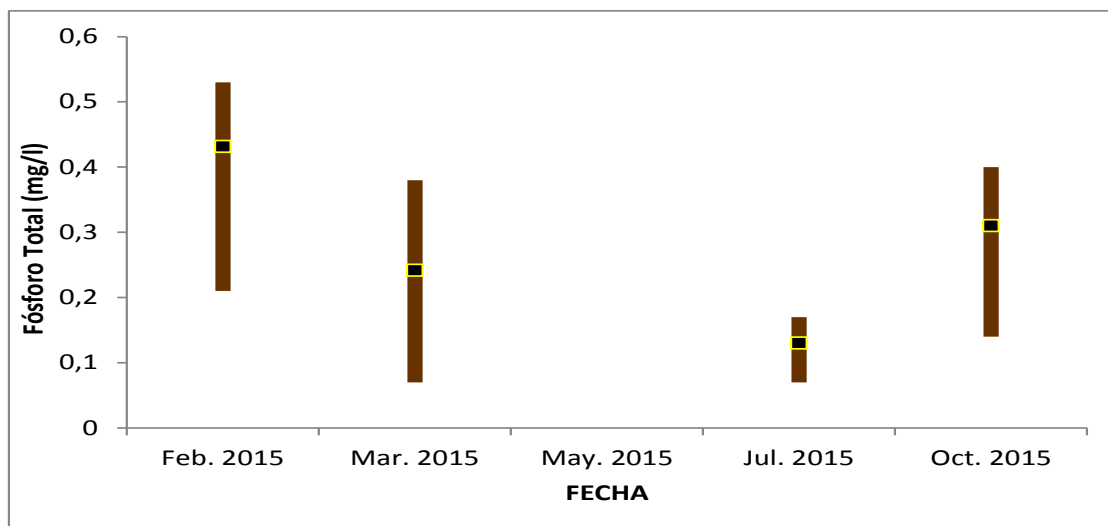


Fig. 28: Variación temporal del rango y promedio del Pt en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.9. TOC (Carbono Orgánico Total)

El TOC en aguas del río San Salvador durante 2015 se observó entre un mínimo de 1.1 mg/l (SS5 en marzo) y un máximo de 19.0 mg/l (SS1 en julio), con un promedio de 8.7 mg/l.

Con pequeñas diferencias, las curvas de promedios de los años 2014 y 2015 son muy similares, manifestando la estabilidad de esta variable en el sistema. A pesar de esta estabilidad, se aprecia un leve incremento de la concentración media de TOC, ya que en 2014 fue de 8.2 mg/l (Fig. 29)

La variación espacial del TOC durante 2015 se caracteriza por un decremento de la concentración desde la cabecera hacia la desembocadura (Fig. 30).

Temporalmente no se detecta ningún patrón de variación (Fig. 31), más allá de un rango de variación más amplio durante el invierno.

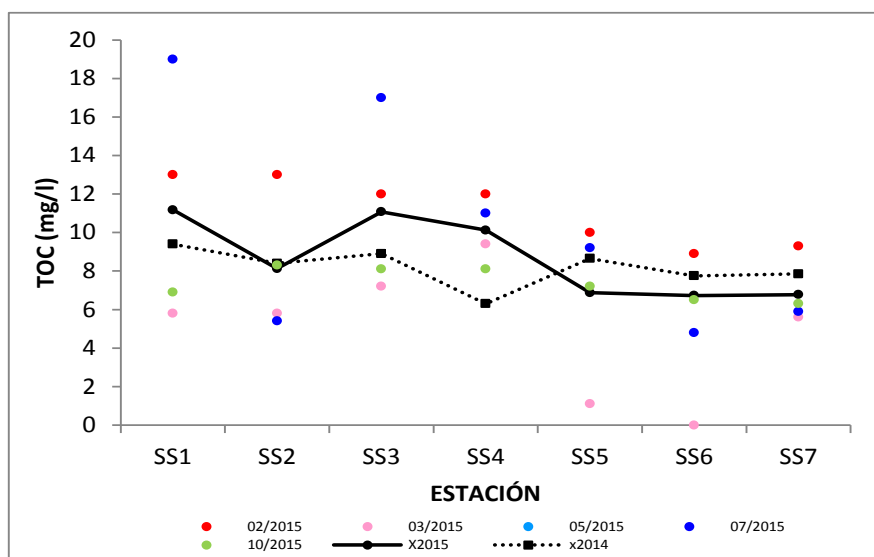


Fig. 29: Variación espacial y temporal del TOC en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio del TOC para los años 2014 y 2015 respectivamente.

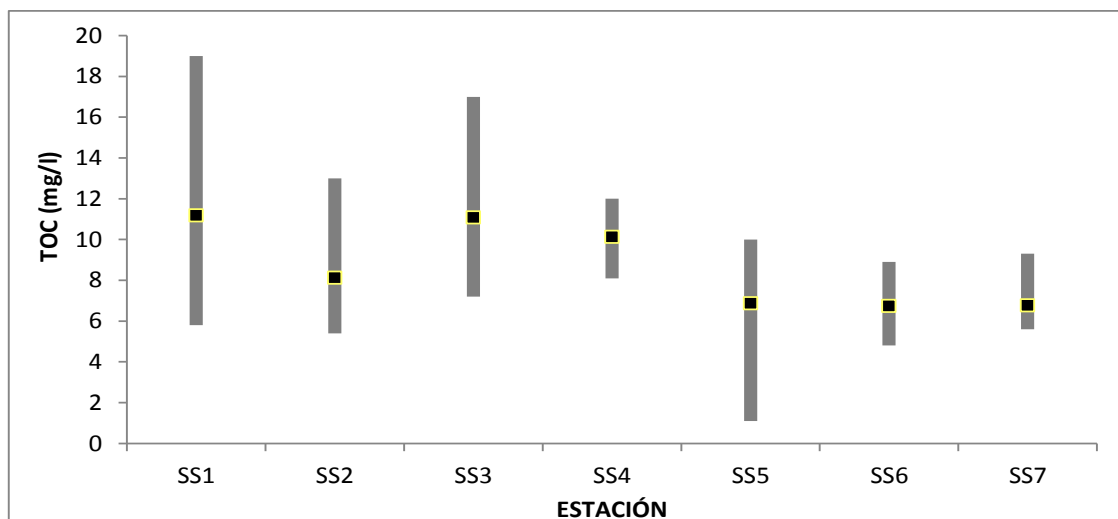


Fig. 30: Rango y promedio del TOC en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

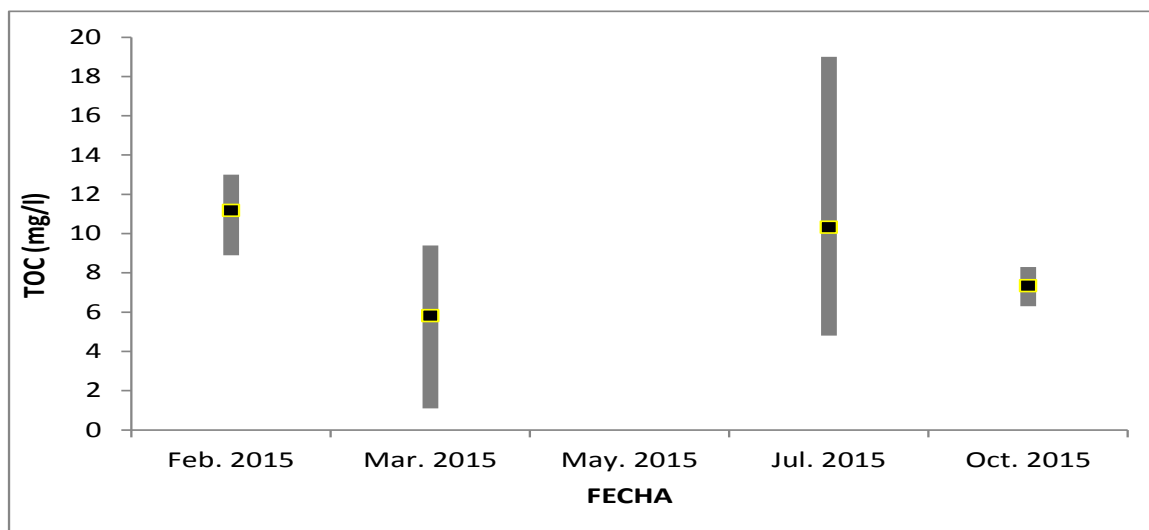


Fig. 31: Variación temporal del rango y promedio del TOC en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.10. Alcalinidad

Los valores extremos de alcalinidad en el río San Salvador fluctuaron entre un mínimo de 187 mg/l (SS3 en octubre) y un máximo de 394 mg/l (SS1 en mayo), con un promedio de 277 mg/l.

Las curvas de promedios de la alcalinidad en 2014 y 2015 muestran que esta variable es estable en el sistema (Fig. 32), teniendo un comportamiento similar en cada estación de muestreo y con medias análogas, de 269.1 mg/l en 2014 y 277.0 mg/l en 2015.

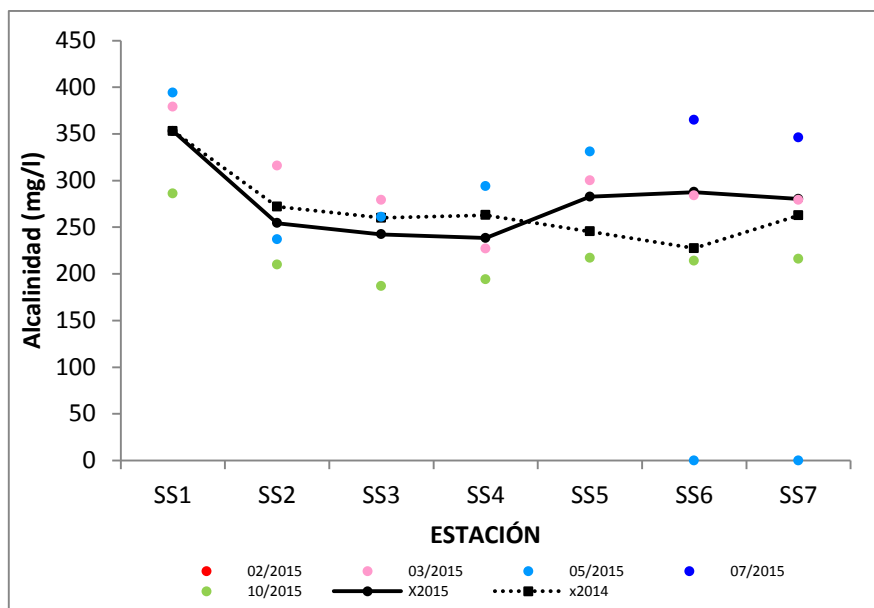


Fig. 32: Variación espacial y temporal de la alcalinidad en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de alcalinidad para los años 2014 y 2015 respectivamente.

La variación espacial de la alcalinidad (Fig. 33), muestra máximas concentraciones en la cuenca alta y mínimas en la cuenca media. El mayor rango de variación se detecta en la cuenca baja.

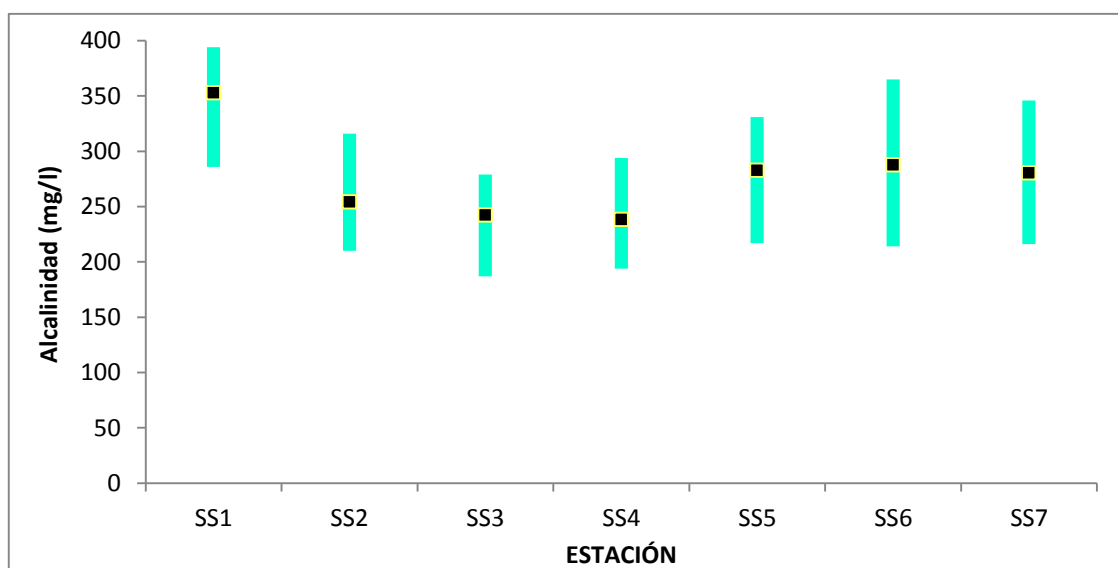


Fig. 33: Rango y promedio de la alcalinidad en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

Temporalmente, la alcalinidad se muestra más estable en aguas frías (Fig. 34).

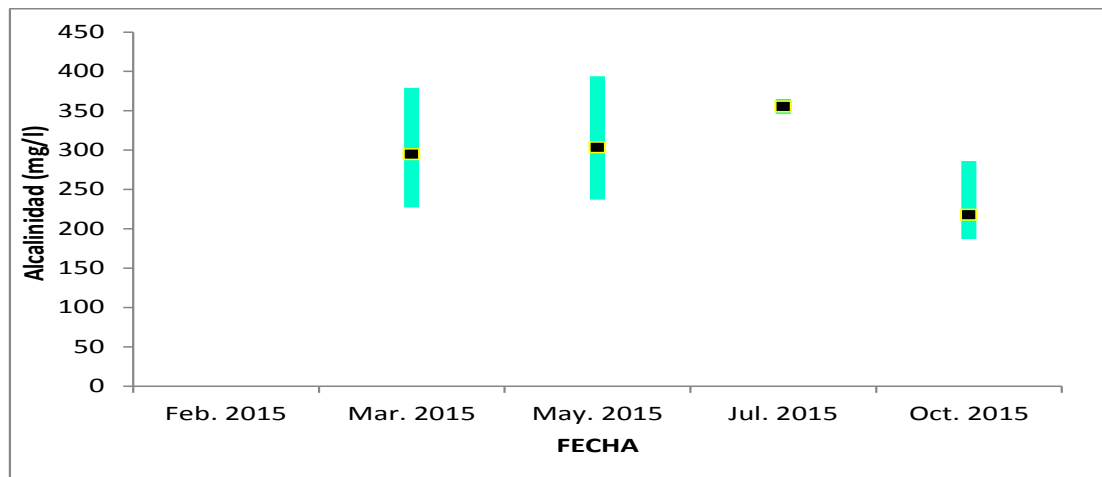


Fig. 34: Variación temporal del rango y promedio de la alcalinidad en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.11. Sólidos

4.2.11.1. Sólidos Totales (ST)

Las concentraciones de ST variaron entre un mínimo de 207 mg/l (SS7 en febrero) y un máximo de 750 mg/l (SS1 en marzo), con un promedio anual de 457.3 mg/l.

Las curvas de promedios de 2014 y 2015 muestran un comportamiento similar de los ST, a excepción de un punto inusualmente alto producido durante 2014 a consecuencia de una fuerte crecida (Fig. 35). El promedio anual es mayor en 2014 (473.5 mg/l) que en 2015 (457.3 mg/l).

Se percibe una leve declinación de la concentración de ST desde la cabecera hacia la desembocadura (Fig. 36). Más allá de esa disminución, las medias son similares en las siete estaciones, así como la amplitud del rango de variación.

La variación temporal de los ST es dependiente del flujo del río, por lo que no presenta un patrón característico. A pesar de esto, se aprecia un menor rango de variación en las aguas más frías (Fig. 37).

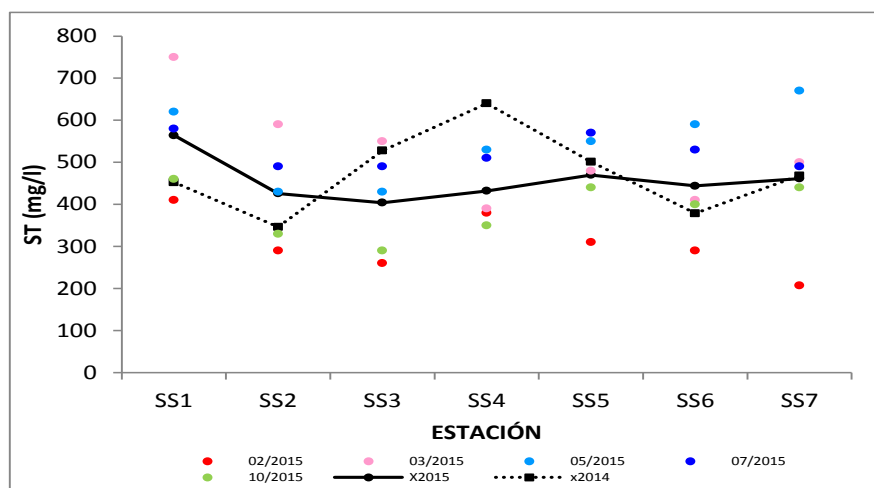


Fig. 35: Variación espacial y temporal de los ST en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de ST para los años 2014 y 2015 respectivamente.

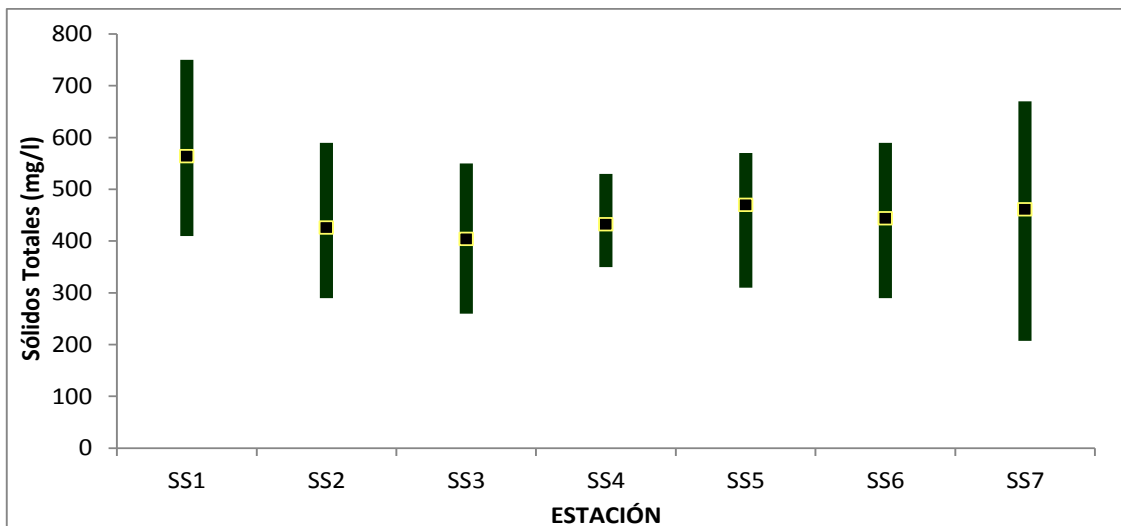


Fig. 36: Rango y promedio de los ST en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

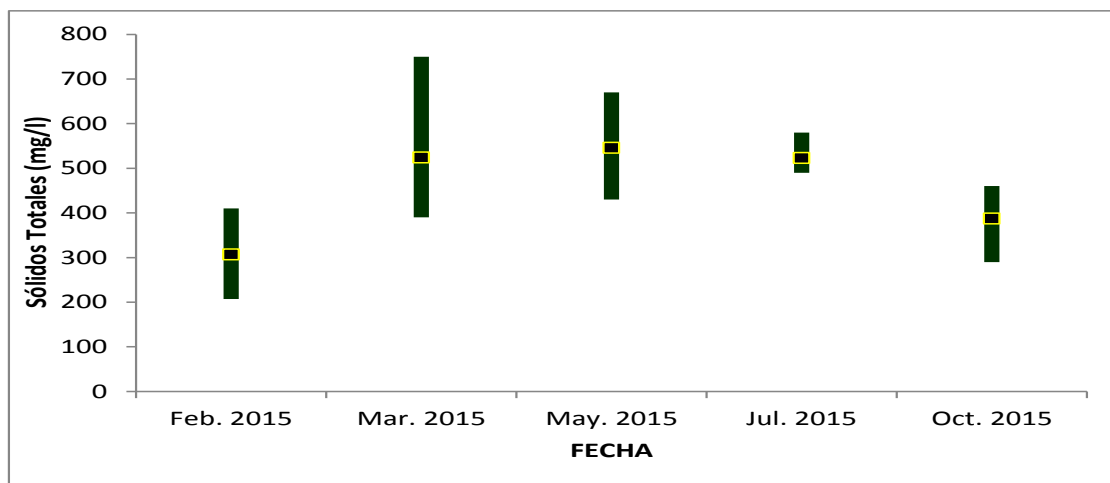


Fig. 37: Variación temporal del rango y promedio de los ST en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.11.2. Sólidos Totales Fijos (STF)

La variación de los STF fue caracterizada por un mínimo de 150 mg/l en 3 sitios (SS3, SS4 y SS5 en febrero) y un máximo de 460 mg/l (SS1 en julio), con un promedio de 288.3 mg/l.

El año 2015 muestra estabilidad en la concentración de STF a lo largo de la cuenca, mientras que en 2014 la misma fue fluctuante. Asimismo, la concentración de STF fue mayor durante 2014, con medias calculadas de 399 mg/l (2014) y 288 mg/l (2015) (Fig. 38).

Espacialmente, se observan las máximas concentraciones en la estación SS1, con mínimas en la cuenca media y valores intermedios en la cuenca baja (Fig. 39).

A diferencia de los ST, los STF muestran un rango de variación más amplio en los muestreos con aguas frías. No se aprecia un patrón de variación temporal característico (Fig. 40).

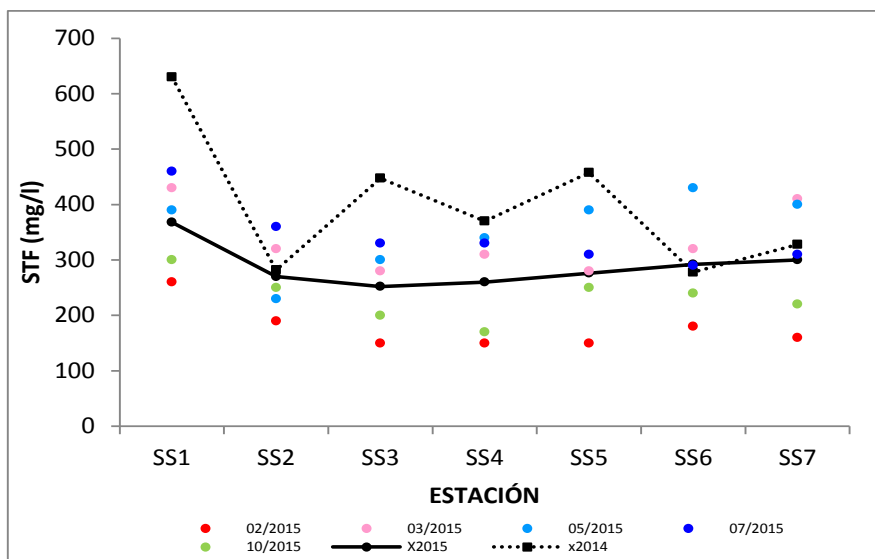


Fig. 38: Variación espacial y temporal de los STF en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de STF para los años 2014 y 2015 respectivamente.

