



MVOTMA

Ministerio de Vivienda
Ordenamiento Territorial
y Medio Ambiente

PLAN DE MONITOREO RÍO SAN SALVADOR Informe de actividades y presentación de resultados

2014



DIRECCION NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE

División Calidad Ambiental

Departamento Seguimiento de Componentes del Ambiente

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

Gabriel Yorda

Malvina Masdeu

Análisis de Laboratorio: División Laboratorio Ambiental

DINAMA

Jefa Laboratorio: Natalia Barboza

Personal responsable del Análisis de la Información

Guillermo Cervetto

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivo del Reporte	6
3. ASPECTOS METODOLOGICOS.....	6
3.1. Plan de Trabajo.....	6
3.2. Frecuencia de muestreo.....	6
3.3. Sitios de muestreo.....	6
3.4. Parámetros Monitoreados	8
3.5. Actividades	9
4. RESULTADOS	9
4.1. Temperatura.....	10
4.2. Conductividad	10
4.3. Oxígeno disuelto.....	11
4.4. pH	11
4.5. Transparencia	12
4.6. Sólidos totales	13
4.7. Sólidos totales fijos.....	11
4.8. Sólidos totales volátiles	14
4.9. Sólidos suspendidos totales	14
4.10. Sólidos suspendidos fijos.....	15
4.11. Sólidos disueltos totales.....	15
4.12. Clorofila	16
4.13. Feofitina	16
4.14. Coliformes totales	17
4.15. E. coli	17
4.16. Glifosato	18
4.17. AMPA.....	19
4.18. Atrazina	19
5. SÍNTESIS.....	20

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Cuenca del río San Salvador	5
Fig. 2: Río San Salvador y ubicación de las estaciones de muestreo	7
Fig. 3: Variación espacial de la temperatura en la cuenca del río San Salvador.	10
Fig. 4: Variación espacial de la conductividad en la cuenca del río San Salvador.....	10
Fig. 5: Variación espacial del oxígeno disuelto en la cuenca del río San Salvador.....	11
Fig. 6: Variación espacial del pH en la cuenca del río San Salvador.....	12
Fig. 7: Variación espacial de la transparencia en la cuenca del río San Salvador.	12
Fig. 8: Variación espacial de los sólidos totales en la cuenca del río San Salvador.	13
Fig. 9: Variación espacial de los sólidos totales fijos en la cuenca del río San Salvador.	13
Fig. 10: Variación espacial de los sólidos totales volátiles en la cuenca San Salvador	14
Fig. 11: Variación espacial de los sólidos suspendidos totales en la cuenca San Salvador.....	14
Fig. 12: Variación espacial de los sólidos suspendidos fijos en la cuenca del río San Salvador..	15
Fig. 13: Variación espacial de los sólidos disueltos totales en la cuenca del río San Salvador. ..	15
Fig. 14: Variación espacial de la clorofila en la cuenca del río San Salvador.	16
Fig. 15: Variación espacial de la feofitina en la cuenca del río San Salvador.....	16
Fig. 16: Variación espacial de los coliformes totales en la cuenca del río San Salvador.....	17
Fig. 17: Variación espacial de E. coli en la cuenca del río San Salvador.....	18

Fig. 18: Variación espacial del glifosato en la cuenca del río San Salvador.	18
Fig. 19: Variación espacial del AMPA en la cuenca del río San Salvador.	19
Fig. 20: Variación espacial de la atrazina en la cuenca del río San Salvador.	20

INDICE DE TABLAS

Tabla I: Identificación, ubicación y características de las estaciones de muestreo.	8
Tabla II: Variables aportadas por DINAMA (matriz agua).	8
Tabla III: Variables aportadas por OSE (matriz agua).	8
Tabla IV: Variables aportadas por MGAP (matriz agua y sedimentos).	9
Tabla V: Estándares propuestos en el decreto 253 para variables contempladas en este monitoreo.	9

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Valores de las variables ambientales observados en los tres muestreos de 2014.	21
Anexo 2: Variables consideradas en los muestreos del río San Salvador durante 2014.	21
Anexo 3: Fitosanitarios analizados en el monitoreo del río San Salvador.	22
Anexo 4: Variables biológicas consideradas en los muestreos del río San Salvador.	22
Anexo 5: Gráficos tridimensionales de variación espacio-temporal.	23

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).