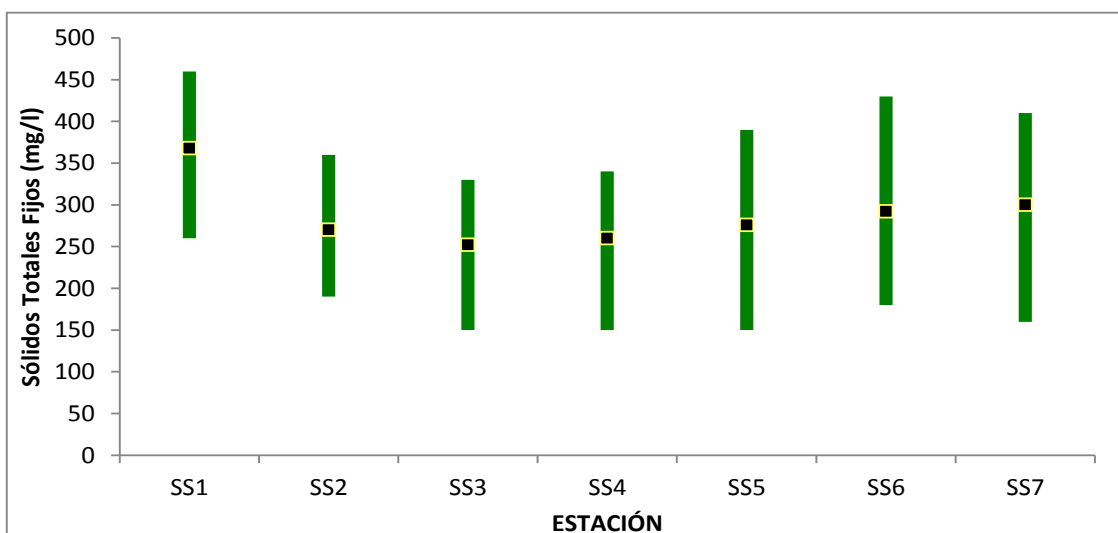


Fig. 39: Rango y promedio de los STF en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

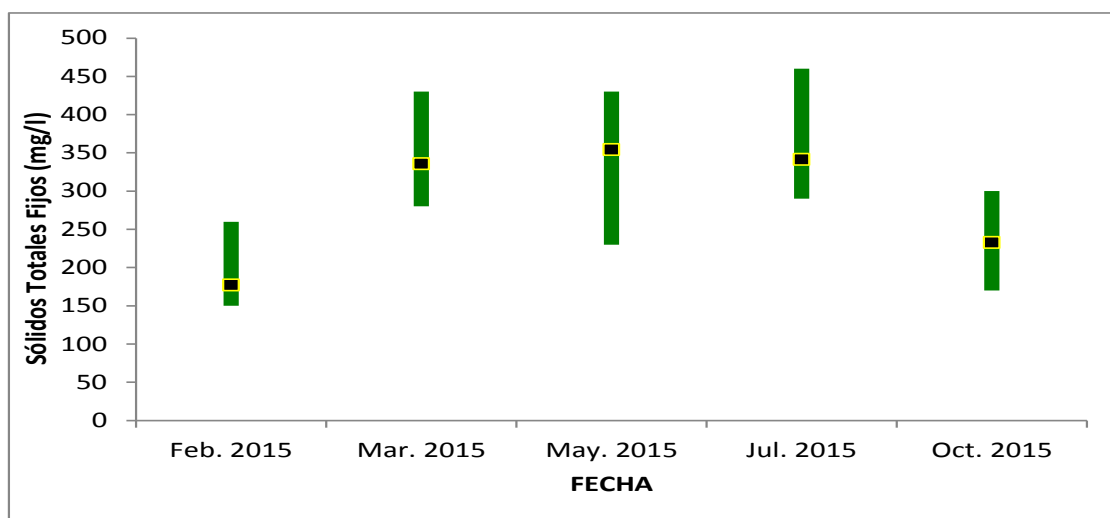


Fig. 40: Variación temporal del rango y promedio de los STF en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.11.3. Sólidos Totales Volátiles (STV)

Los STV del río San Salvador durante 2015 variaron entre un mínimo de 75 mg/l (SS4 en marzo) y un máximo de 320 mg/l (SS1 en marzo), con un promedio anual de 170.3 mg/l en toda la cuenca.

A pesar de la apariencia del gráfico (Fig. 41) los promedios calculados para 2014 y 2015 son muy similares (168.3 mg/l y 170.3 mg/l respectivamente). Las curvas de promedios son muy similares, a excepción de un punto (SS4) en 2014.

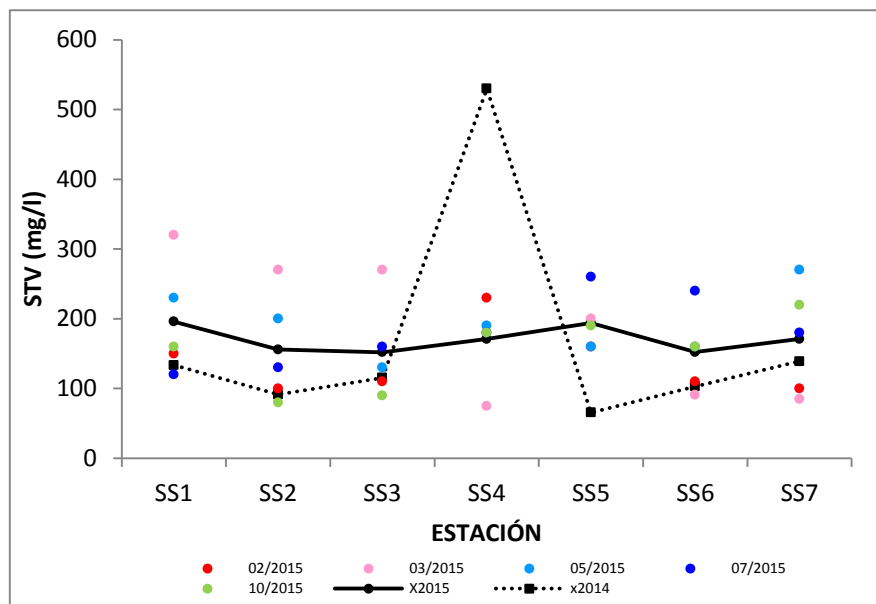


Fig. 41: Variación espacial y temporal de los STV en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de STV para los años 2014 y 2015 respectivamente.

Espacialmente se aprecia, como en los demás sólidos totales, las mayores concentraciones en la estación SS1 y, en líneas generales, un leve descenso de la concentración desde la cabecera hacia la desembocadura. Las amplitudes de variación son mayores en las estaciones de la cuenca alta (Fig. 42).

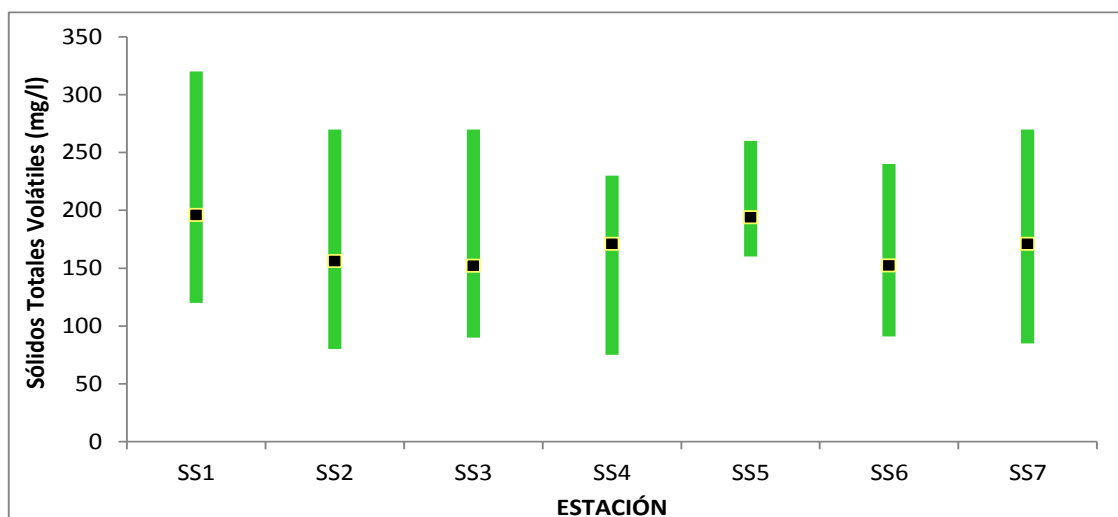


Fig. 42: Rango y promedio de los STV en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

La variación temporal de los STV a lo largo del 2015 no presenta ningún patrón discernible (Fig. 43).

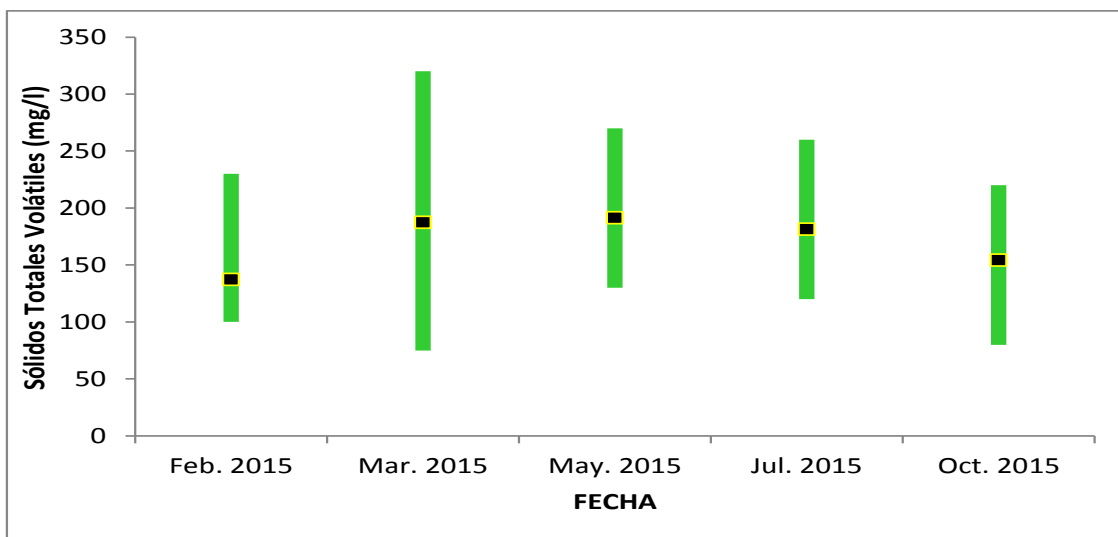


Fig. 43: Variación temporal del rango y promedio de los STV en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.11.4. Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Los SDT fluctuaron entre un mínimo de 278 mg/l (SS4 en octubre) y un máximo de 666 mg/l (SS6 en febrero), con un promedio de 409.6 mg/l.

Las variaciones de los SDT en el curso principal del San Salvador son similares en 2014 y 2015. En la porción alta y la media los promedios calculados para ambos años son muy cercanos. En la porción baja se observa mayores concentraciones de SDT en 2015 (Fig. 44). Los promedios anuales calculados fueron 324.8 mg/l en 2014 y 409.6 mg/l en 2015.

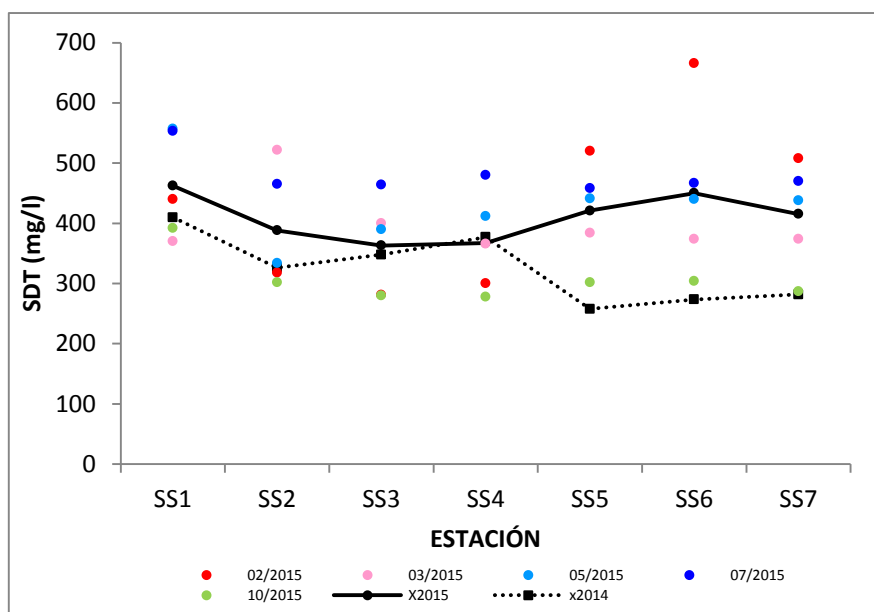


Fig. 44: Variación espacial y temporal de los SDT en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de SDT para los años 2014 y 2015 respectivamente.

Si bien con una variación no muy evidente, los SDT muestran promedios más altos en las porciones alta y baja de la cuenca, mientras que en la porción media las concentraciones son más bajas (Fig. 45). Los rangos de variación son de mayor amplitud en la cuenca baja.

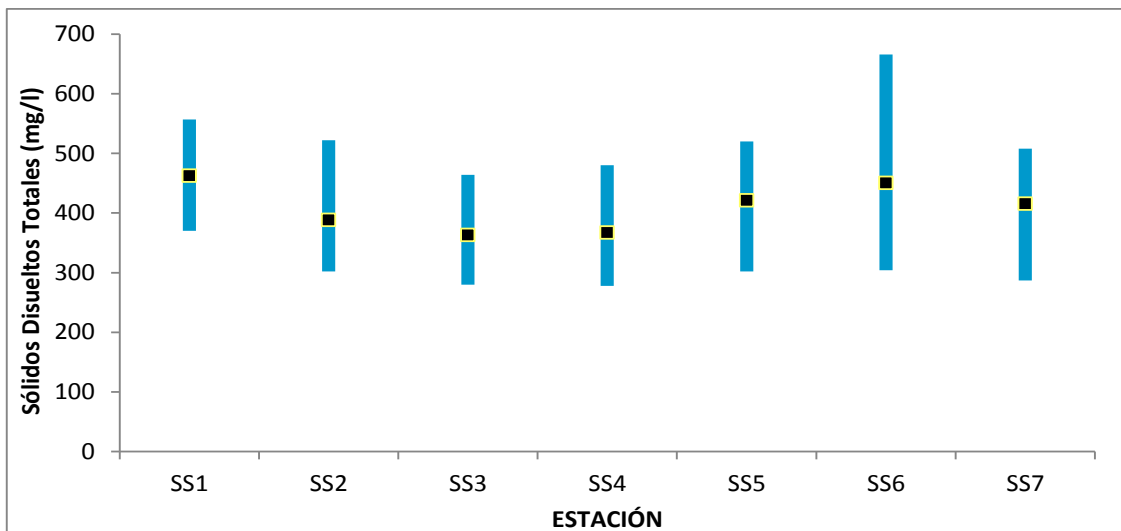


Fig. 45: Rango y promedio de los SDT en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

Los muestreos realizados durante 2015 no muestran ningún ciclo de variación. Por el contrario, las medias son muy similares en los 5 muestreos mostrando, como única diferencia, una mayor amplitud del rango de variación con agua más caliente (Fig. 46).

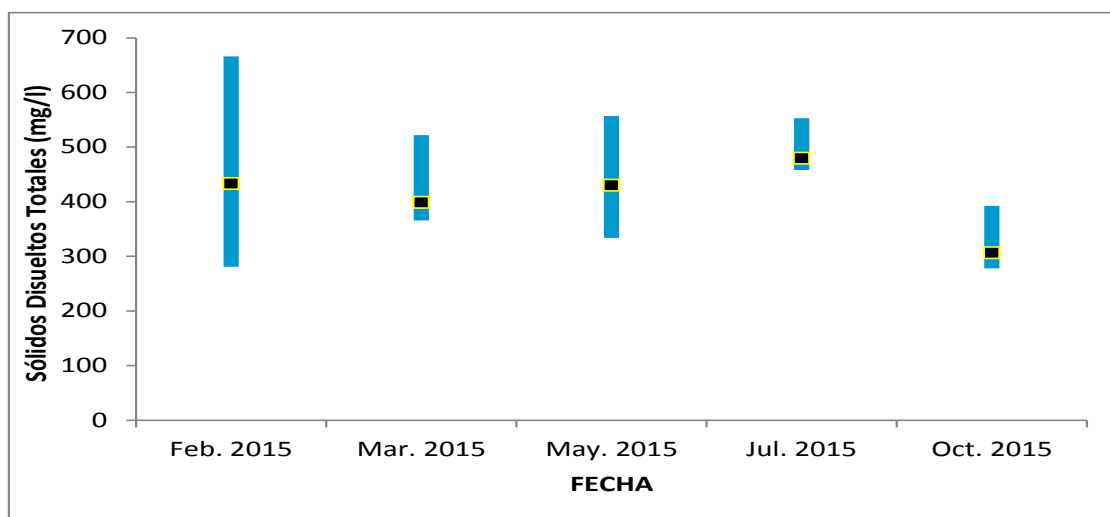


Fig. 46: Variación temporal del rango y promedio de los SDT en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.11.5. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Las concentraciones de SST en el río San Salvador durante 2015 son constantes, mostrando mínimos por debajo del límite de la técnica utilizada (3.1 mg/l, SS2 y SS3 en julio) y un máximo de 57 mg/l (SS7 en marzo), con un promedio anual de 9.9 mg/l.

A excepción de un punto observado en 2014, las curvas de variación anual son paralelas y casi idénticas (Fig. 47). Esa elevada concentración, producto de una fuerte crecida, eleva el promedio del año 2014 a 51.5 mg/l, mientras que el promedio de 2015 es de 9.9 mg/l.

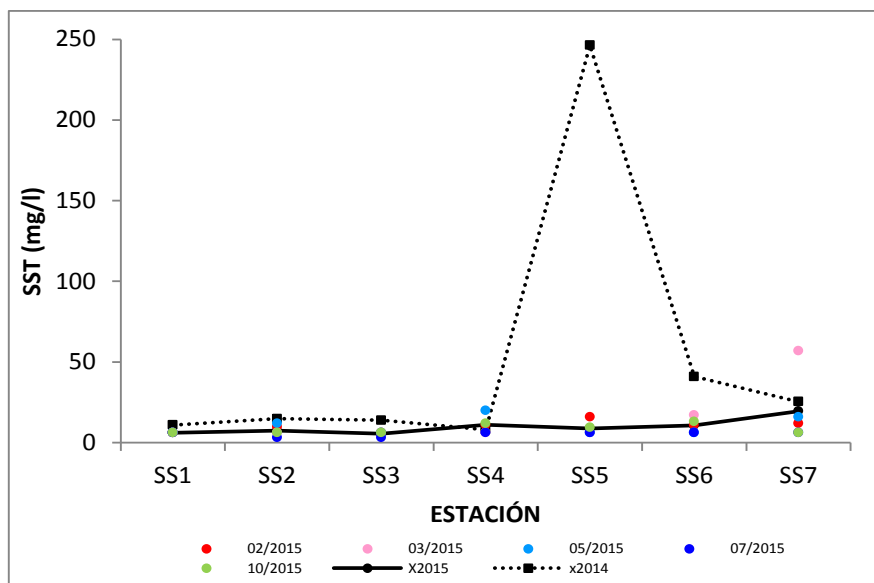


Fig. 47: Variación espacial y temporal de los SST en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de SST para los años 2014 y 2015 respectivamente.

La distribución espacial de los SST revela un incremento de la concentración desde la cabecera hacia la desembocadura. En la estación SS7, se observa el más amplio rango de variación (Fig. 48).

La variación temporal es poco significativa, con promedios similares en los cinco muestreos. En el mes de julio se aprecia el promedio más bajo y el menor rango de variación, mientras que en marzo ocurre el promedio más alto y el más amplio rango de variación (Fig. 49).

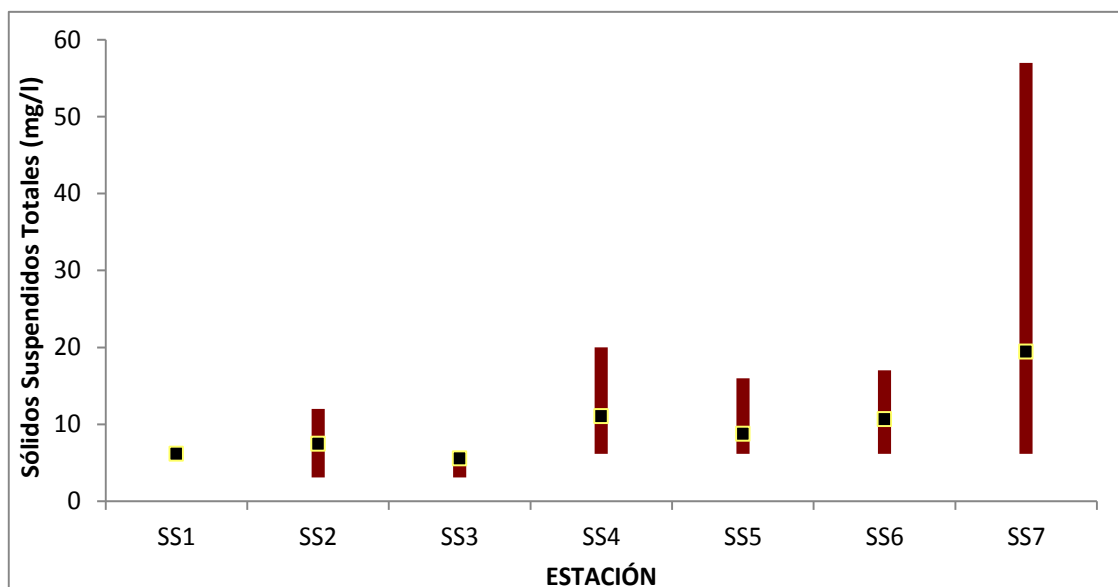


Fig. 48: Rango y promedio de los SST en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

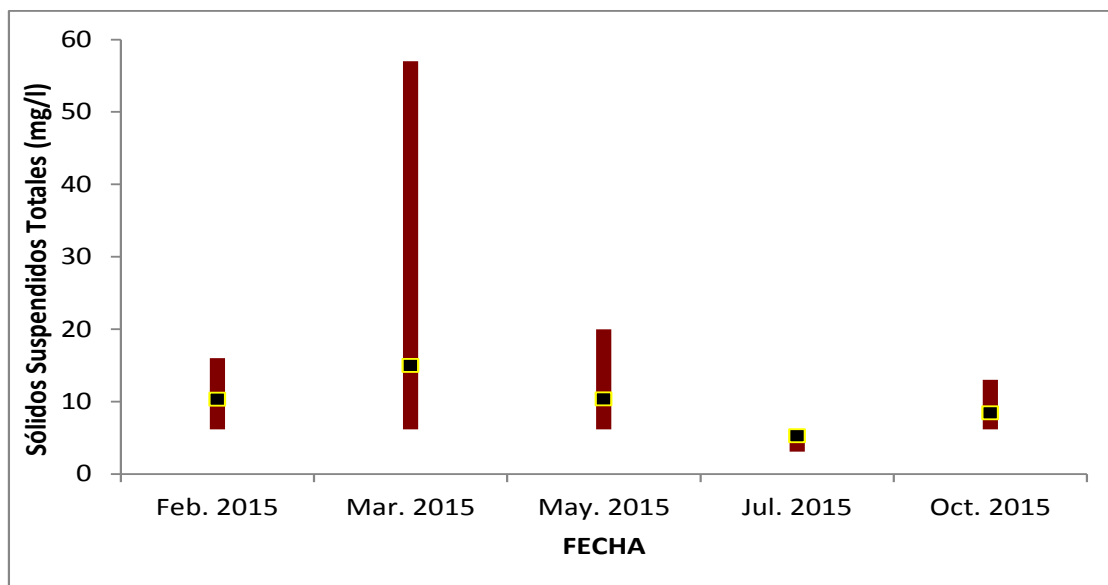


Fig. 49: Variación temporal del rango y promedio de los SST en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.11.6. Sólidos Suspendedos Fijos (SSF)

Los valores de SSF en general son bajos, coincidiendo la mayor parte de las medidas con el límite de detección de la técnica analítica o situándose por debajo del límite de cuantificación. Más precisamente, sólo 5/35 medidas arrojaron valores detectables por la técnica. El máximo registrado fue de 42 mg/l (SS7 en marzo), siendo el promedio de 6.8 mg/l; promedio inferior al límite de cuantificación analítico. Las curvas de promedios son muy similares entre ambos años, a excepción de las estaciones SS5 y SS6, que en 2014 presentan promedios muy elevados a consecuencia de crecidas con desborde del río (Fig. 50).

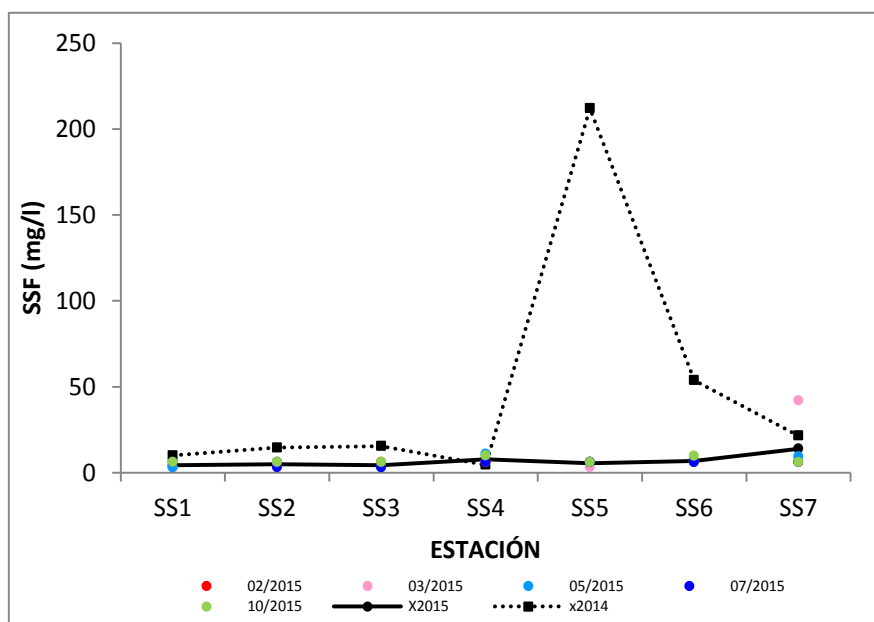


Fig. 50: Variación espacial y temporal de los SSF en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de SSF para los años 2014 y 2015 respectivamente.

La variación espacial de los SSF en la cuenca del río San Salvador durante 2015 muestra una tendencia al aumento desde las nacientes hacia la desembocadura (Fig. 51), con mayores concentraciones y rango de variación en la estación SS7.

La variación temporal de los SSF muestra estabilidad de las concentraciones a lo largo del año, con promedios de concentración similares en los cinco muestreos desarrollados y sólo mostrando un punto máximo en marzo, en situación de estiaje (Fig. 52), aumento que se detecta sólo en la estación SS7.

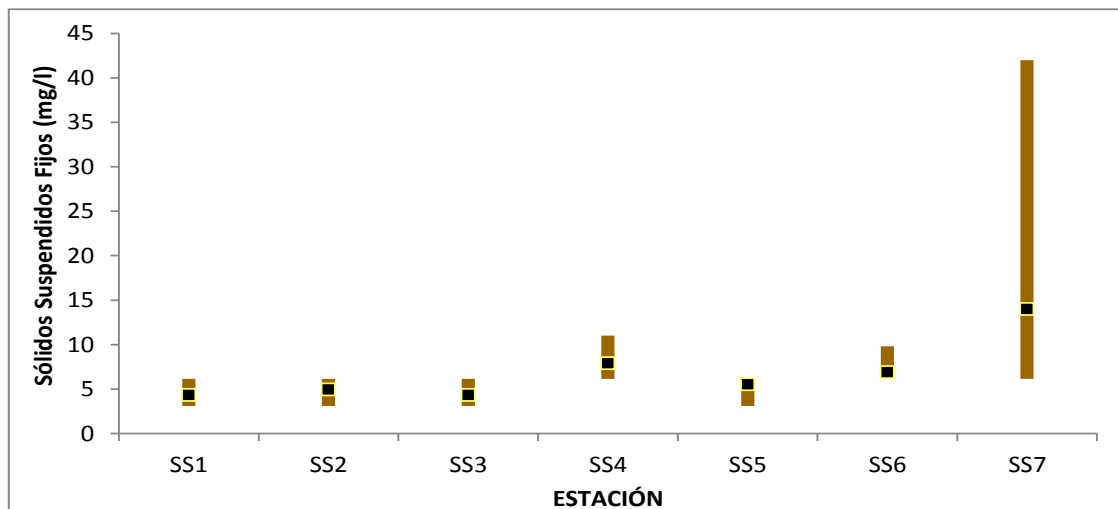


Fig. 51: Rango y promedio de los SSF en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

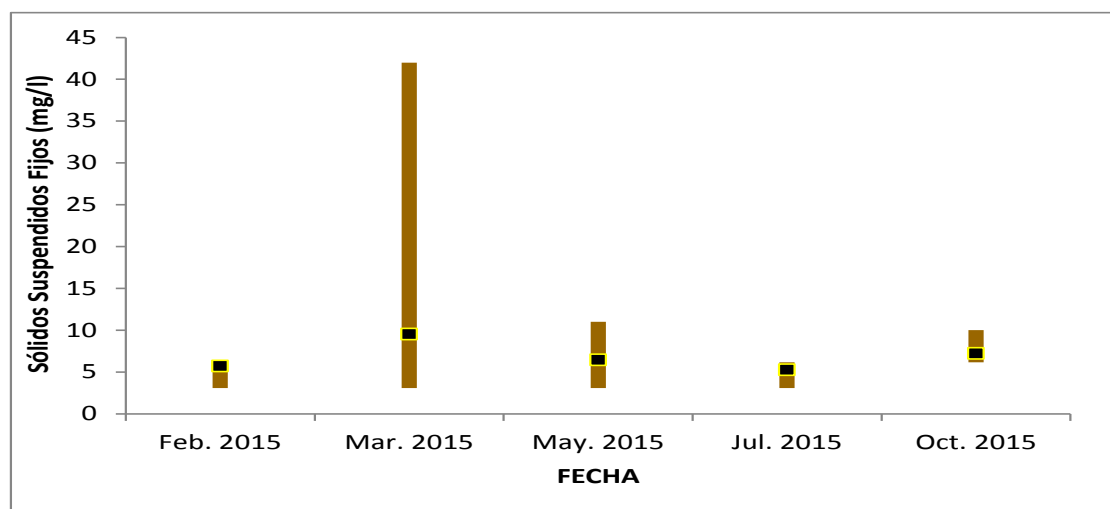


Fig. 52: Variación temporal del rango y promedio de los SSF en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.11.7. Sólidos Suspendedos Volátiles (SSV)

Las concentraciones de SSV son siempre bajas. Los mínimos se encuentran siempre por debajo del límite de detección de la técnica (3.1 mg/l). Los máximos, por su parte, se observan en valores por debajo del límite de cuantificación de la técnica (9.2 mg/l), superando ese umbral sólo en tres oportunidades (SS4 en mayo (9.4 mg/l), SS5 en febrero (10 mg/l) y SS7 en marzo (15 mg/l).

Las curvas de promedios muestran un perfil muy similar en ambos años, con la excepción de la estación SS5 en 2014, producto de una situación particular de inundación (Fig. 53).

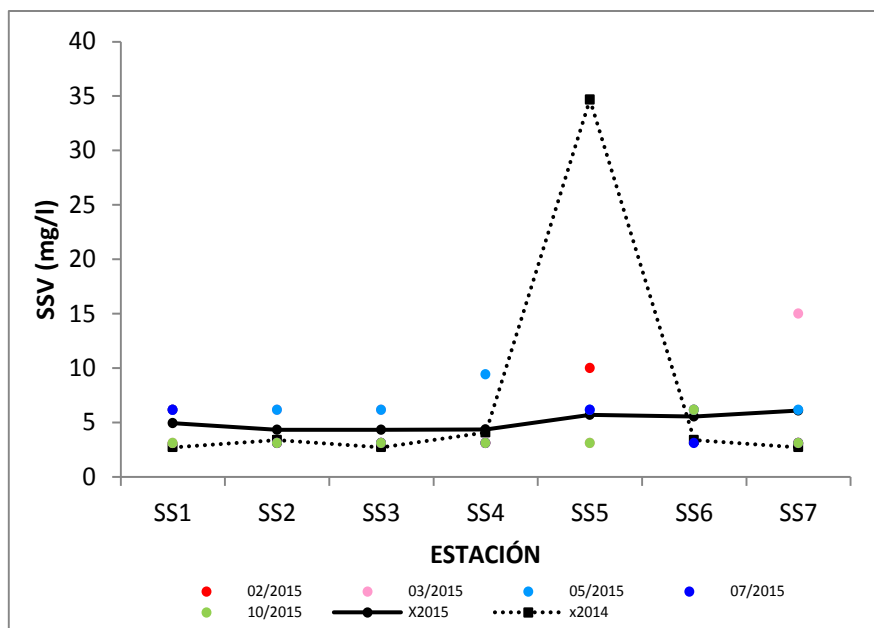


Fig. 53: Variación espacial y temporal de los SSV en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de SSV para los años 2014 y 2015 respectivamente.

La variación espacial de los SSV durante el año 2015 es escasa, mostrando promedios similares en las 7 estaciones consideradas. A pesar de esta uniformidad, se percibe una tendencia al aumento de concentraciones a lo largo del curso principal del río. En las estaciones SS4, SS5 y, fundamentalmente, SS7 se aprecia un rango de variación más amplio (Fig. 54).

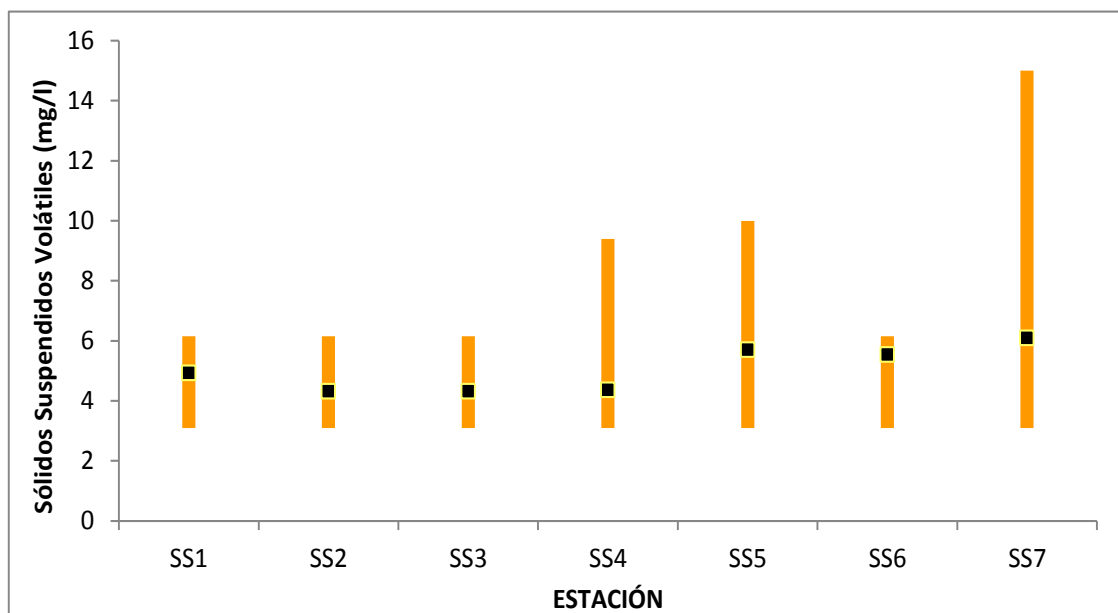


Fig. 54: Rango y promedio de los SSV en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

La variación temporal de los SSV sólo revela un mayor rango de variación en los meses estivales (Fig. 55). Los promedios de concentración son similares a lo largo del año.

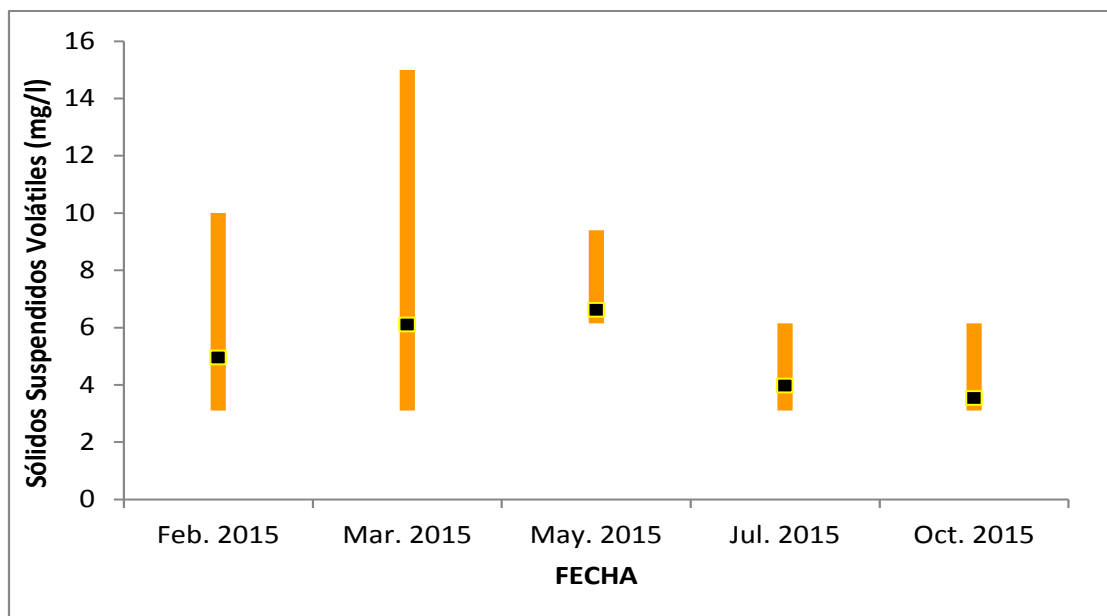


Fig. 55: Variación temporal del rango y promedio de los SSV en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.12. Variables Biológicas

4.2.12.1. Clorofila α

Durante el año 2015, las concentraciones de clorofila α en el río San Salvador variaron entre un mínimo de 0.1 $\mu\text{g/l}$ en tres oportunidades (SS4 en octubre, SS6 y SS7 en febrero), -valores coincidentes con el LC de la técnica- y un máximo de 46.1 $\mu\text{g/l}$ en julio. El promedio anual de clorofila fue de 4.3 $\mu\text{g/l}$.

Las curvas de promedios muestran variaciones muy similares en ambos años, aunque con valores mayores en 2015 (Fig. 56). Los promedios anuales de clorofila α fueron de 2.0 y 4.3 $\mu\text{g/l}$ para 2014 y 2015 respectivamente, indicando un aumento en la cuenca durante 2015. Sin embargo, cabe destacar las muy bajas concentraciones de clorofila α registradas en ambos años de muestreo en las estaciones SS2, SS3 y SS4.

La distribución espacial de la clorofila en el cauce principal del río San Salvador marca diferentes regiones: dos zonas de mayor productividad primaria; una en la estación SS1 y otra en las estaciones SS5 y SS6; y dos zonas de muy escasa productividad primaria: una en la estación SS7 y la otra entre las estaciones SS2 y SS4 (Fig. 57).

Las fluctuaciones temporales de la clorofila α están marcadas por un aumento drástico de concentración durante el mes de julio (Fig. 58). Este fuerte aumento se produce simultáneamente en las estaciones SS1, SS5 y SS6, con picos de concentración muy similares.

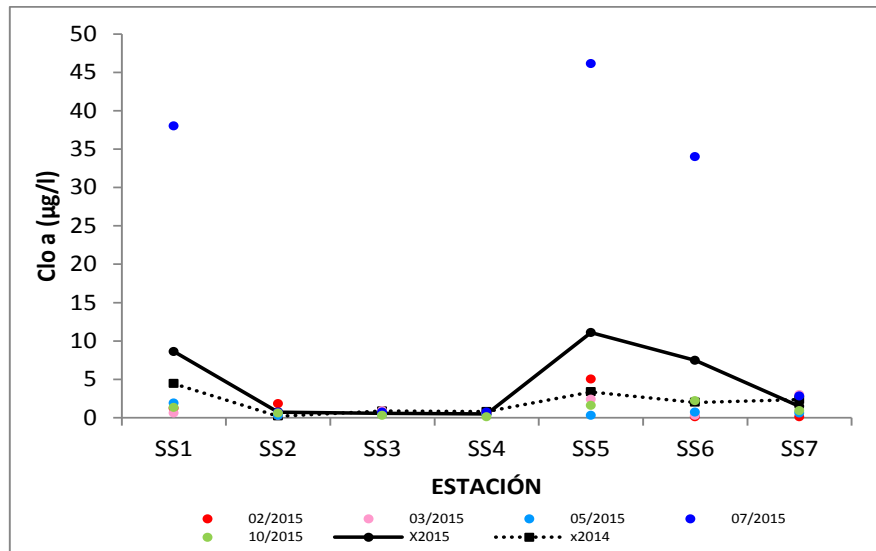


Fig. 56: Variación espacial y temporal de la clorofila *a* en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de clorofila *a* para los años 2014 y 2015 respectivamente.

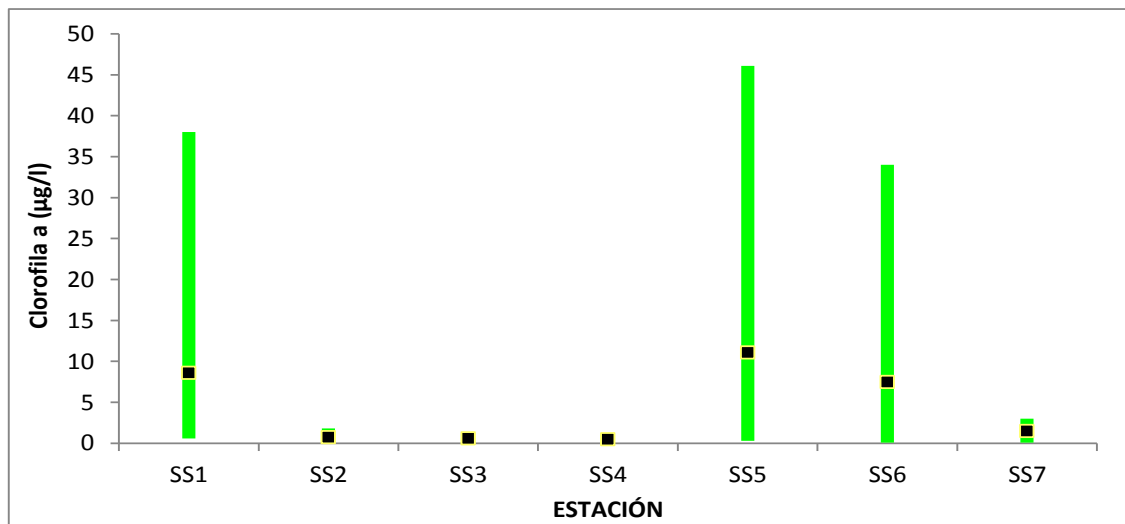


Fig. 57: Rango y promedio de la clorofila *a* en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

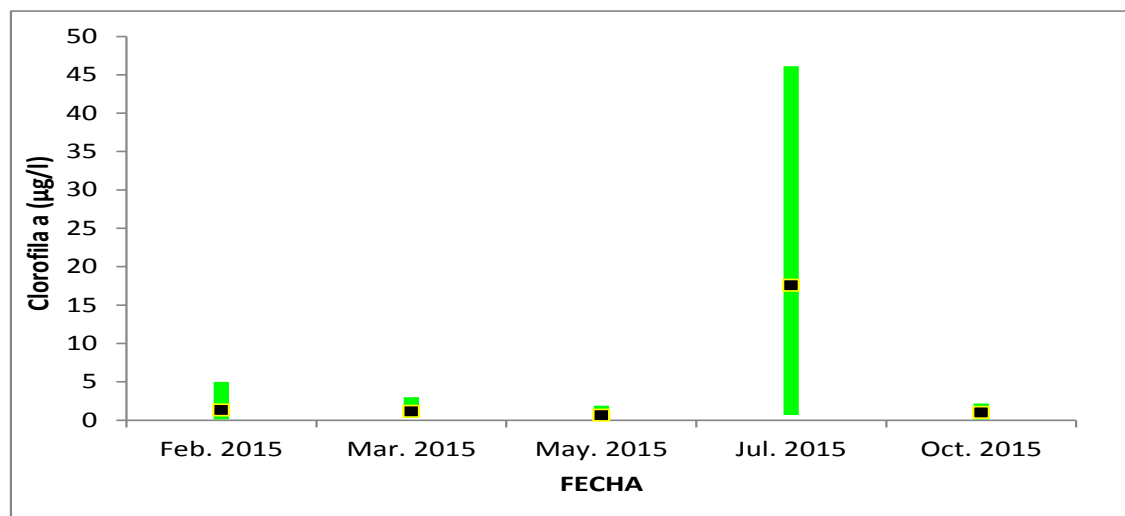


Fig. 58: Variación temporal del rango y promedio de la clorofila *a* en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.12.2. Feofitina α

Las variaciones de la feofitina α en el río San Salvador durante el 2015, se encuentran entre un mínimo de 0.1 $\mu\text{g/l}$ (SS3 en febrero, SS4 en febrero y octubre y SS6 en mayo) y un máximo de 16.8 $\mu\text{g/l}$ (SS5 en marzo). El promedio anual de la feofitina α en el río San Salvador en 2015 fue de 3.9 $\mu\text{g/l}$.