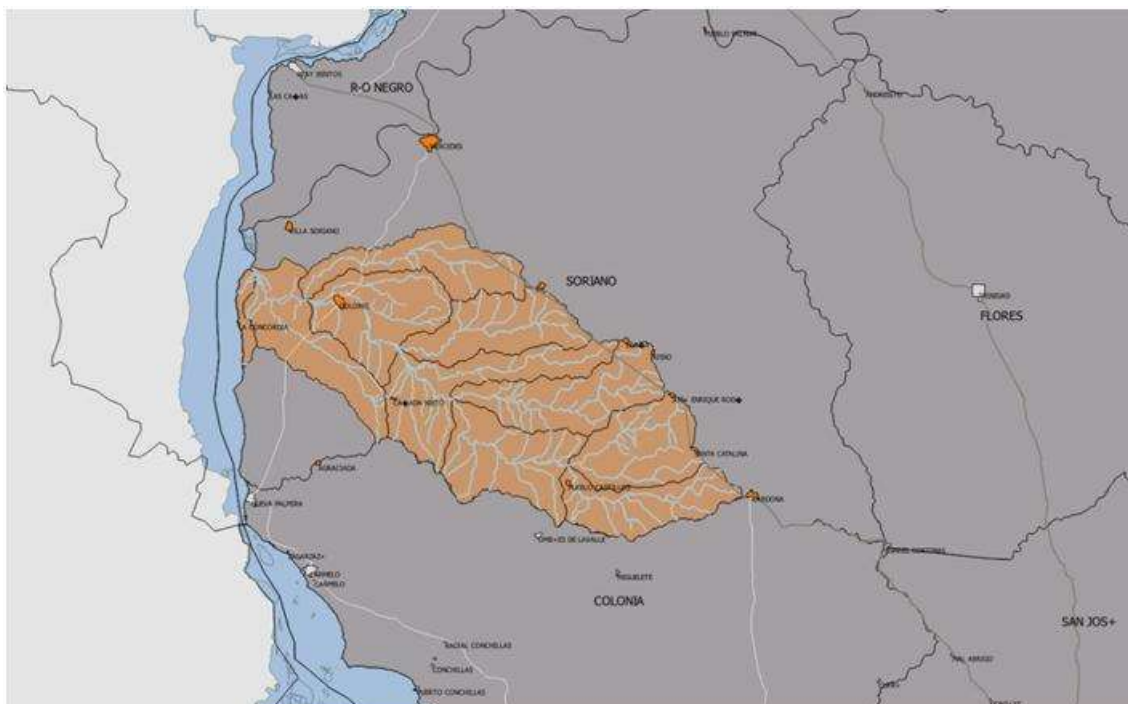


Fig. 1: Cuenca del río San Salvador

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 (Dcto 405/2008 MGAP), 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 2014.

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 (la distancia extrema entre estaciones es de 85 Km.) cada dos meses.

3.3. Sitios de muestreo

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

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 2014 se desarrollaron tres muestreos, en los meses de 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 las variables fitosanitarias.



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

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).

Se resalta un problema surgido con la variable coliformes termotolerantes (resultados aportados por OSE): la rutina de OSE es el muestreo de coliformes totales y de *E. coli*. Si bien en las reuniones se decidió medir los coliformes termotolerantes, los resultados aportados por OSE fueron (hasta el momento) los de su rutina. Ya se ha hecho el pedido de incorporar esa variable para los futuros muestreos.

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 interesante/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
SS6	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	ColiT	Ec	TURB	Nt	Pt	TOC	Color	Dureza	Alcal	Cl	NO3	NO2	NH4	DBO5	DQO	Fito total	Zoo total	Valvas/Diat.	Cianobac.	Oscilat.	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
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
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	Endos α	Endos β	Endos SO ₄	Glifosato	AMPA	Atrazina	Clorpirifos
SS1	x	x	x	x	x	x	x
SS2	x	x	x	x	x	x	x
SS3	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x
SS4	x	x	x	x	x	x	x
SS5	x	x	x	x	x	x	x
SS6	x	x	x	x	x	x	x
SS7	x-x	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.

Tabla V: Estándares propuestos en el decreto 253 y el Grupo de Estandarización Técnica de estándares de agua – COTAMA (2008), para variables contempladas en este monitoreo.

Parámetro	Objetivo de calidad
pH	6,5 - 8,5
Oxígeno disuelto	5 mg/l
Nitritos	≤ 0,02 mg/l como nitrógeno
Nitratos	≤ 5 mg/l como nitrógeno
Fósforo total	≤ 100 µg/l como nitrógeno
Atrazina	1,8 µg/l
Clorpirifos	0,035 µg/l
Glifosato	65 µg/l
Endosulfán	0,02 µg/l

(*) aclaracion: los estándares de: Atrazina, Clorpirifos, Glifosato, no figuran en el Dcto. 253/79 y se toman los niveles referenciados en el documento del Grupo de Estandarización Técnica de estándares de agua – COTAMA (2008)

3.5. Actividades

Durante 2014 se realizaron 3 muestreos, correspondientes a los meses de mayo, julio y octubre. De ellos, el primero se realizó en buenas condiciones climáticas y los dos restantes en condiciones de tormenta. En las tres oportunidades el río estaba en condiciones apreciables de crecida.