Las curvas de promedios de ambos años muestran un perfil similar, incluso con coincidencia en varias estaciones (Fig. 59). En las estaciones que muestran diferencias de concentración, los valores son mayores en 2015, lo que se refleja en los promedios anuales (2.9 $\mu\text{g/l}$ en 2014 y 3.9 $\mu\text{g/l}$ en 2015)

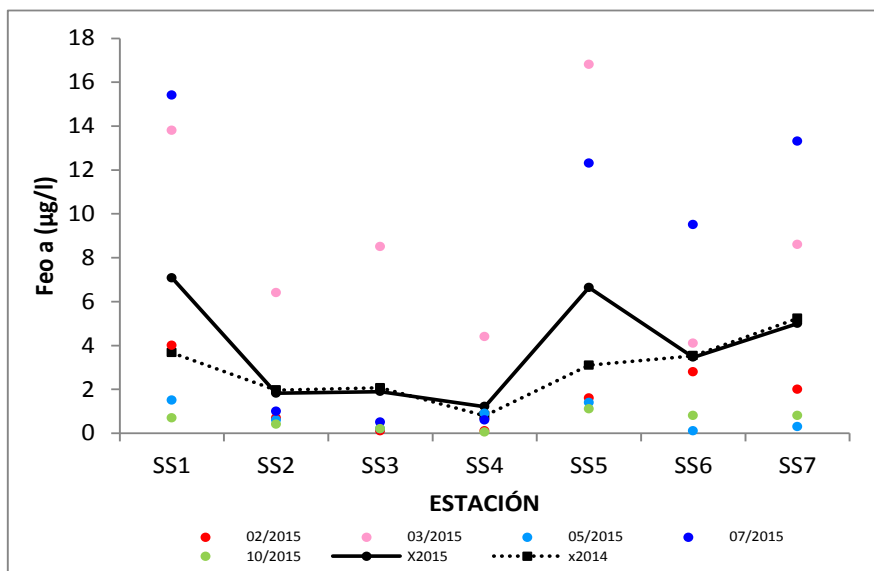


Fig. 59: Variación espacial y temporal de la feofitina α en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de feofitina α para los años 2014 y 2015 respectivamente.

Siendo producto de degradación de la clorofila es esperable que la distribución espacial de la feofitina en la cuenca sea semejante. Así, se perciben las diferentes regiones que caracterizan la distribución de la clorofila: mayores concentraciones de feofitina en las estaciones SS1 y de SS5 a SS7. Las menores concentraciones, se dan, nuevamente, en las estaciones SS2 a SS4 (Fig. 60)

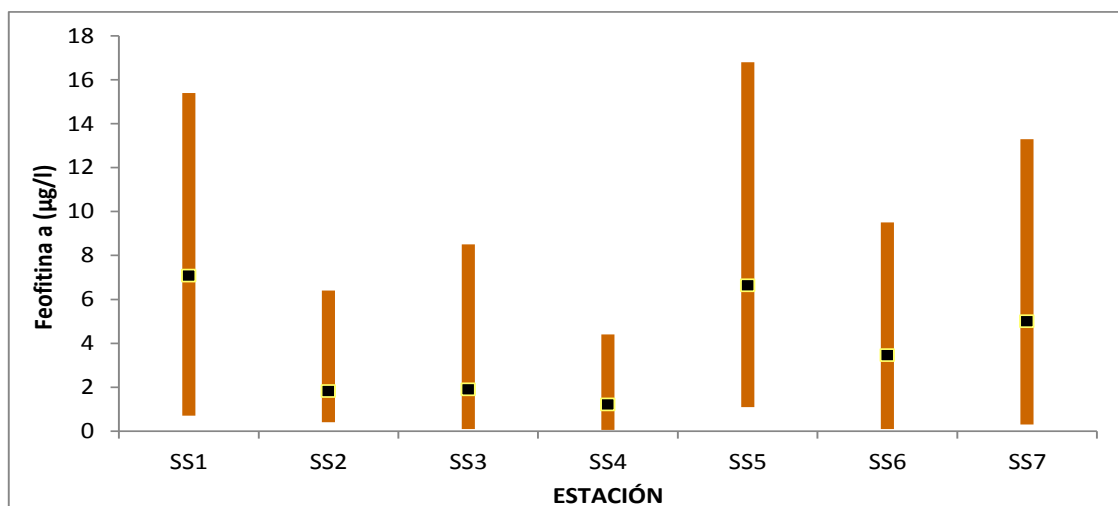


Fig. 60: Rango y promedio de la feofitina α en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

La fluctuación temporal de la feofitina está marcada por dos picos de mayor concentración: en marzo y en julio (Fig. 61). El pico de julio es coincidente con el pico de clorofila, mientras que la clorofila en marzo presentó valores muy bajos.

El cálculo de la relación Cloa/Feoa (Tabla VII) es una herramienta práctica para determinar el estado fisiológico de la población fitoplanctónica. Así, valores superiores a 1 representan una población fisiológicamente activa, mientras que los inferiores a 1 representan una población senescente. Esta relación confirma que los altos valores de feofitina de marzo son producto de una comunidad fitoplanctónica en proceso de degradación. El pico de julio se explica por las grandes abundancias de fitoplancton que al morir producen grandes picos de feofitina.

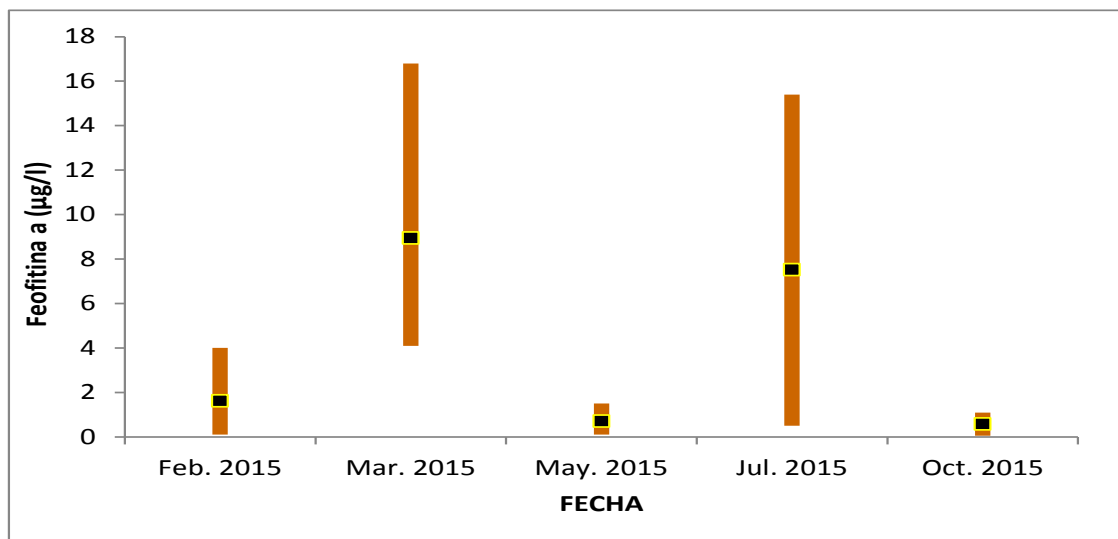


Fig. 61: Variación temporal del rango y promedio de la feofitina α en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

Tabla VII: Relación Clo α /Feo α calculada para cada estación en las cinco fechas de muestreo.

	FEB	MAR	MAY	JUL	OCT
SS1	0,30	0,04	1,27	2,47	1,86
SS2	2,57	0,05	0,50	0,70	1,50
SS3	6,00	0,11	2,00	1,40	1,50
SS4	6,00	0,14	0,44	1,17	2,00
SS5	3,13	0,14	0,21	3,75	1,45
SS6	0,04	0,07	7,00	3,58	2,75
SS7	0,05	0,35	2,00	0,21	1,13

4.2.12.3. Coliformes Totales

Las densidades de coliformes totales en el río San Salvador variaron entre un mínimo de 31 UFC/100 ml (SS6 en julio) y 24000 UFC/100 ml (SS6 en marzo y SS7 en marzo, mayo y julio). El promedio anual fue de 8391 UFC/100 ml.

A excepción de la estación SS4, el perfil de las curvas de promedios es similar en ambos años. En la estación SS4 se observa una disminución de la densidad en 2014 y un aumento en 2015. En 2015 la densidad de coliformes fue inferior en la cuenca alta, pero superior en la cuenca baja (Fig. 62). Los promedios anuales fueron de 10486 UFC/100 ml en 2014 y 8391 UFC/100 ml en 2015.

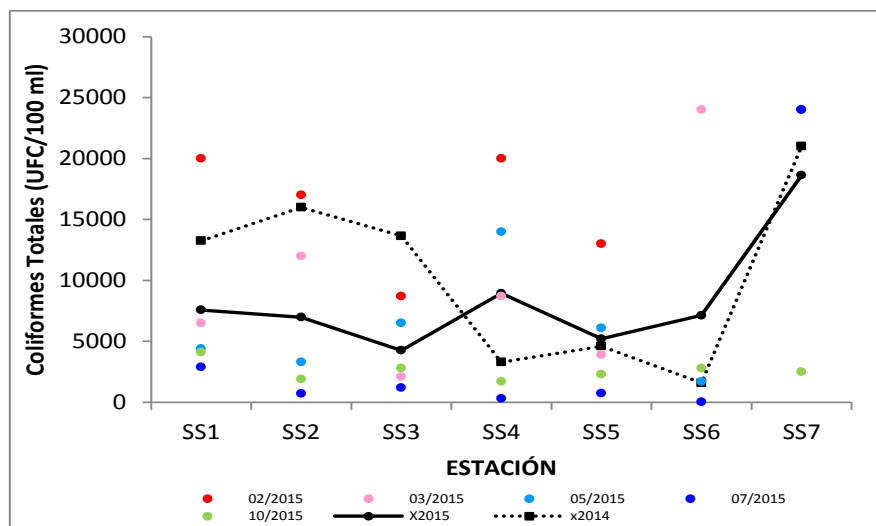


Fig. 62: Variación espacial y temporal de los coliformes totales en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de coliformes totales para los años 2014 y 2015 respectivamente.

La distribución espacial de las densidades de coliformes totales muestra altas densidades en los dos extremos de la cuenca. En la parte baja (estación SS7) esas altas densidades coinciden con la desembocadura del caño colector de la ciudad de Dolores. En la cuenca alta resulta difícil, *a priori*, explicar estas altas densidades de coliformes, ya que no es zona ganadera. Se observan también altas densidades en la estación SS4, estación que durante 2014 mostró valores mínimos (Fig. 63).

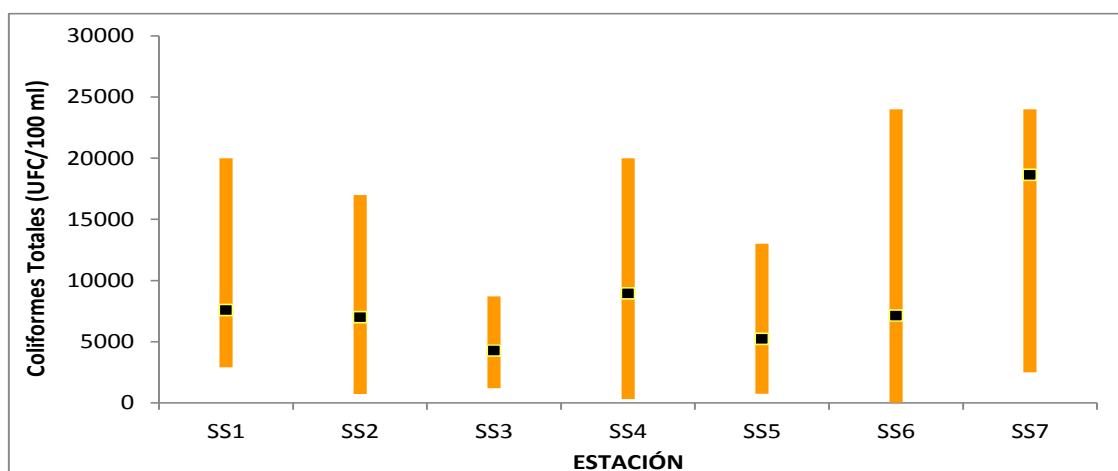


Fig. 63. Rango y promedio de los coliformes totales en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

La variación temporal de los coliformes totales del río San Salvador durante 2015 muestra una clara tendencia a la disminución con el correr del tiempo. Posiblemente estos resultados reflejen un ciclo de mayores abundancias en los meses cálidos con disminución en temperaturas más bajas (Fig. 64).

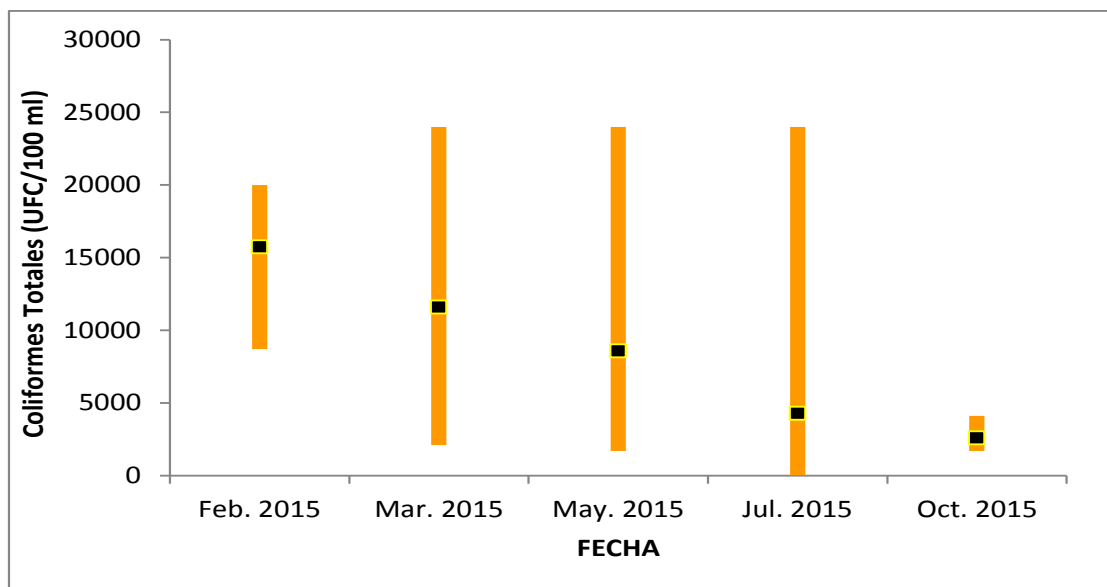


Fig. 64: Variación temporal del rango y promedio de los Coliformes Totales en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.12.4. *Escherichia coli* (*E. coli*)

Las abundancias de *E. coli* fluctuaron entre un mínimo de 10 UFC/100 ml (SS6 en julio) y 20000 UFC/100 ml (SS7 en mayo) con una media de 1818 UFC/100 ml.

Las densidades de *E. coli* son, en 2015, menores que las de 2014, lo que se ve reflejado en el promedio anual, de 3904 UFC/100 ml en 2014 y 1818 UFC/100 ml en 2015. Al igual que en 2014, las mayores abundancias se registran en la cuenca baja (Fig. 65).

La distribución espacial de *E. coli* se caracteriza por presentar las mayores abundancias en la cuenca baja (estación SS7). Un segundo pico se produce en la cabecera (SS1) y un tercer pico en la porción media (SS4). Al igual que en el caso de los coliformes totales resultan llamativas las densidades de *E. coli* en la estación SS1 (Fig. 66).

La variación temporal de las densidades de *E. coli* muestra los valores más altos durante el mes de mayo (Fig. 67).

Las abundancias de *E. coli* no están contempladas en el decreto 253.

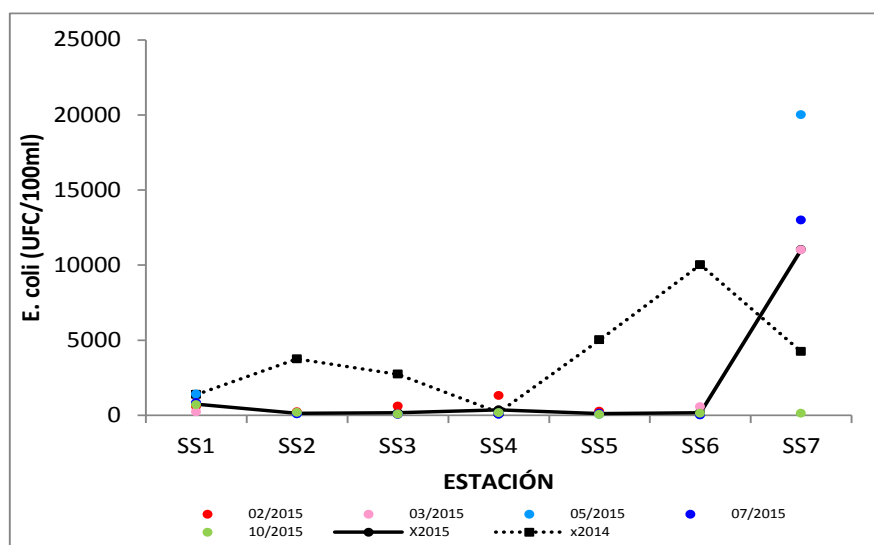


Fig. 65: Variación espacial y temporal de *E. coli* en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de *E. coli* para los años 2014 y 2015 respectivamente.

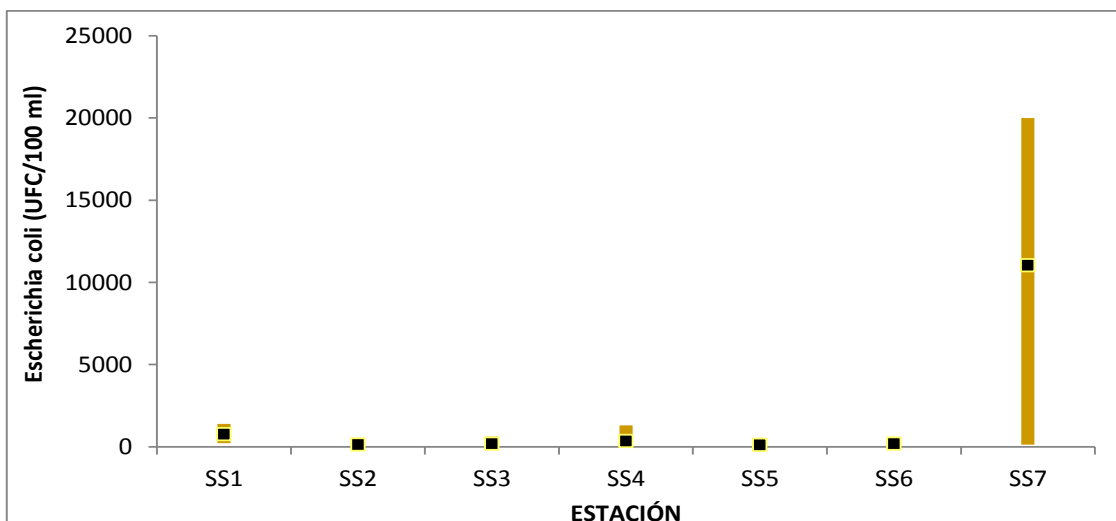


Fig. 66: Rango y promedio de *E. coli* en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

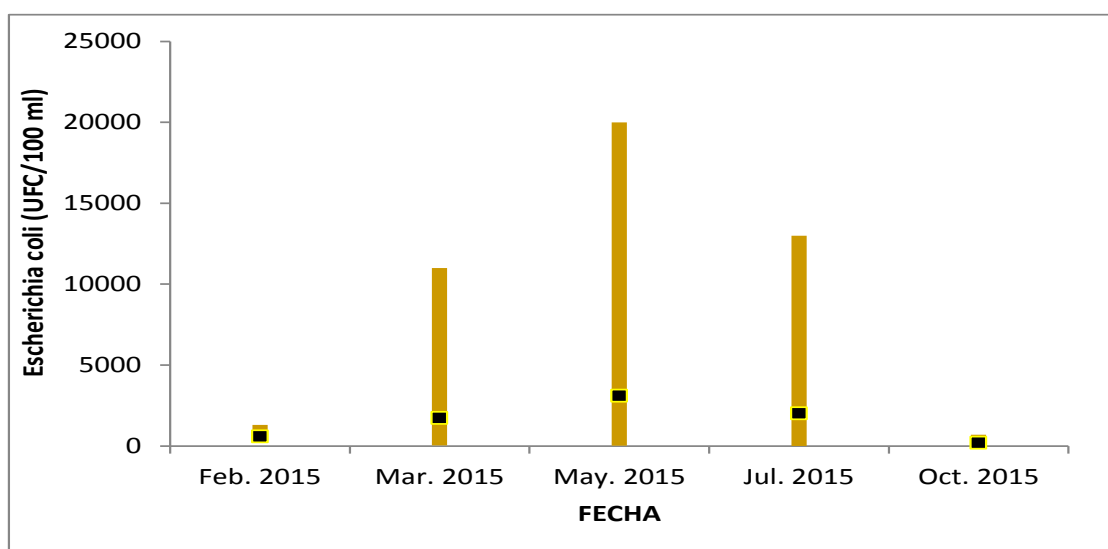


Fig. 67: Variación temporal del rango y promedio de *Escherichia coli* en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.2.13. AOX

Los AOX mostraron un mínimo de 10 $\mu\text{g/l}$ en siete oportunidades, siendo el valor correspondiente al LD de la técnica. El máximo fue de 43 $\mu\text{g/l}$ (SS1 en octubre). El promedio para el AOX fue de 18.3 $\mu\text{g/l}$. Mostrando perfiles muy similares, las curvas de promedios de AOX revelan un aumento en su concentración entre 2014 y 2015 (Fig. 68)

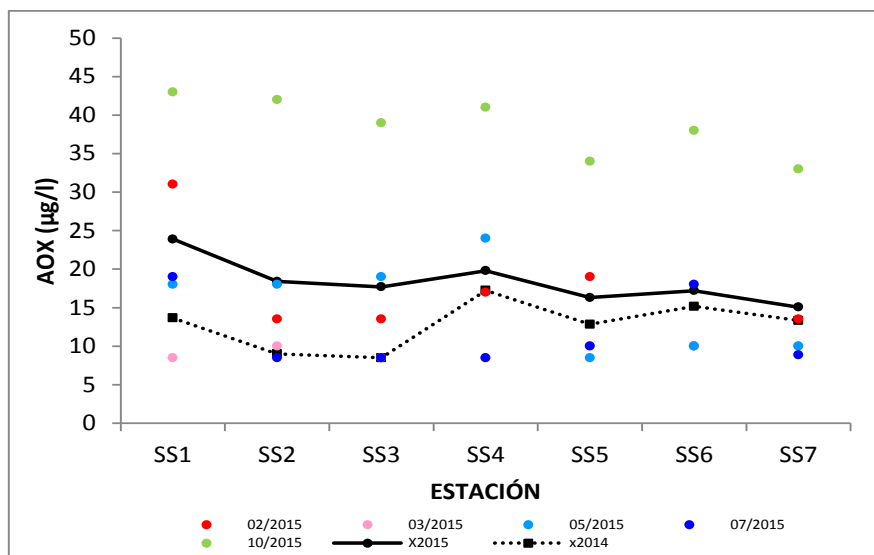


Fig. 68: Variación espacial y temporal de los AOX en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de AOX para los años 2014 y 2015 respectivamente.

La distribución espacial de los AOX es homogénea en toda la cuenca, ya que los valores son similares. Tanto los promedios como el rango de variación son análogos en todas las estaciones. A pesar de esta homogeneidad se percibe una tendencia al decrecimiento de las concentraciones desde la cabecera hacia la desembocadura (Fig. 69). Cabe resaltar que, para el caso de los AOX, la diferencia entre los límites (LD y LC) de la técnica hacen que el valor calculado para LC ($\# = LC/2$) resulte en un número inferior al LD (8.5 y 10, respectivamente), detalle que se percibe en la figura 68.

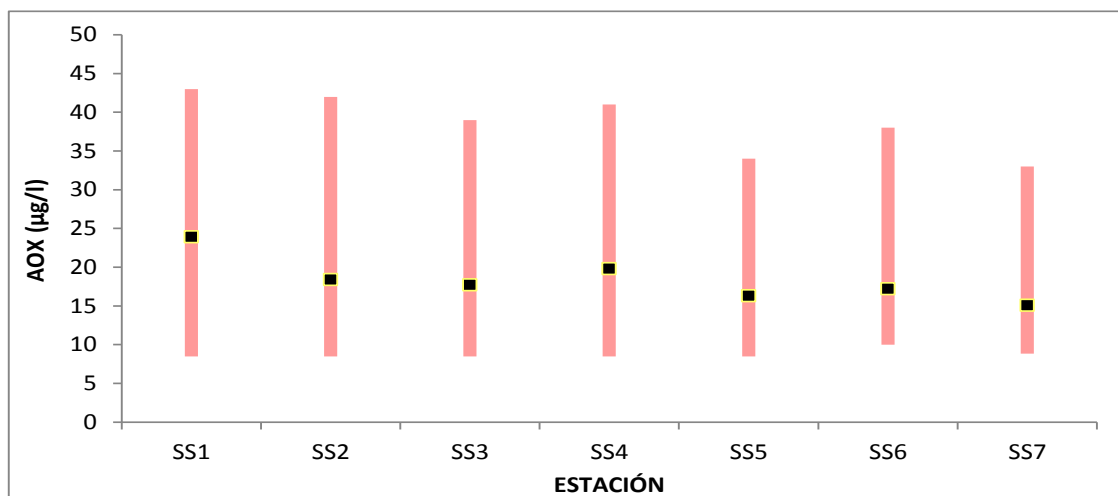


Fig. 69: Rango y promedio de los AOX en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

La variación temporal de los AOX muestra estabilidad en valores bajos entre febrero y julio y un aumento significativo en el mes de octubre (Fig. 70). Esta observación confirma lo observado en 2014, por lo que se puede inferir un aporte de AOX al cauce en algún momento entre los meses de julio y octubre.

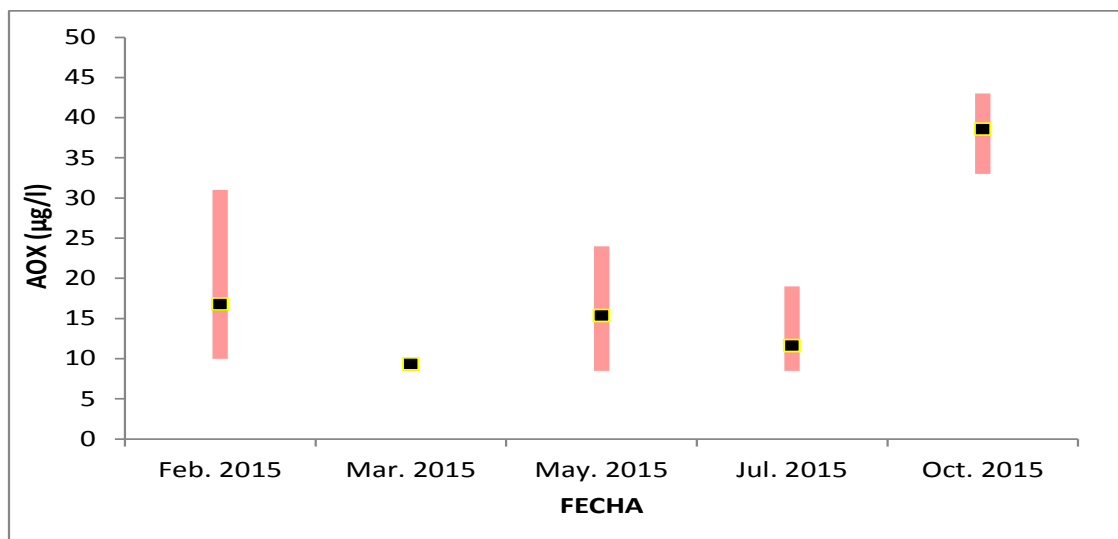


Fig. 70: Variación temporal del rango y promedio de los AOX en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

De acuerdo a lo observado en la distribución espacial de los AOX cabría suponer que este aporte se produciría en los primeros kilómetros del río, antes de la estación SS1 (donde se observan los valores máximos).

Para los AOX se ha utilizado el valor del estándar planteado para la nueva revisión del decreto 253/79, siendo este valor de 60 µg/l.

Si bien las concentraciones encontradas -en todos los casos- se sitúan por debajo de este valor estándar, se considera importante realizar el seguimiento de esta variable en la cuenca del San Salvador ya que se ha observado un aumento en la concentración promedio, incluso observándose concentraciones no lejanas a ese estándar.

4.2.14 Agroquímicos

De los seis plaguicidas monitoreados en el río San Salvador durante 2015, dos de ellos (Endosulfán (α y β) y SO_4) no fueron detectados en ninguna ocasión, mientras que los clorpirifos sólo se detectaron en 2/35 muestras. Para el caso particular del endosulfán, el límite de cuantificación de la técnica es 10 veces mayor que el estándar sugerido por el grupo GESTA-Agua, lo que impide saber si este producto supera -eventualmente- al estándar.

4.2.14.1. Glifosato

Las concentraciones de glifosato se situaron entre un mínimo de 0.2 µg/l (en todas las estaciones), valor correspondiente al LC de la técnica y un máximo de 3.04 µg/l (SS7 en febrero), con un promedio de 1 µg/l.

Los promedios calculados muestran un comportamiento diferente del glifosato en 2014 y 2015. En 2015 las concentraciones detectadas son inferiores (promedios anuales de 4 µg/l y 1 µg/l respectivamente) y la distribución es homogénea en todo el cauce. En 2014 las concentraciones son mayores y se observan dos aportes puntuales en las estaciones SS3 y SS5 (Fig. 71).

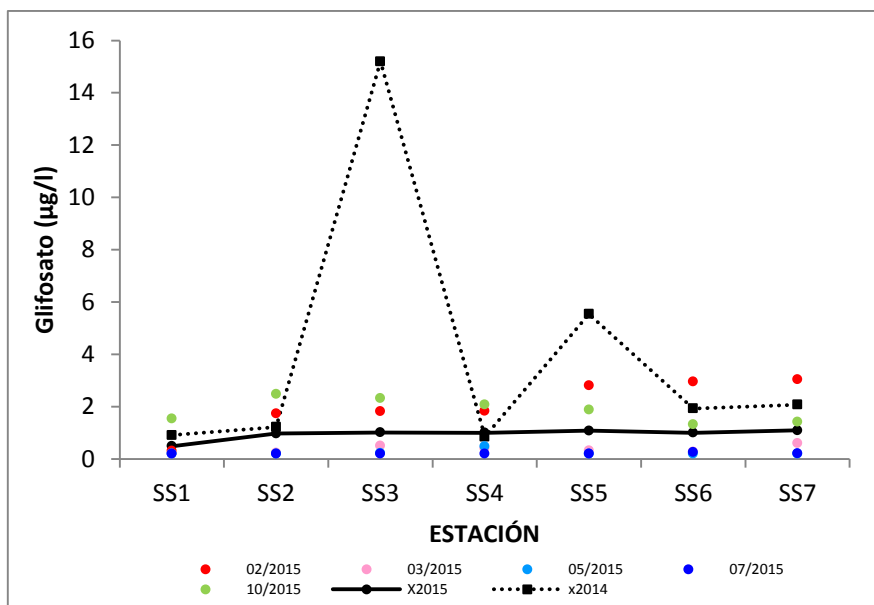


Fig. 71: Variación espacial y temporal del glifosato en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio del glifosato para los años 2014 y 2015 respectivamente.

La distribución espacial del glifosato en la cuenca del San Salvador es uniforme, mostrando medias y rangos de variación similares, a excepción de la estación SS1, que presenta valores inferiores (Fig. 72). Globalmente, se percibe una tendencia al aumento desde la cabecera hacia la desembocadura. Durante el 2015 no se aprecia ningún punto de aporte de glifosato.

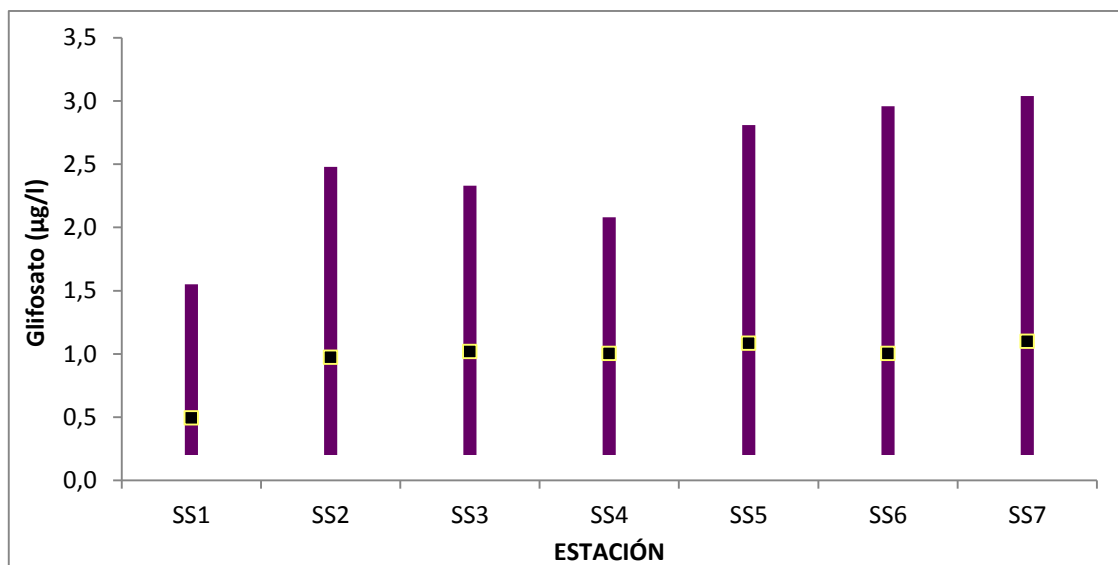


Fig. 72: Rango y promedio del glifosato en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

La variación temporal del glifosato revela claramente el momento de aplicación en los cultivos. Entre la primavera y el verano se realizan las aplicaciones de glifosato en los cultivos adyacentes y esto se revela en concentraciones más elevadas en los meses cálidos (Fig. 73).

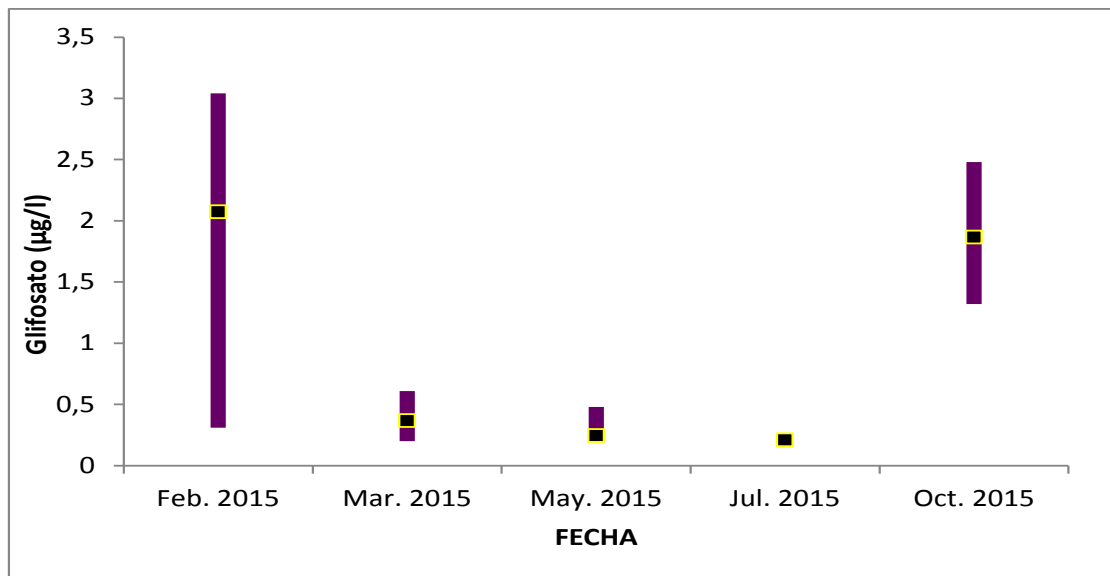


Fig. 73: Variación temporal del rango y promedio del Glifosato en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

El hecho de que la vida media del glifosato en el agua es corta (7 a 14 días) hace pensar que existe un período de máxima utilización en el ciclo anual, pero que el uso pueda ser a lo largo de todo el año en menores concentraciones.

Para el glifosato se utiliza el valor del estándar planteado para la nueva revisión del estándar 253/79, siendo este valor de 65 µg/l

Si bien las concentraciones observadas son siempre muy bajas (con respecto al estándar), se recomienda poner atención a este producto, ya que su presencia es constante en el agua del San Salvador.

4.2.14.2. AMPA

Las concentraciones de AMPA en el San Salvador durante el 2015 variaron entre un mínimo de 0.2 µg/l (SS1, SS2 y SS6 en julio) y un máximo de 1.9 µg/l (SS2 y SS6 en febrero), con un promedio de 0.8 µg/l. Los valores mínimos para AMPA coinciden con el LC de la técnica.

Los perfiles de las curvas de promedios son bastante similares entre 2014 y 2015, a excepción de un pico de concentración producido en 2014 (Fig. 74). Se constata que ese pico de promedio de 2014, fue superado en cinco estaciones en febrero de 2015. Los promedios anuales fueron de 1.1 y 0.8 µg/l respectivamente.

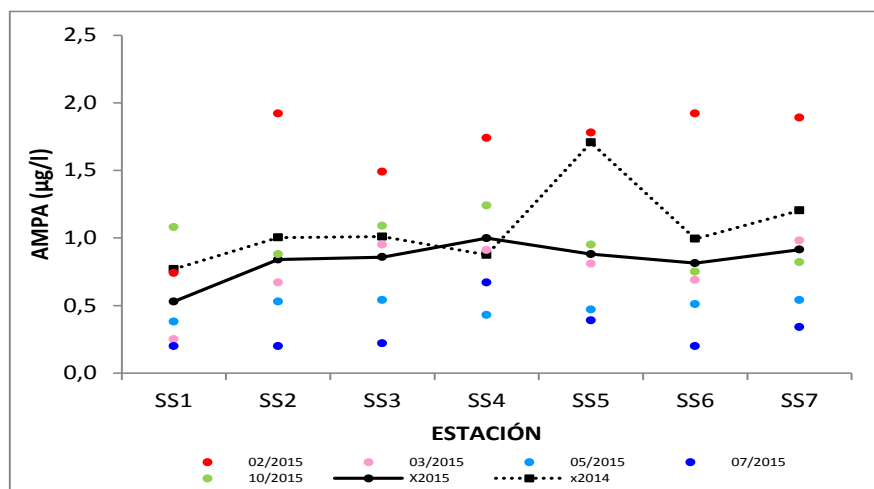


Fig. 74: Variación espacial y temporal de AMPA en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de AMPA para los años 2014 y 2015 respectivamente.

La distribución espacial de AMPA en el curso principal del San Salvador es bastante uniforme. Más allá de observarse una leve tendencia al aumento de concentración en la porción baja. Las medias y los rangos de variación son similares en todas las estaciones a excepción de la SS1, con menor promedio de concentración y rango de variación más acotado (Fig. 75)

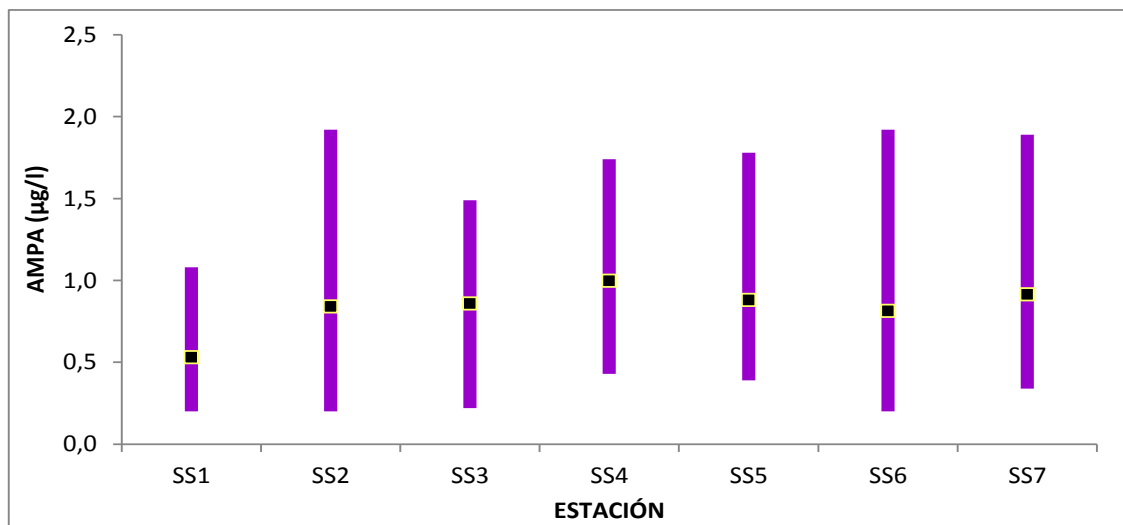


Fig. 75: Rango y promedio de AMPA en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

La variación temporal de AMPA en el San Salvador está regida por la aplicación de glifosato en los cultivos. De esta forma, se observan los máximos en los muestreos de primavera y verano (Fig. 76)

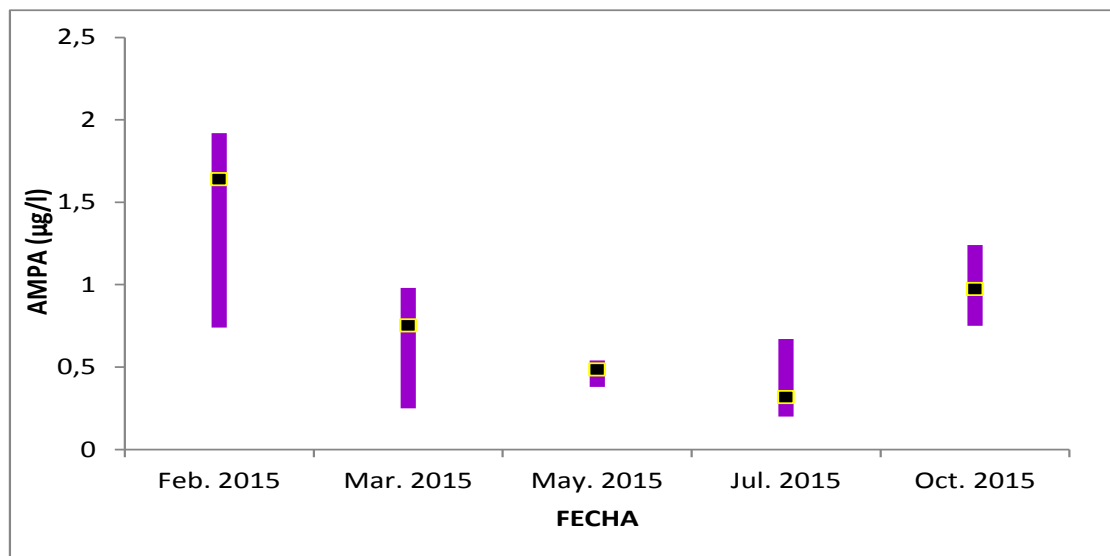


Fig. 76: Variación temporal del rango y promedio de AMPA en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

Por tratarse de derivados no tóxicos del glifosato, los AMPA no tienen valores fijados en el decreto 253.

4.2.14.3. Atrazina

Las concentraciones de atrazina presentaron un mínimo de 0,2 µg/l en la mayor parte de los muestreos. Este valor corresponde al LC de la técnica, el que fue superado sólo en los meses de febrero y octubre. El máximo observado, de 3,4 µg/l, se registró en la estación SS4 en octubre. El promedio de concentración de atrazina fue de 0,6 µg/l.

Las curvas de promedios entre los dos años analizados muestran variaciones muy diferentes: durante 2014 la curva muestra grandes variaciones, con picos de concentración en las estaciones SS2, SS4, SS5 y

SS7. Durante 2015 la concentración de la atrazina no registró grandes fluctuaciones en promedio, siendo muy similar la concentración en las estaciones SS1, SS3 y SS6 en ambos años (Fig. 77).

La distribución espacial de la atrazina en el curso principal muestra una tendencia al aumento desde la cabecera hacia la desembocadura. De hecho, en la estación SS1 no se detectó atrazina en ninguna ocasión. Y en la estación SS2 una sola vez y en una concentración muy cercana al nivel de detección de la técnica. En las otras cinco estaciones tanto los promedios como el rango de variación fue muy similar (Fig. 78).

La variación temporal de la atrazina marca claramente el período de uso de este fitosanitario. Las mayores concentraciones se producen en primavera y se mantienen hasta el verano (Fig. 79). La vida media de este compuesto en el agua es de 60 a 100 días, lo que puede explicar las diferencias de concentración entre octubre y febrero, pudiendo ser este segundo pico el remanente de las aplicaciones de primavera.

La atrazina no tiende a acumularse en organismos vivientes tales como algas, bacterias, almejas o peces, y por lo tanto, no se acumula en la cadena alimentaria.

Durante la primavera, en cinco de las siete estaciones fijadas se supera el valor fijado en la nueva revisión del decreto 253 para esta variable (llegando a duplicarse el valor).

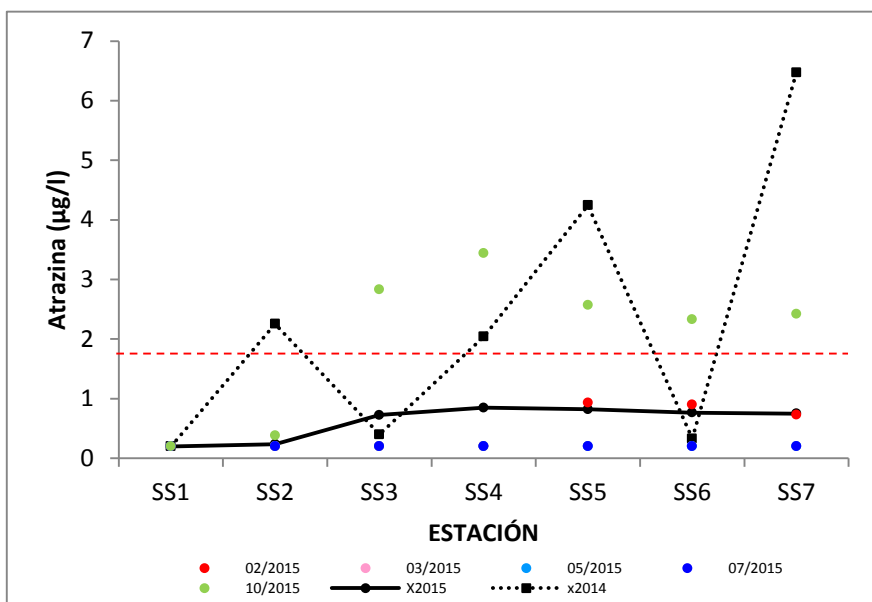


Fig. 77: Variación espacial y temporal de atrazina en la cuenca del río San Salvador durante 2015. X2014 y X2015= promedio de atrazina para los años 2014 y 2015 respectivamente. Línea roja: valor estándar sugerido en la nueva revisión del decreto 253.