A pesar de estas circunstancias los muestreos se desarrollaron con normalidad. Con la excepción de la suspensión de la estación SS4 en julio (camino cortado por crecida), sólo debieron suspenderse los muestreos de sedimentos; lo mismo que en la estación SS7 en octubre donde tampoco se pudieron muestrear sedimentos. Con frecuencia debió la medición de la transparencia (por disco de Secchi) debido a la fuerte corriente. Las variables ambientales se midieron en todos los puntos y se tomaron las muestras para mediciones químicas en todos los casos.

4. RESULTADOS

En los anexos 1, 2, 3 y 4 se presentan todos los resultados obtenidos hasta el momento. Para facilitar la visualización, se dividió la totalidad de los datos en varias tablas. Las variables presentadas en cada tabla fueron seleccionadas en forma arbitraria intentando, dentro de lo posible, mantener unidad de criterio en la división. De esta forma, los anexos 1 y 2 representan las variables físico-químicas, el anexo 3 los aportes fitosanitarios y el anexo 4 variables biológicas. No se incluyó la clorofila y los feopigmentos en esta tabla, ya que las variables presentadas no son parte del proyecto de monitoreo, sino un agregado de OSE (que considera rutinariamente esas variables). Las variables consideradas en esta Tabla VIII son, entonces, información complementaria.

4.1. Temperatura

La temperatura varió entre un mínimo de 14.6 °C (estación SS7 en julio) y un máximo de 26°C (estación SS4 en octubre), con un promedio de 19.9 °C (Anexo 1).

El promedio y rango de variación de la temperatura es similar en todas las estaciones, mostrando la preponderancia del factor tiempo (estacional) sobre el factor espacial (distancia) (Fig. 3).

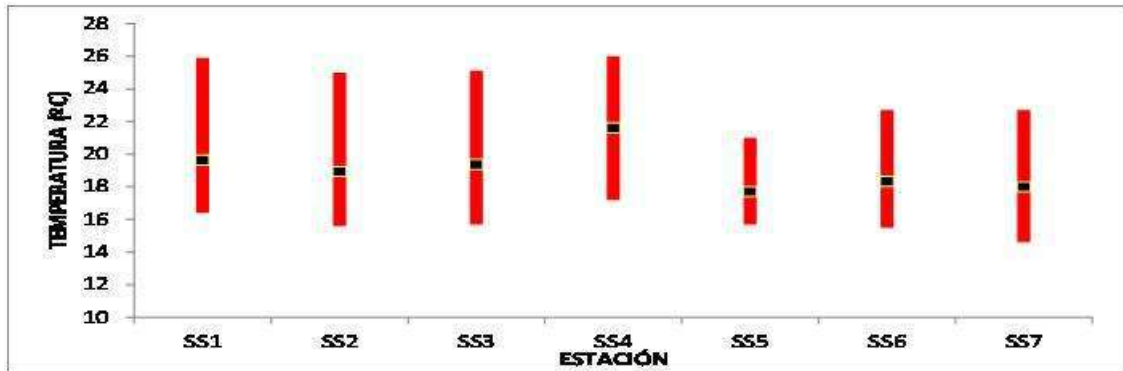


Fig. 3: Variación espacial de la temperatura en la cuenca del río San Salvador.

4.2. Conductividad

La conductividad presentó un mínimo de 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estación SS3 en julio) y un máximo de 694 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estación SS1 en octubre), con un promedio de 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Anexo 1). Se aprecia un decrecimiento de la conductividad desde las nacientes hacia la desembocadura (Fig. 4).