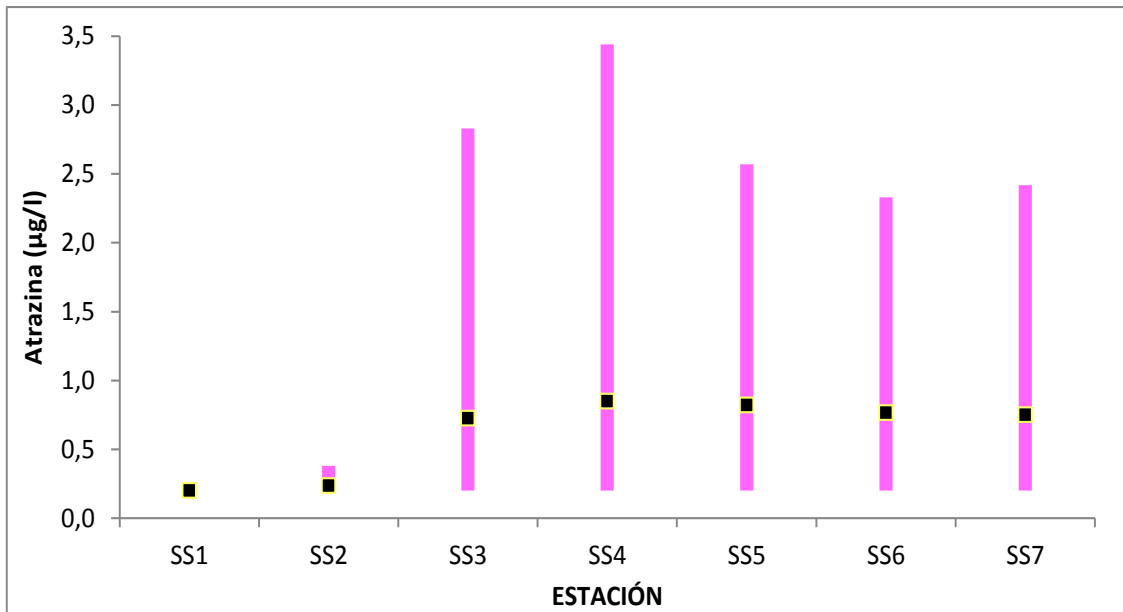


Fig. 78: Rango y promedio de atrazina en el río San Salvador en cinco campañas realizadas durante el año 2015.

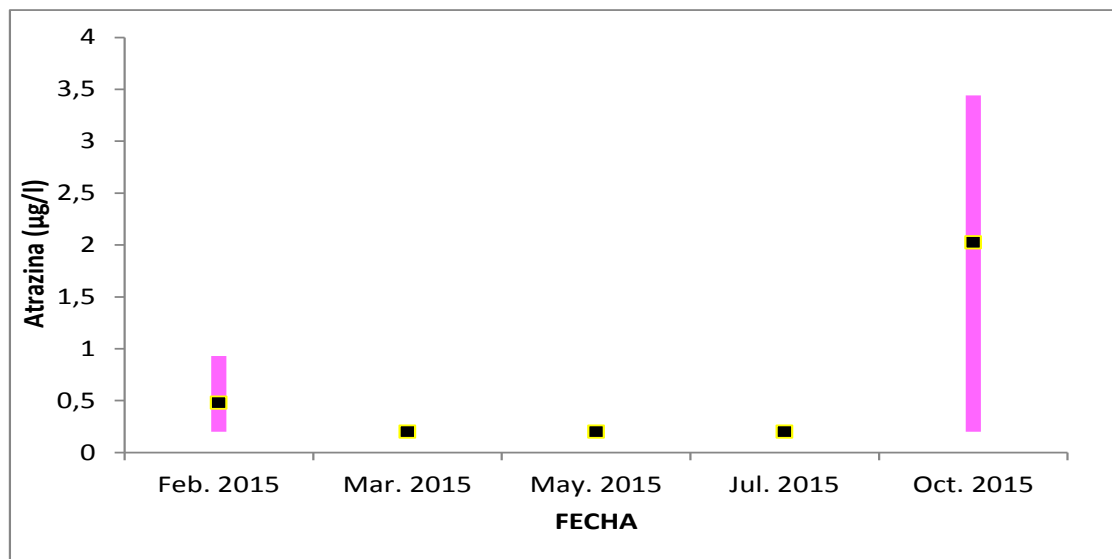


Fig. 79: Variación temporal del rango y promedio de Atrazina en el río San Salvador en las 5 campañas realizadas.

4.3 Índices de Calidad de Agua

Los índices se generaron como un sistema 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. El "ICA", define 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 compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

Cabe resaltar que, para este caso particular, la presentación de los índices es a título informativo y no debería ser considerado como la realidad estricta del curso de agua. Problemas de infraestructura

llevaron a una pérdida de resultados en variables importantes para el cálculo de los índices, lo que reduce el número de datos disponible. De esta forma, los resultados mostrados sólo representan una tendencia, pero deben ser manejados con precaución.

4.3.1 ICA-SL

Basándonos en los resultados de Quintans (2015), en este caso utilizamos un índice llamado ICA-SL, elaborado en la Facultad de Ciencias para ser aplicado en la Cuenca del río Santa Lucía. Por tratarse de una cuenca con condiciones geomorfológicas extrapolables, se concluyó que la utilización de este índice era más cercana a la realidad que la utilización de un índice teórico genérico.

Para la aplicación del ICA-SL, se utilizan los datos ponderados según se muestra en la fórmula que se observa a continuación, normalizados como se indica en la tabla VII.

$$\text{ICA-SL} = (3 \cdot \text{OD} + 3 \cdot \text{Cond} + 2 \cdot \text{PT} + 1 \cdot \text{NO}_3 + 1 \cdot \text{SST}) / 10$$

Tabla VIII: Normalización de los parámetros de calidad de agua utilizados en el ICA-SL





	Factor de Normalización (Ci)				
	100	75	50	25	1
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	< 6	6 - 12	12,1 - 18,6	18,7 - 25	>25
Oxígeno Disuelto (mg/l)	> 9	7,7 - 9	6,3 - 7,6	6,2 - 5	< 5
Fósforo Total (µg/l)	< 70	70 - 380	380 - 690	690 - 1000	>1000
Nitratos (µg/l)	< 100	100 - 280	281 - 460	461 - 650	> 650
Conductividad (µS/cm)	< 360	360 - 643	644 - 926	927 - 12010	> 1210

Aplicación del ICA-SL

Las clases de calidad definidas por este índice incluyen cuatro rangos de calidad, los cuales son presentados en la tabla VIII

Según los resultados que se desprenden del cálculo de ICA-SL, el río San Salvador tiene una calidad de agua Regular en todo su trayecto (Anexo 2). Si bien con poca diferencia, se observa que los puntos con peores condiciones son el SS2 (debajo del puente de la ruta 55) y el SS7 (cercano a la desembocadura del caño colector de la ciudad de Dolores). Siempre dentro de una calidad de agua Regular, el punto que muestra mejores condiciones es el SS5, en Paso Ramos (Fig. 79), que tiene la característica de ser el más distante desde la estación anterior. Entre SS4 y SS5 hay alrededor de 40 Km de distancia, y se especula con la posibilidad que la autodepuración del río tenga efecto en ese tramo. Es de resaltar asimismo la nula influencia antrópica directa sobre esa porción del río, dejando todo posible ingreso de sustancias, exclusivamente, a la contaminación difusa.

Tabla IX: Escala cromática de calidad de agua según el ICA-SL, de acuerdo con la valoración conceptual y numérica del índice.

Valoración	Rango	Escala cromática
BUENA	>75	
REGULAR	>50 <75	
MALA	>25 <50	
MUY MALA	<25	

SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7
63	58	65	62	70	62	59

Fig. 80: Resultado de la aplicación del ICA-SL en las estaciones de monitoreo del río San Salvador en 2015.

4.3.2. Índice de Estado Trófico (IET)

La eutrofización es el aumento de la concentración de nutrientes, fundamentalmente fósforo y nitrógeno, en los ecosistemas acuáticos, que tiene como consecuencia el aumento de sus productividades. Presenta efectos indeseables, entre ellos, malos olores, mortandad de peces, cambios en la cantidad y calidad de los peces de valor comercial, cambios en la biodiversidad acuática e, incluso, contaminación del agua destinada al abastecimiento público.

La finalidad del IET es clasificar los cuerpos de agua en diferentes grados de trofia, o sea, clasifica la calidad el agua según el enriquecimiento de nutrientes y su efecto sobre el crecimiento excesivo de plantas acuáticas.

En este caso, los resultados del índice, calculados a partir de los valores de fósforo total, deben ser entendidos como una medida del potencial de eutrofización, ya que este nutriente es el principal causante de este proceso.

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

El cálculo del IET se realizó, entonces, a partir de los valores de fósforo total, basándose en la fórmula de Lamparelli (2004):

$$IET = 10.(6 - ((0,42 - 0,36.(ln.PT)/ln2)) - 20$$

Aplicación del IET

Las clases de calidad definidas por este índice incluyen seis rangos de calidad, los cuales son presentados en la tabla IX.

La aplicación del IET para las estaciones del río San Salvador durante 2015 muestra un río en situación de riesgo, con condiciones de Supereutrofia en prácticamente todo su curso principal (Anexo 3). Se destaca la diferencia de coloración que se observa en SS1 y SS5. La misma es debida a que los resultados son redondeados; en SS1 el índice es levemente inferior a 63 y en SS5 es levemente superior (Fig. 80). Este detalle es un llamado de atención ya que, según este índice, la única porción del río que no presenta condiciones de Supereutrofia está muy cercana a alcanzar ese límite; y en todo el resto del curso, los valores se encuentran cercanos a pasar al estado de Hipereutrofia.

Tabla X: Valoración del estado trófico de ríos a partir del IET, elaborado según los valores de fósforo total, clorofila *a* o transparencia del agua.

Nivel trófico	Fósforo total (mg/L)	Clorofila <i>a</i> (µg/l)	DS (m)	IET
Ultraoligotrófico	≤ 0,013	≤ 0,74	≥ 2,4	≤ 47
Oligotrófico	0,013 < PT ≤ 0,035	0,74 < Clo- <i>a</i> ≤ 1,31	2,4 > S ≥ 1,7	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	0,035 < PT ≤ 0,137	1,31 < Clo- <i>a</i> ≤ 2,96	1,7 > S ≥ 1,1	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	0,137 < PT ≤ 0,296	2,96 < Clo- <i>a</i> ≤ 4,70	1,1 > S ≥ 0,8	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	0,296 < PT ≤ 0,640	4,70 < Clo- <i>a</i> ≤ 7,46	0,8 > S ≥ 0,6	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	> 0,640	> 7,46	< 0,6	> 67

SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7
63	65	66	66	63	65	66

Fig. 81: Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo del río San Salvador durante 2015.

4.4 Análisis de variables en sedimento.

El análisis de sedimentos ha resultado sumamente conflictivo debido a la naturaleza del sedimento del río, y de su dinámica. Es común encontrar el sedimento "limpio" (sólo arena), o cubierto con piedras y/o palos que impiden el cierre de la draga. En algunos muestreos se llegó a tirar la draga diez veces en un entorno de hasta 1000m de la estación, sin encontrar sedimentos. Es así que los datos de los sedimentos son fragmentarios. En total se cuenta con 3 resultados de la estación SS3 y 1 de la estación SS7.

De estos resultados surge que de las siete variables analizadas, sólo dos, el glifosato, y su producto de degradación, AMPA, han sido detectados. En las tres muestras provenientes de la estación SS3 se tienen resultados, mostrando concentraciones de 76 µg/Kg, 30 µg/Kg y 37 µg/Kg en mayo, julio y octubre.

La única muestra obtenida en la estación SS7 (en mayo) no presentó valores detectables de ninguna de las variables.

5. PROYECCIÓN

Si bien la logística de muestreo funciona correctamente se plantean inquietudes que podrían – eventualmente- mejorar los resultados surgidos de este monitoreo:

1- De los acuerdos previos a este monitoreo surgió que la OSE debía proveer resultados sobre coliformes termotolerantes. Tras once campañas efectuadas sin contar con ese resultado a pesar de numerosas solicitudes, se considera pertinente analizar la posibilidad de realizar ese análisis en el Laboratorio Ambiental de la DINAMA.

2- Si no existen posibilidades de mejorar la sensibilidad de la técnica se considera inútil mantener el análisis de endosulfán, ya que los resultados no aportan la información buscada.

3- Ante resultados difícilmente explicables en la SS1 (altas densidades de coliformes y concentración de AOX) se evalúa la posibilidad de intentar una aproximación al río en algún punto ubicado entre las nacientes y la SS1. La finalidad sería intentar complementar la información en esa porción de la cuenca, a fin de verificar esos resultados. Inicialmente se considera una visita puntual. De ser posible un acceso no muy complicado a ese punto, en función de los resultados obtenidos se considerará la opción de darle categoría de estación e incluirlo en el muestreo regular.

4- Se sugiere la adquisición de una draga de menor volumen ya que la que se está utilizando es para ser utilizada con guinche y en este caso, se utiliza manualmente.

6. SÍNTESIS

* La concentración del Fósforo Total (Pt) en la cuenca del San Salvador durante el año 2015 se ubicó con un promedio anual de 0.3 mg/l (0.025 mg/l estándar Dcto. 253/79). El promedio de 2014 fue de 0.5 mg/l.

* De los seis plaguicidas monitoreados en el río, dos de ellos (Endosulfán (α y β) y SO_4) no fueron detectados en ninguna ocasión.

* De los cuatro restantes, el glifosato está presente en cuatro de las cinco campañas y en todas las estaciones monitoreadas. Si bien la presencia de glifosato en la cuenca parece ser constante, las concentraciones observadas son muy inferiores a la concentración máxima fijada en el decreto 253. Debido a ser inocuo para la salud humana, ni el decreto 253 ni el Grupo de Estandarización Técnica de estándares de agua –COTAMA, marcan un valor máximo de concentración para el AMPA (ácido aminometilfosfónico, principal metabolito del glifosato). De todas formas, se observa la presencia de AMPA en toda la cuenca a lo largo del período de monitoreo, aunque siempre en concentraciones bajas ($< 5 \mu\text{g/l}$).

* La Atrazina se muestra como el plaguicida a controlar, ya que sus concentraciones exceden largamente la indicada por el Grupo de Estandarización Técnica de estándares de agua - COTAMA ($1.8 \mu\text{g/l}$). Durante el período de monitoreo se detectó atrazina en todo el cauce del río. Desde el punto de vista temporal, no se detectó Atrazina en los muestreos de otoño e invierno, llegándose a un máximo de concentración en primavera y, secundariamente, en verano. Durante el muestreo de primavera, en cinco de las siete estaciones se superó el estándar.

* Los clorpirifos se detectaron sólo en 2/35 muestras. La importancia a resaltar es que el límite de detección de la técnica ($0.2 \mu\text{g/l}$) es notoriamente superior al valor sugerido en la nueva revisión del estándar ($0.035 \mu\text{g/l}$). Esto hace que en los dos valores registrados se confirme que el estándar ha sido superado; pero en el resto de los valores, tal vez se está superando siempre este estándar, sin que la técnica analítica lo demuestre.

* Los índices de calidad de agua utilizados marcarían una calidad Regular en todo el curso del río (ICA-SL), con situación de Supereutrofia en la mayor parte del mismo (IET).

* Teniendo en cuenta la escasa cantidad de datos obtenidos hasta el momento, no es posible sacar conclusiones firmes; sin embargo, comienza a avizorarse la posibilidad de considerar muestreos en los afluentes. Fundamentalmente en los que aportan a la altura de la estación SS3, ya que en esta estación se observan, además de concentraciones altas de E. coli, aportes de sólidos y, fundamentalmente, de fitosanitarios.

7. Bibliografía

Cervetto, 2015. Plan de monitoreo del río San Salvador. Informe de actividades y presentación de resultados. Año 2014. DINAMA Inf. Int.: 1-19

GEMS/Agua. 1994. Guía operativa. 3a Edición. PNUD-OMS-UNESCO-OMM.

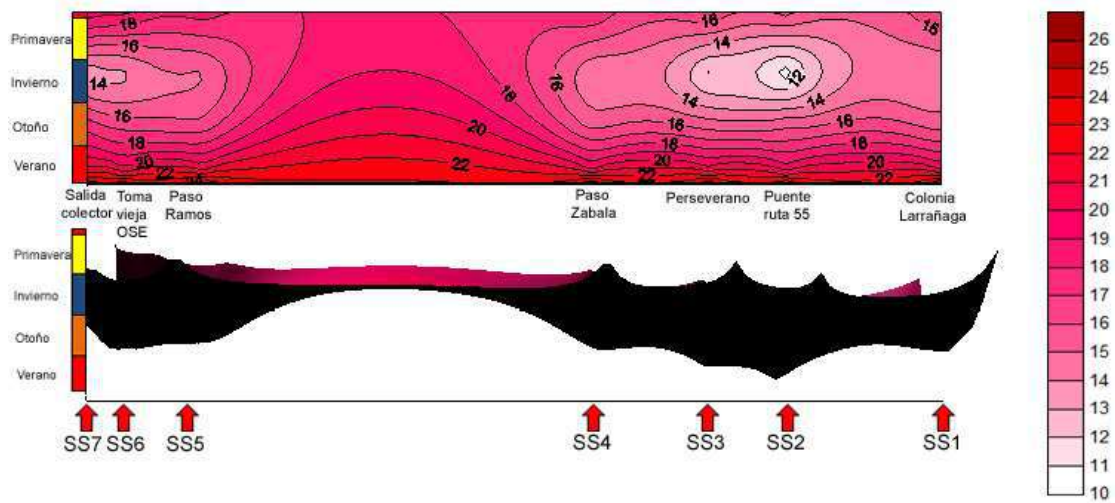
GESTA Agua, 2008. Borrador de trabajo GESTA Agua. Propuesta de modificación del Decreto 253/979 y modificativos. Manuscrito: 1-19

LAMPARELLI, M. C., 2004. Grau de trofia em corpos d'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

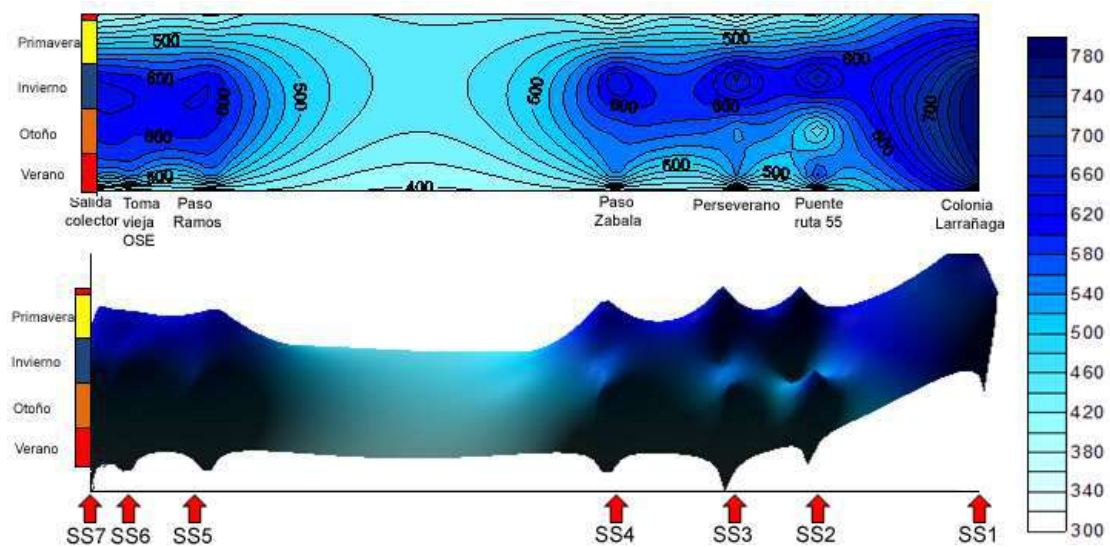
MGAP, 2008. Manual de medidas exigibles para cultivos: Instructivo para la elaboración y presentación de Planes de Uso y Manejo Responsable de Suelos. Art. 5 Decreto N° 405/2008: 1-2

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: 1-29

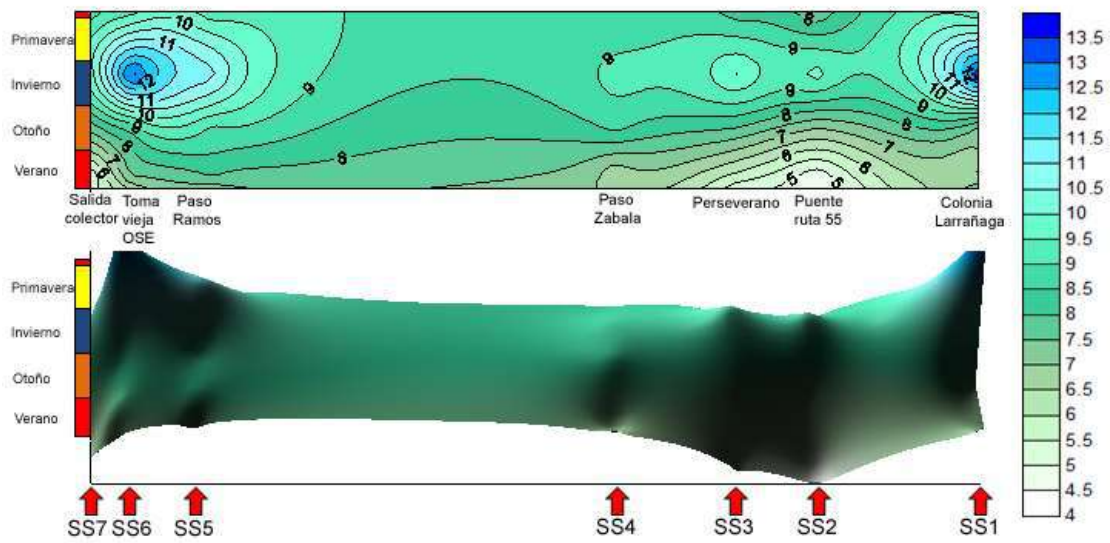
Anexo 1: Gráficos tridimensionales de variación espacio-temporal de diferentes variables durante el año 2015 en el río San Salvador.



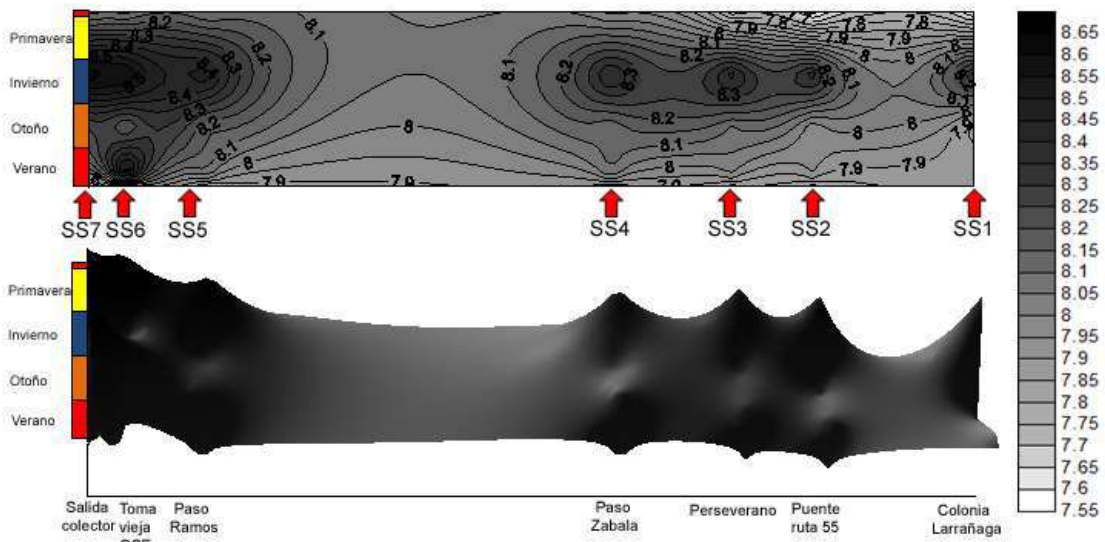
Fluctuación espacio-temporal de la temperatura.



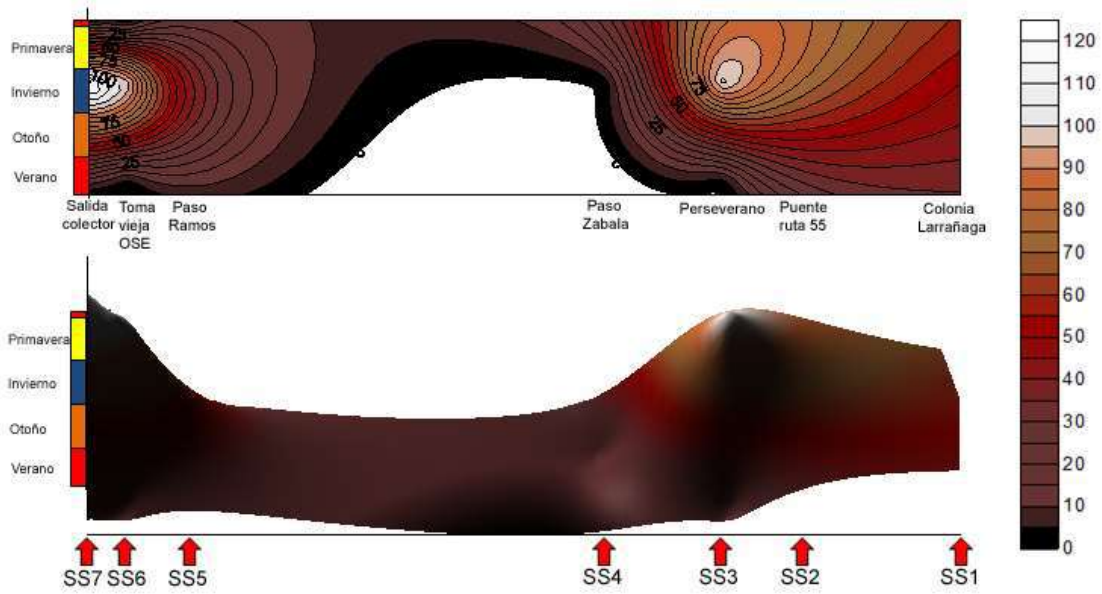
Fluctuación espacio-temporal de la conductividad.



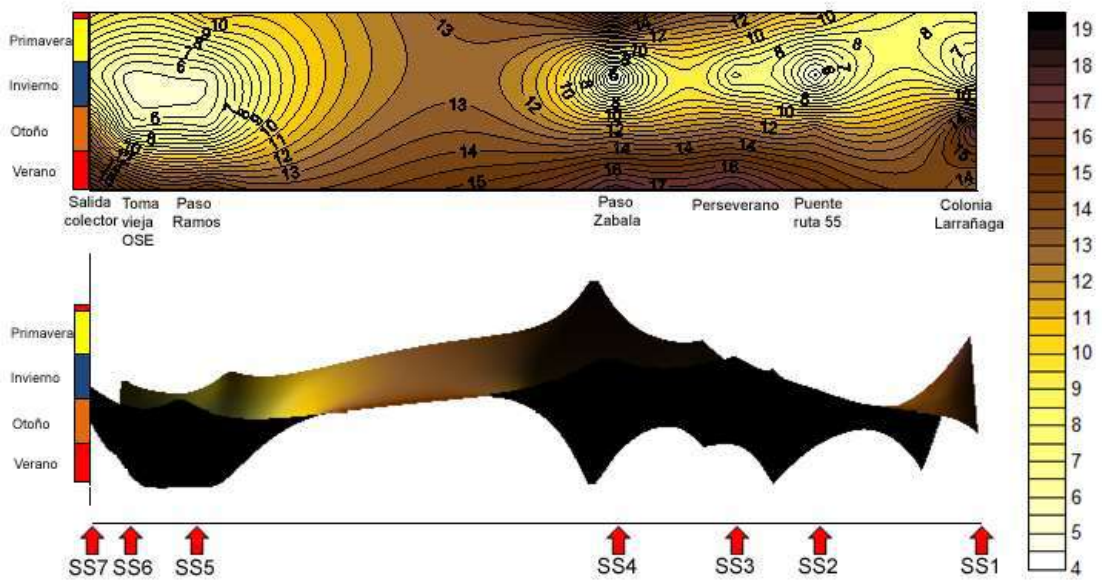
Fluctuación espacio-temporal del oxígeno disuelto.



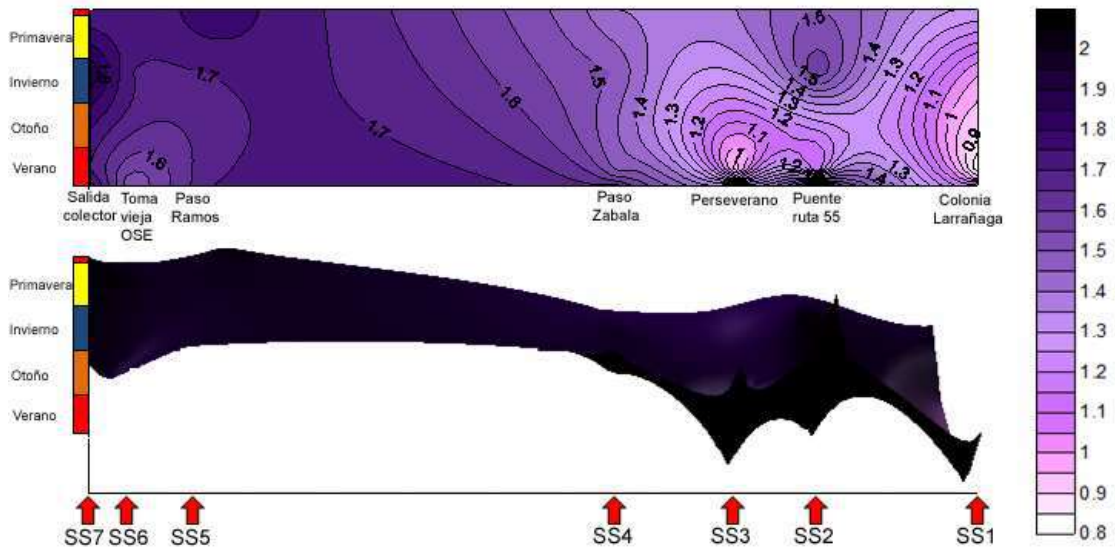
Fluctuación espacio-temporal del pH.



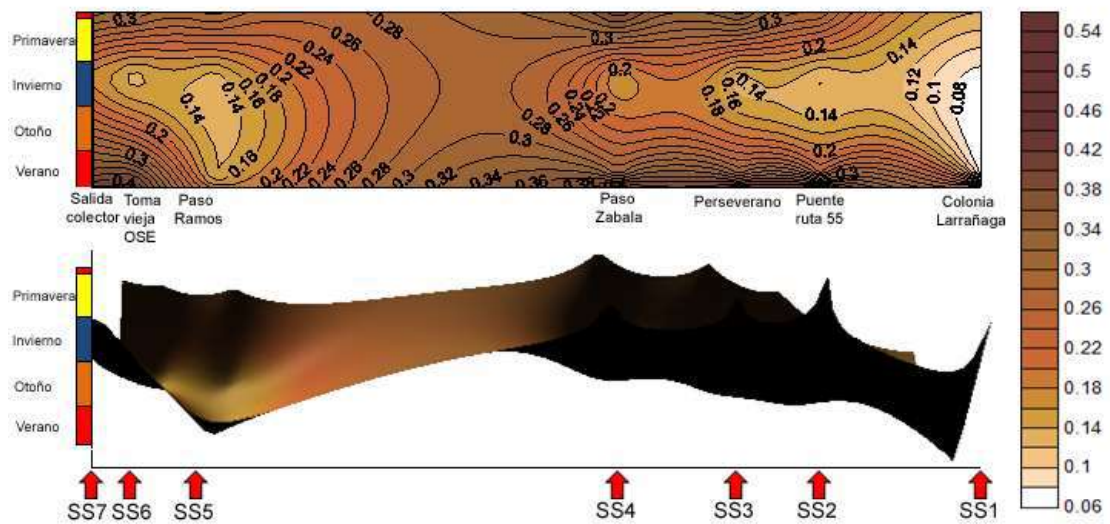
Fluctuación espacio-temporal de la transparencia.



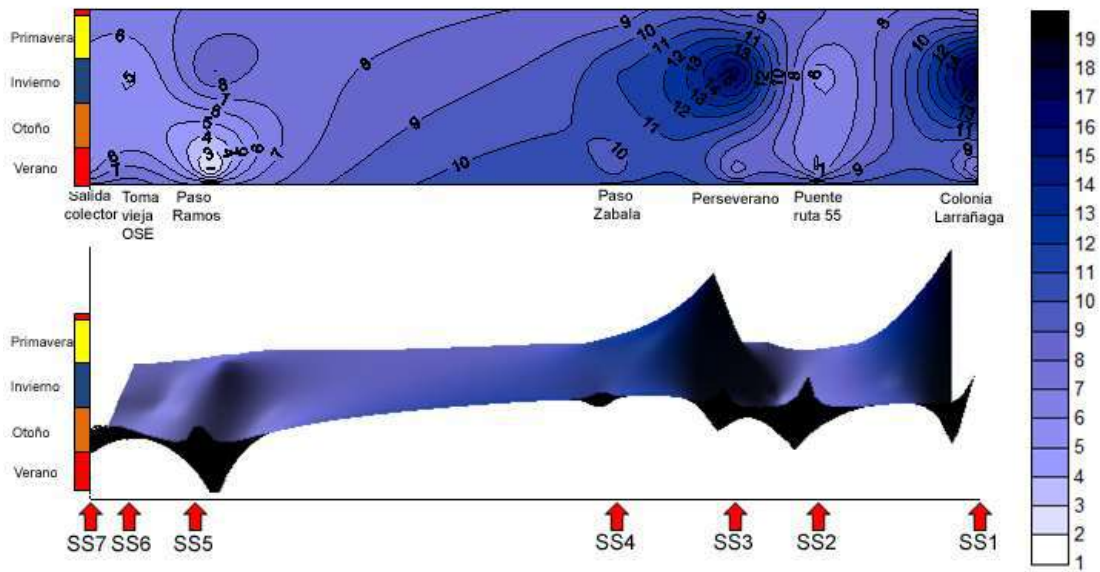
Fluctuación espacio-temporal de la turbiedad.



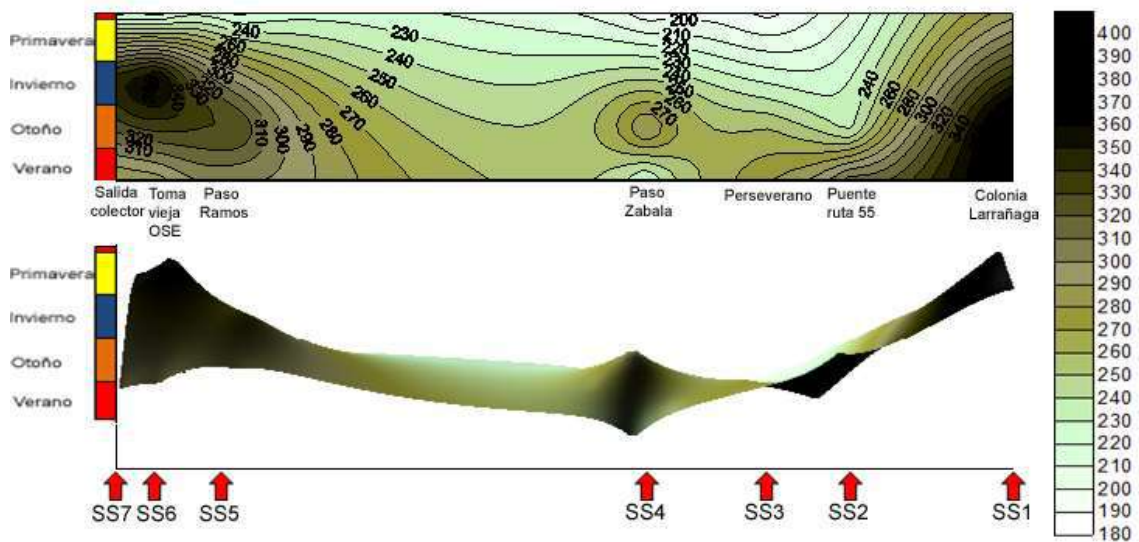
Fluctuación espacio-temporal del Nt.



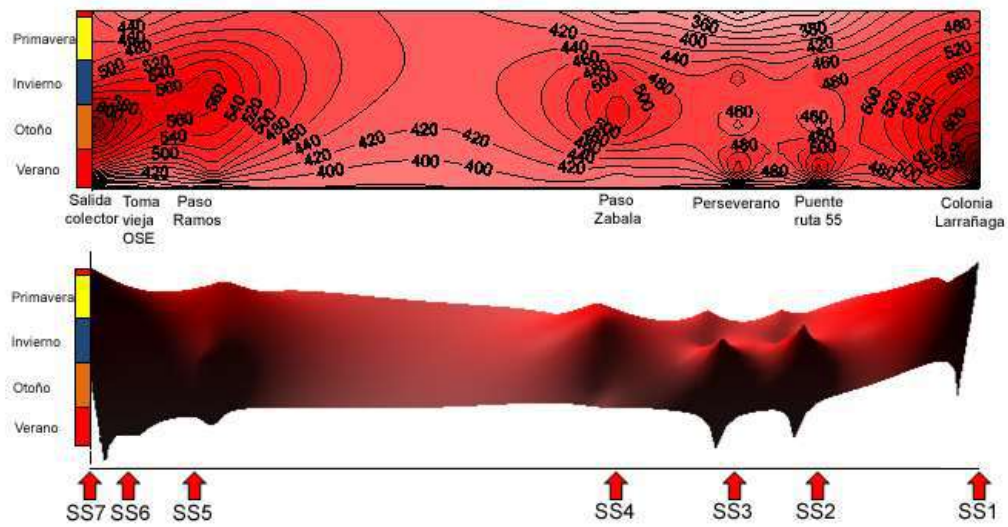
Fluctuación espacio-temporal del Pt.



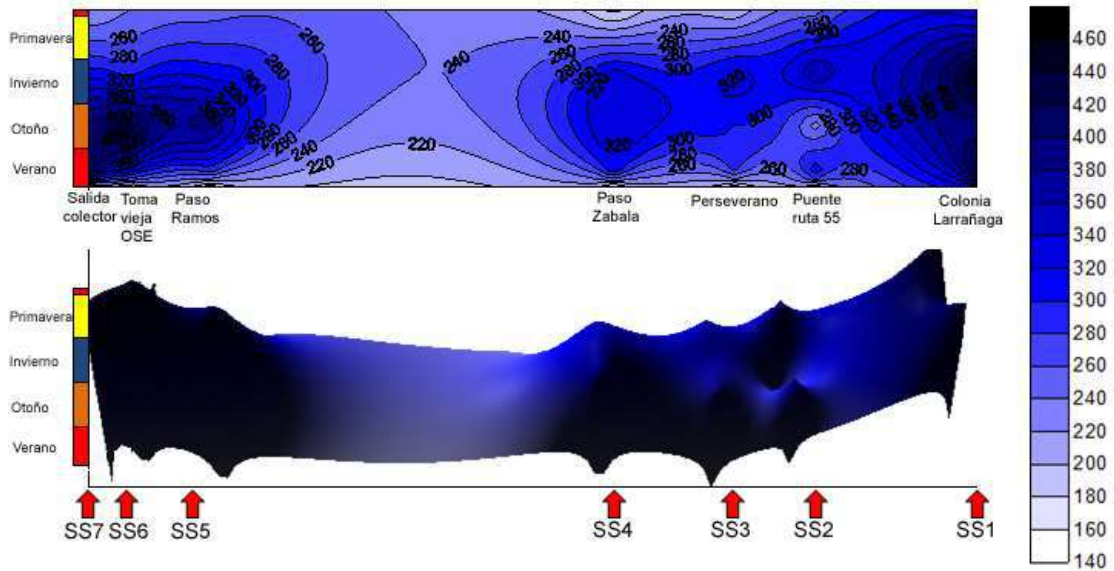
Fluctuación espacio-temporal del TOC.



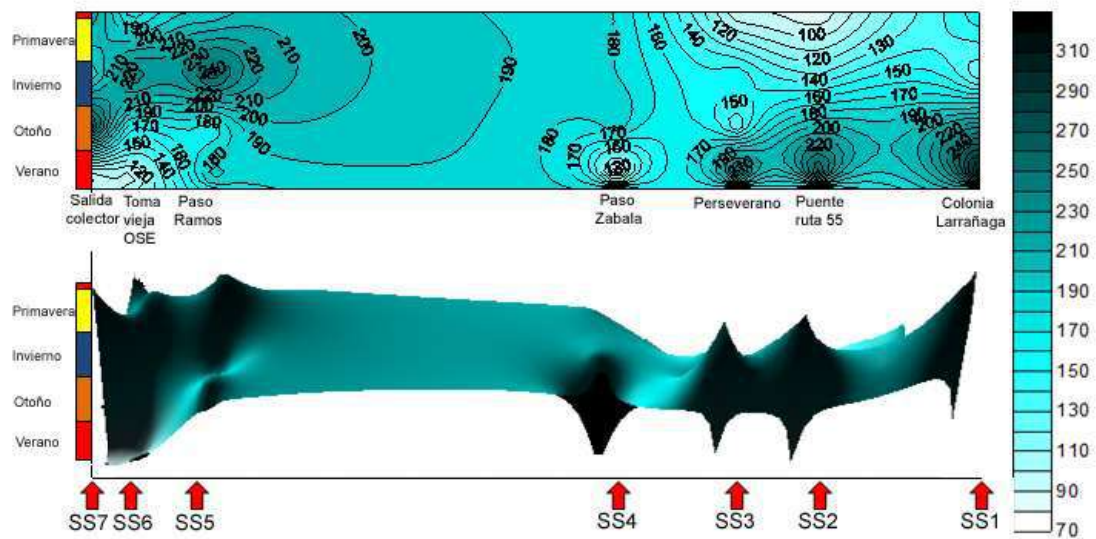
Fluctuación espacio-temporal de la Alcalinidad.



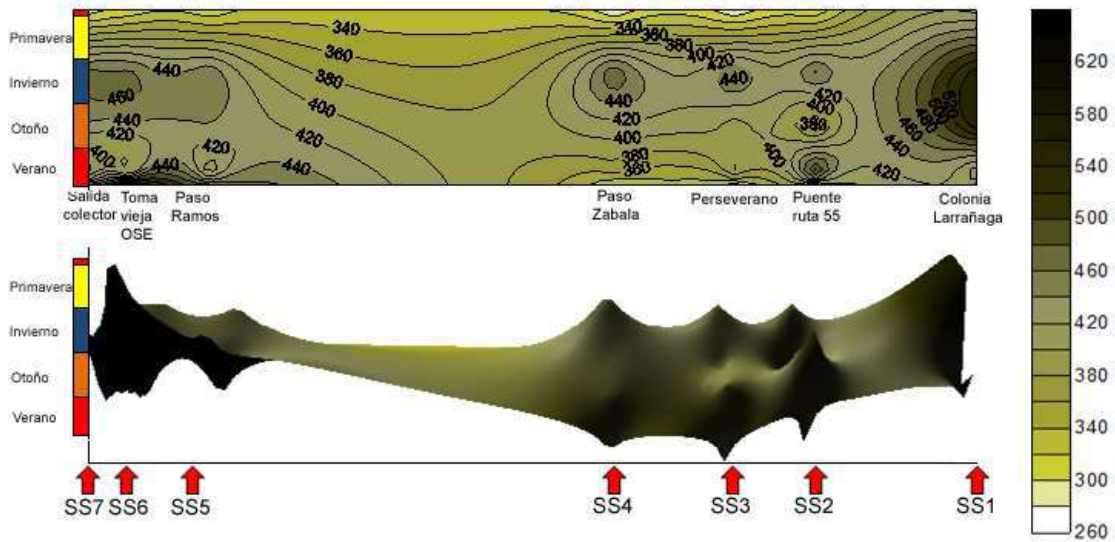
Fluctuación espacio-temporal de los sólidos totales.



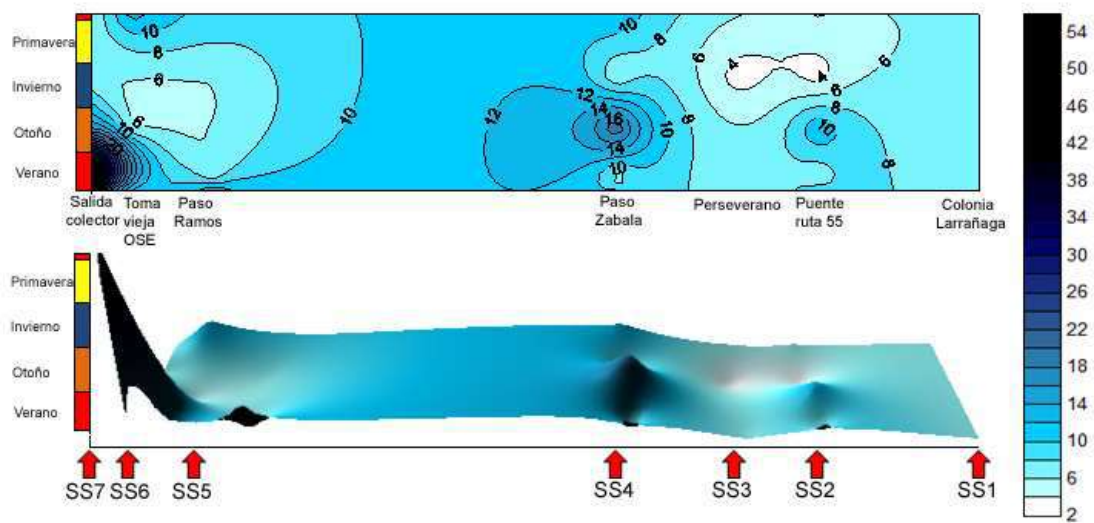
Fluctuación espacio-temporal de los sólidos totales fijos.



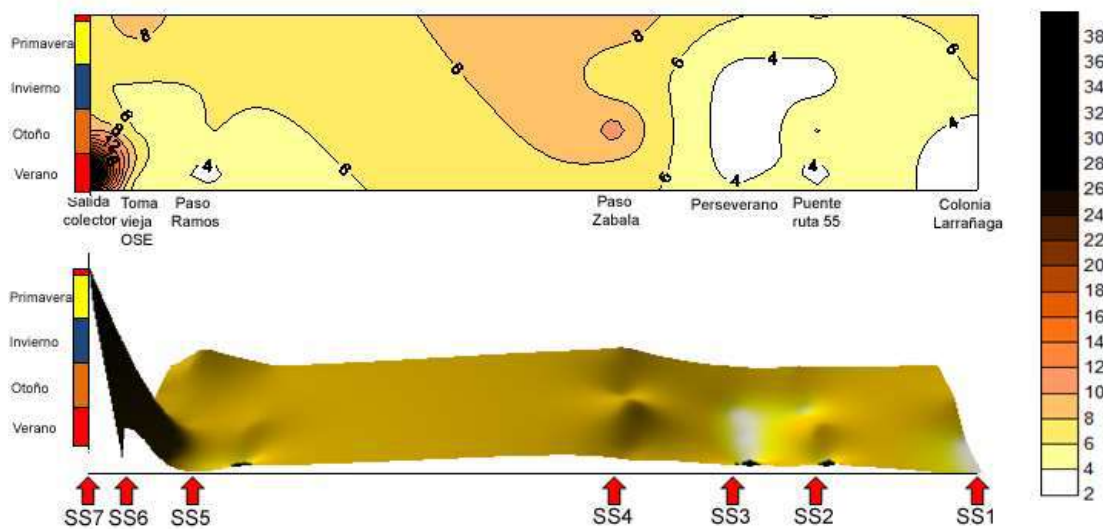
Fluctuación espacio-temporal de los sólidos totales volátiles.