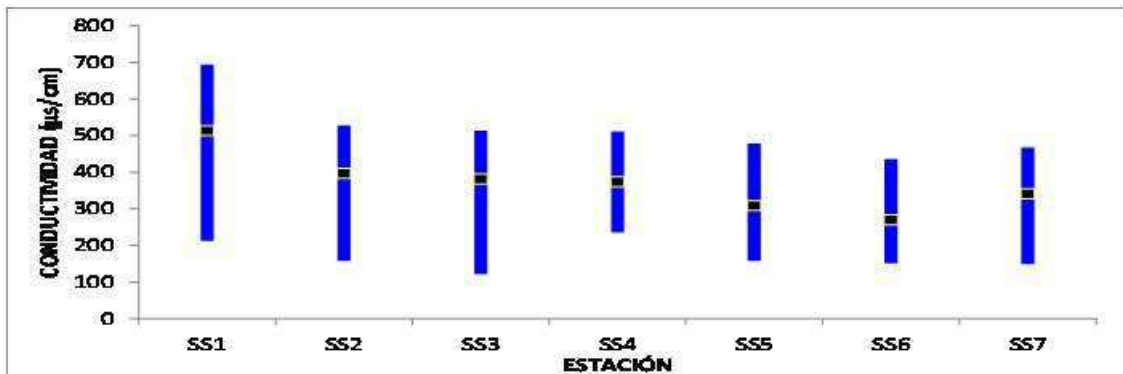


Fig. 4: Variación espacial de la conductividad en la cuenca del río San Salvador.

4.3. Oxígeno disuelto

El oxígeno Disuelto fluctuó entre un mínimo de 4 mg/l (estación SS2 en octubre) y un máximo de 9.31 mg/l (estación SS5 en mayo), con un promedio de 7.4 mg/l (Anexo 1). En el período de monitoreo el OD es más influenciado por el factor tiempo que por el factor espacial, con máximos en invierno y mínimos en primavera (Anexo 5). La variación espacial del oxígeno es reducida, mostrando valores más altos en las estaciones más próximas a la desembocadura

(Fig. 5). El OD se mantiene dentro de los términos establecidos por el estándar. Sólo en una ocasión (estación SS2 en octubre) se registró un valor inferior a los 5 mg/l establecidos.

4.4. pH

El pH del río San Salvador en el período estudiado varió entre 7.453 (estación SS2 en julio) y 8.21 (estación SS4 en mayo), con un promedio de 7.9 (Anexo 1). En líneas generales se aprecia un gradiente decreciente hacia los meses más cálidos (Anexo 5), asimismo, un gradiente creciente desde las nacientes hacia la desembocadura (Fig. 6). En todos los valores observados el pH se mantiene dentro de los rangos estipulados en el decreto 253.

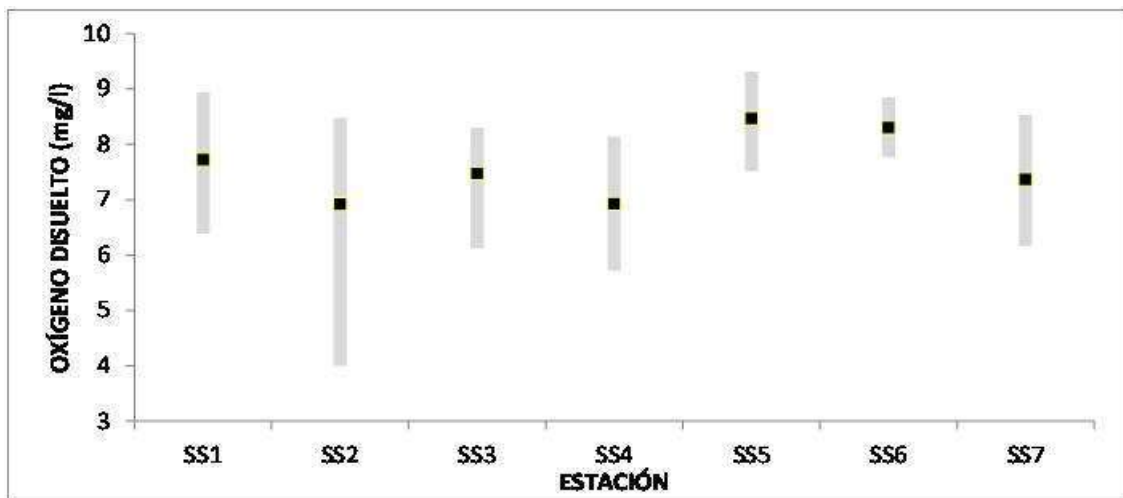


Fig. 5: Variación espacial del oxígeno disuelto en la cuenca del río San Salvador.