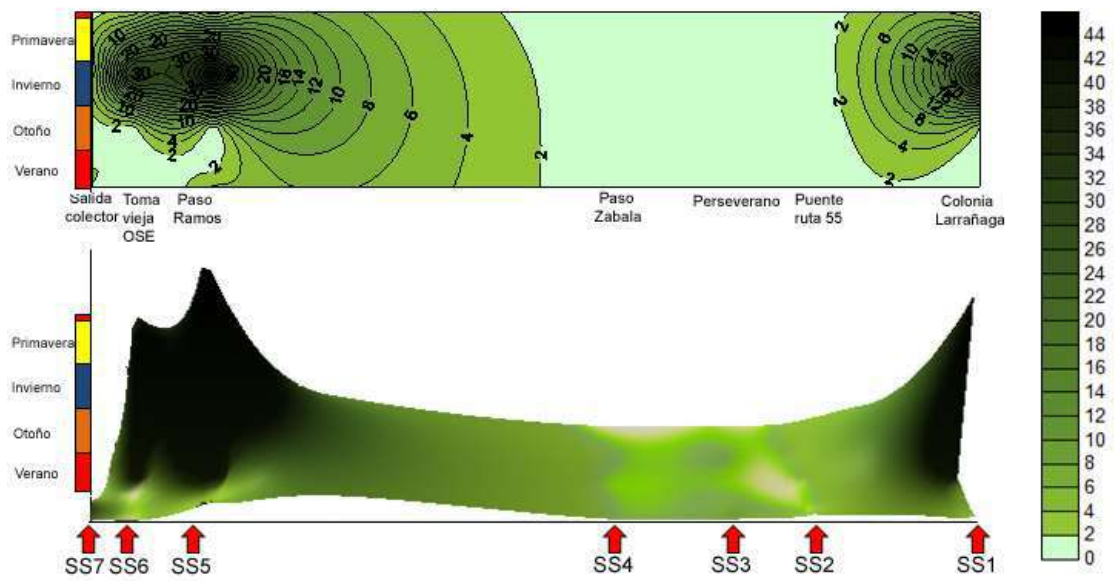
Fluctuación espacio-temporal de los sólidos disueltos totales.



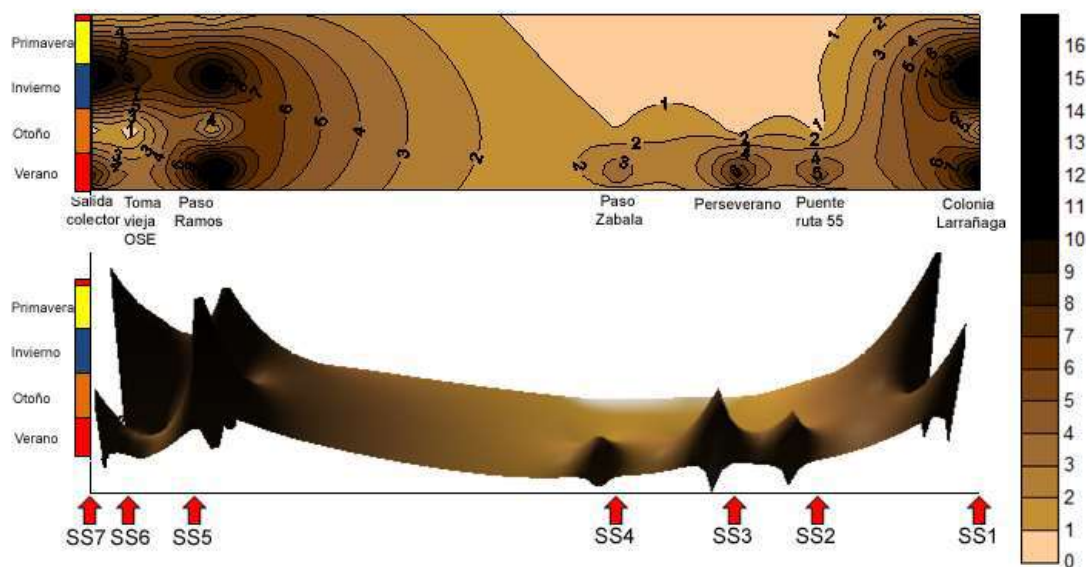
Fluctuación espacio-temporal de los sólidos suspendidos totales.



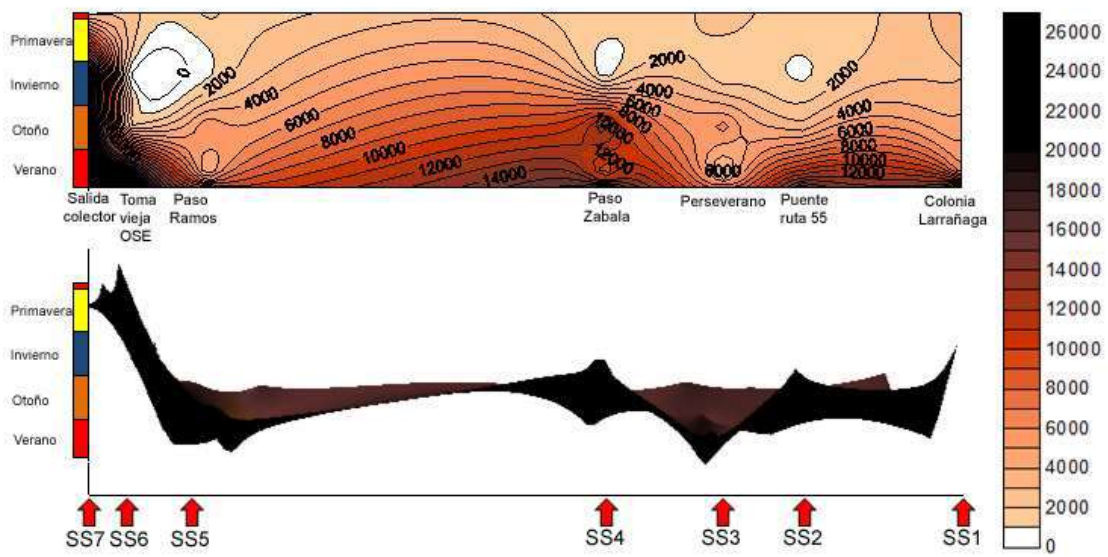
Fluctuación espacio-temporal de los sólidos suspendidos fijos.



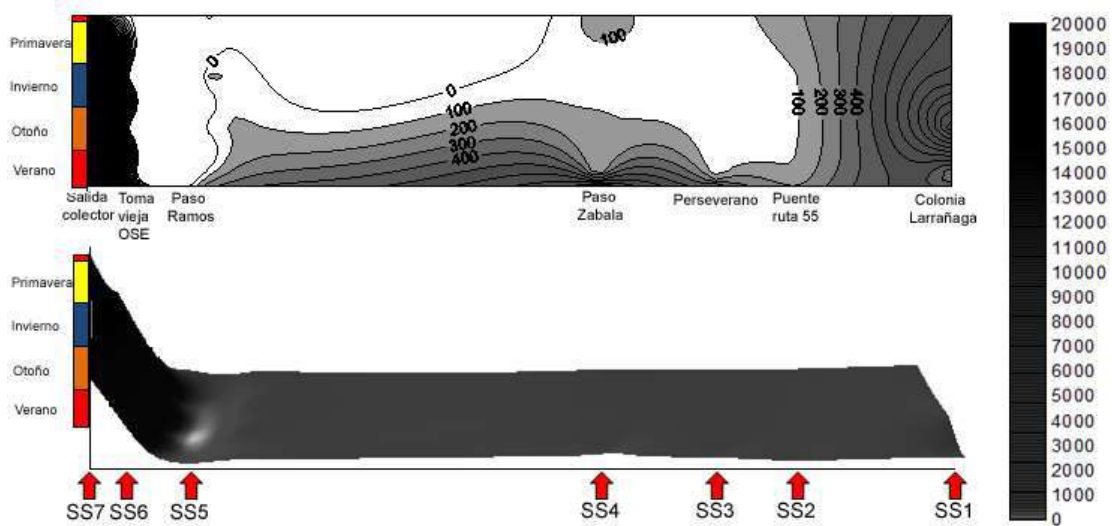
Fluctuación espacio-temporal de la clorofila *a*.



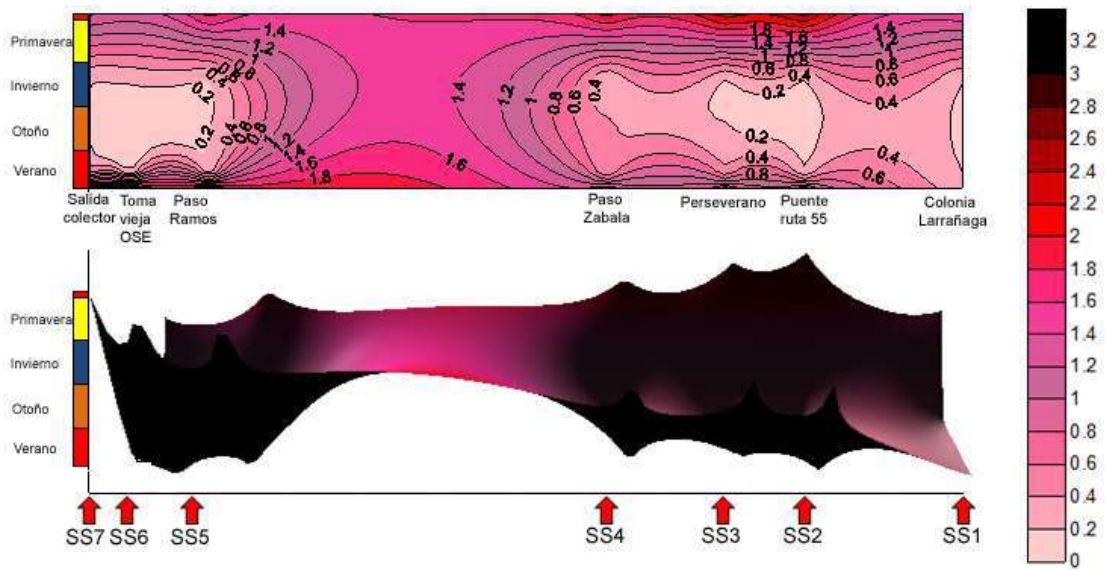
Fluctuación espacio-temporal de los feopigmentos.



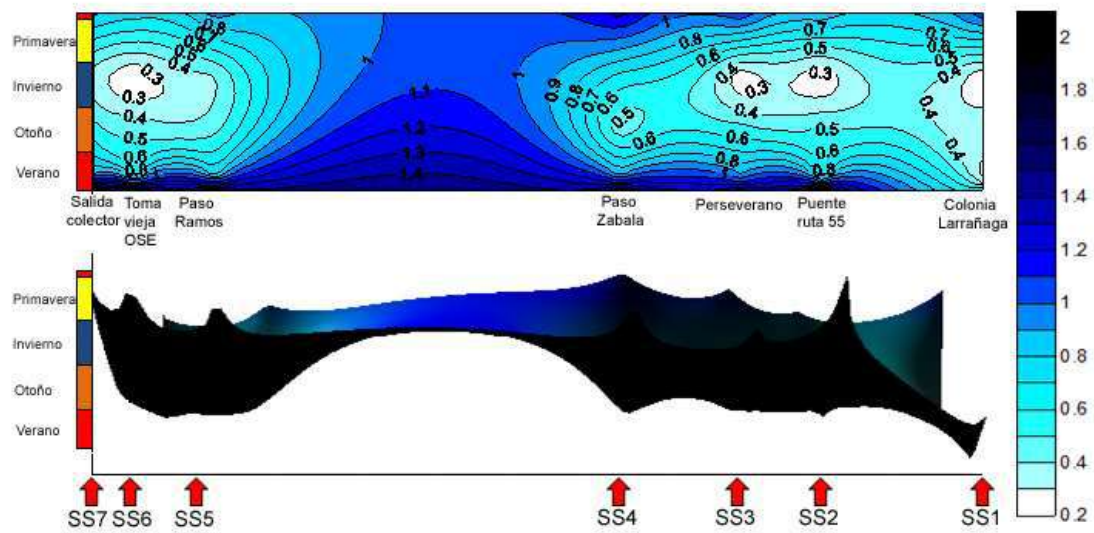
Fluctuación espacio-temporal de los coliformes totales.



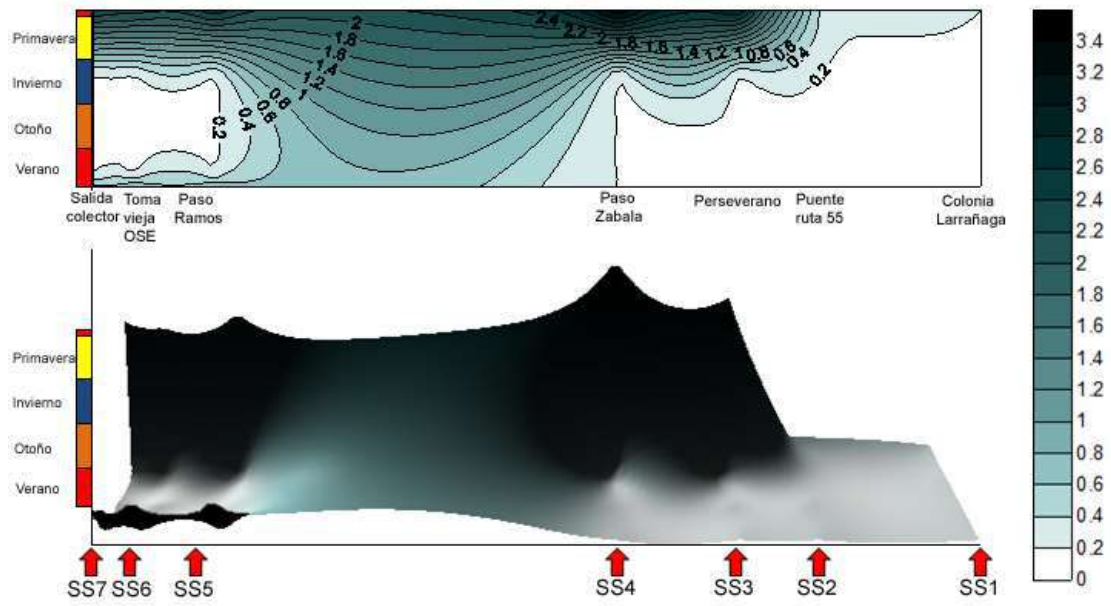
Fluctuación espacio-temporal de *E. coli*.



Fluctuación espacio-temporal del glifosato.

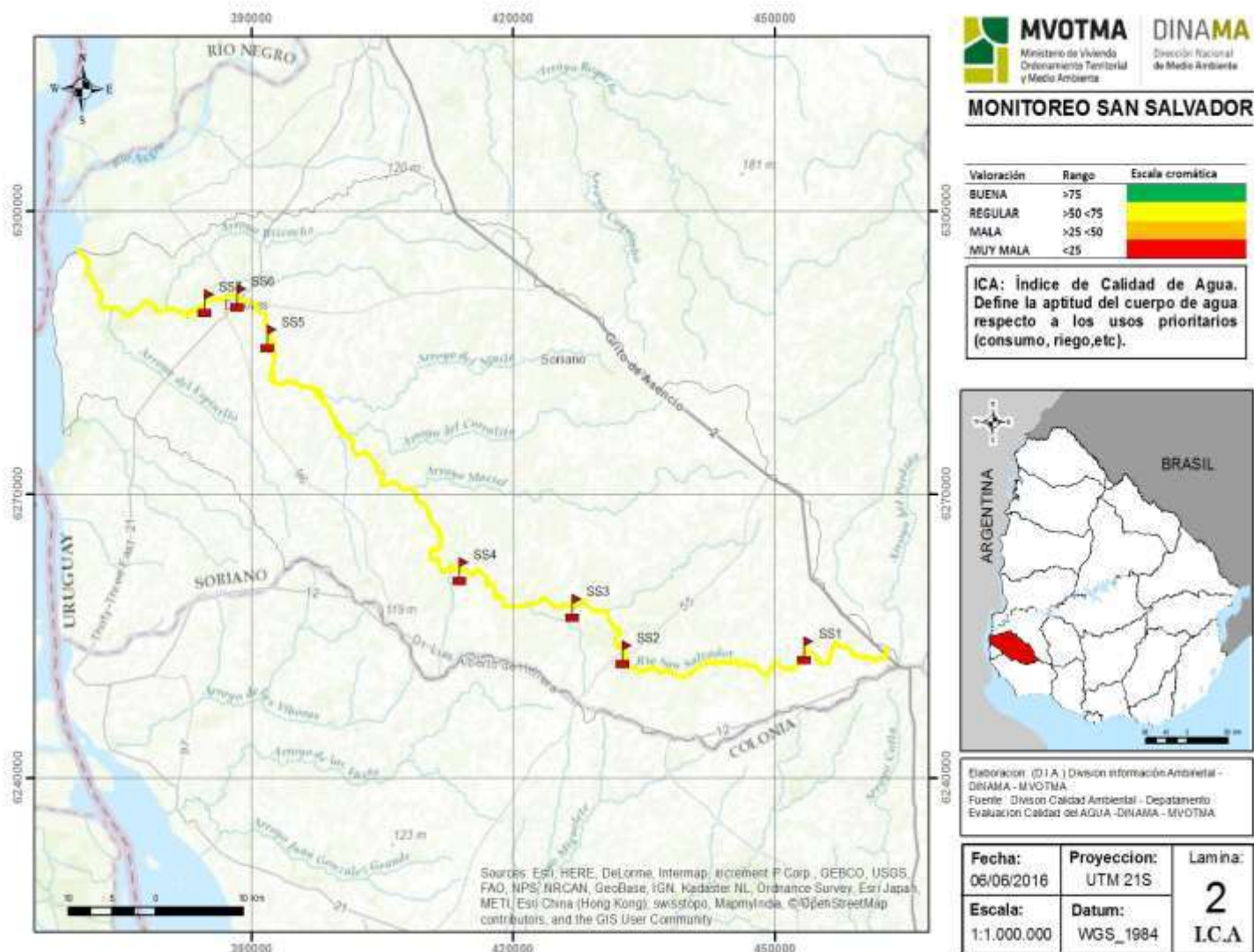


Fluctuación espacio-temporal de AMPA.

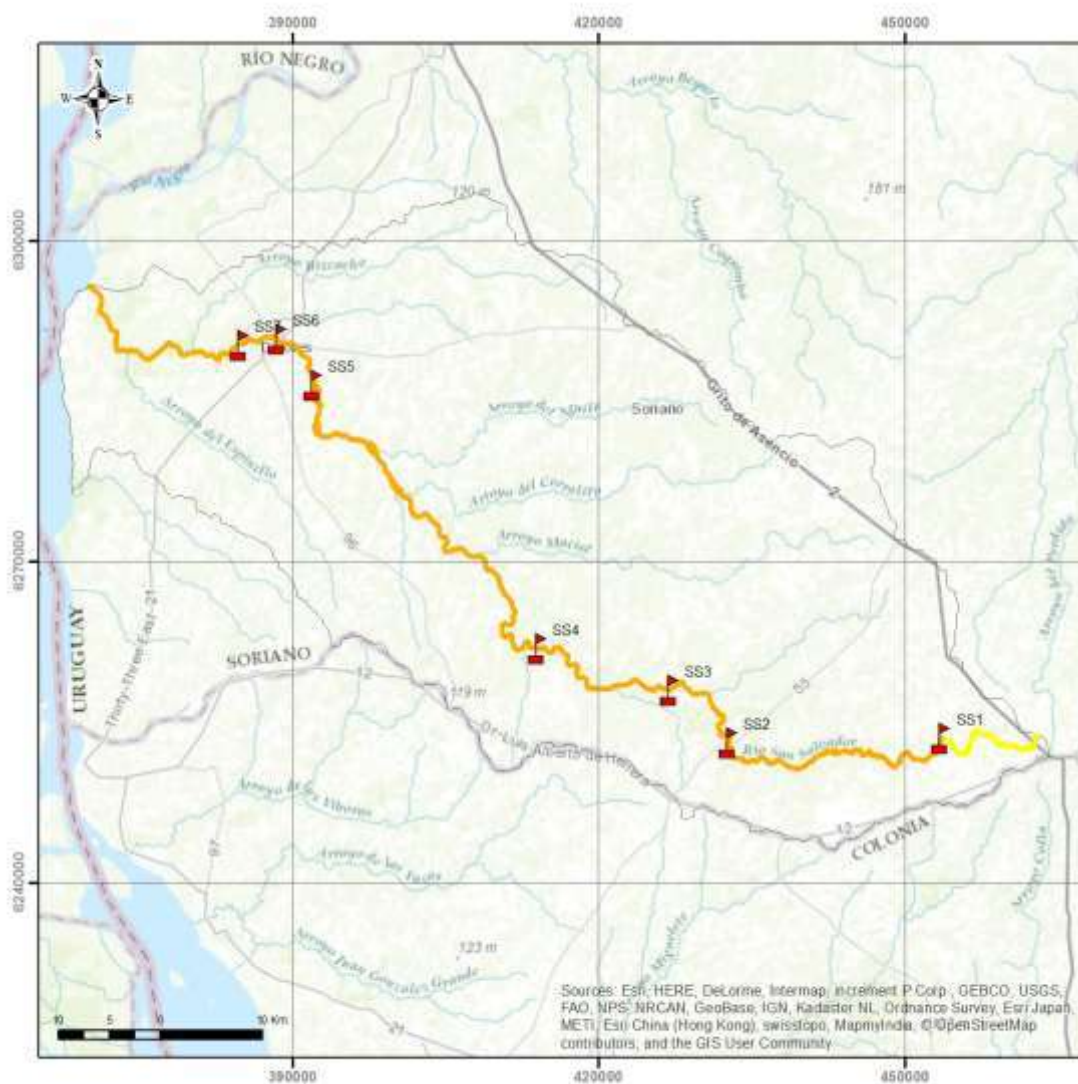


Fluctuación espacio-temporal de la atrazina.

Anexo 2: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación de índice de calidad ICA-SL



Anexo 3: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación de índice de estado trófico.



MONITOREO SAN SALVADOR

Nivel trófico	Fosforo total (mg/l)	IET
Ultraoligotrófico	$\leq 0,013$	≤ 47
Oligotrófico	$0,013 < PT \leq 0,025$	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$0,025 < PT \leq 0,117$	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$0,117 < PT \leq 0,296$	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$0,296 < PT \leq 0,640$	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$> 0,640$	> 67

IET: Índice de Estado Trófico. Clasifica los cuerpos de agua en diferentes grados de trofia (enriquecimiento de nutrientes).



Elaboración: (D.I.A.) División Información Ambiental - DINAMA - MVOTMA
Fuente: División Calidad Ambiental - Departamento Evaluación Calidad del AGUA - DINAMA - MVOTMA

Fecha:	Proyección:	Lamina:
06/06/2016	UTM 21S	1
Escala:	Datum:	I.E.T
1:500.000	WGS_1984	