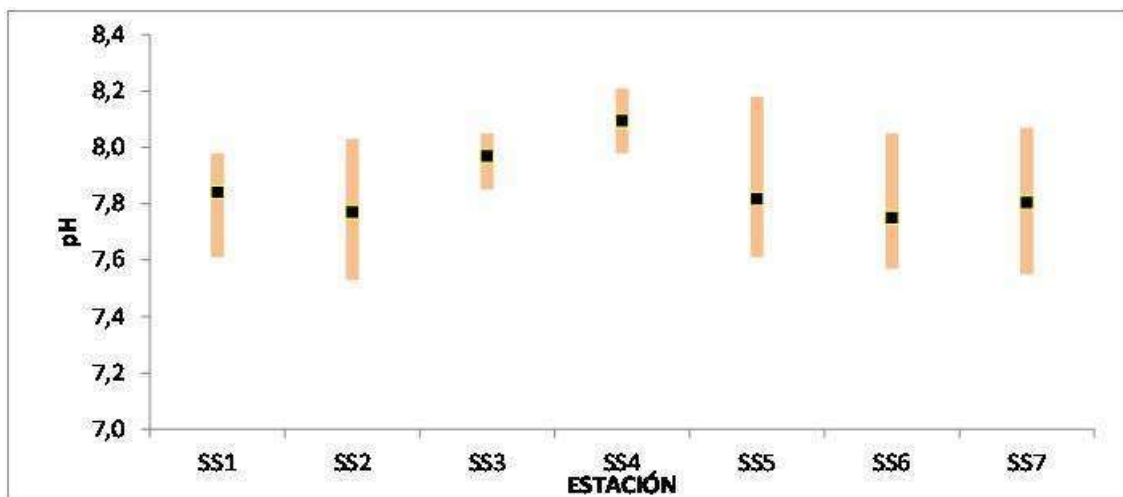


Fig. 6: Variación espacial del pH en la cuenca del río San Salvador.

4.5. Transparencia

La transparencia, medida con el disco de Secchi, presentó un mínimo de 0.12 m (estación SS3 en julio) y un máximo de 1.77m (estación SS7 en mayo), con un promedio de 0.7m (Anexo 1). 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 (Fig. 7). Asimismo, más altos valores en el muestreo de mayo, resultado esperable si se considera la situación hidrológica y climática en los otros dos muestreos. En el muestreo de octubre no fue posible utilizar el disco se Secchi, por lo que no hay mediciones de transparencia. Esta medición ha resultado problemática, ya que en ocasiones la fuerte corriente impidió su utilización, y en otros casos la poca profundidad imposibilitó las mediciones.

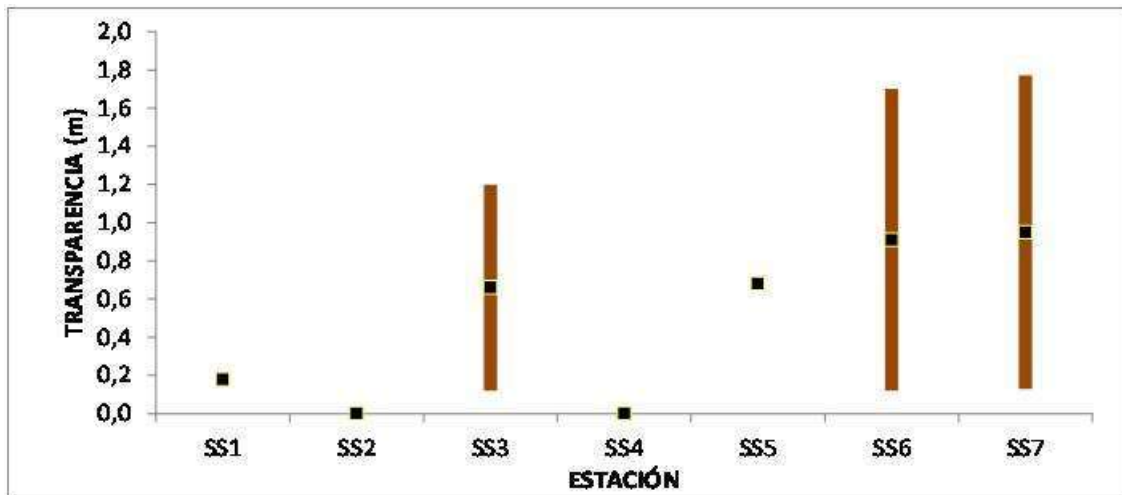


Fig. 7: Variación espacial de la transparencia en la cuenca del río San Salvador.

4.6. Sólidos totales

Los sólidos totales presentaron un mínimo de 225 mg/l (estación SS/ en julio) y un máximo de 920 mg/l en dos ocasiones: estaciones SS3 y SS4 en mayo, con un promedio de 498 mg/l (Anexo 1). Se aprecia un aporte de ST en las estaciones SS3 y SS4 (Fig. 8). Estos aportes son, tal vez, relacionados con las descargas de los arroyos San Martín y Del Medio (próximas a la estación 3).

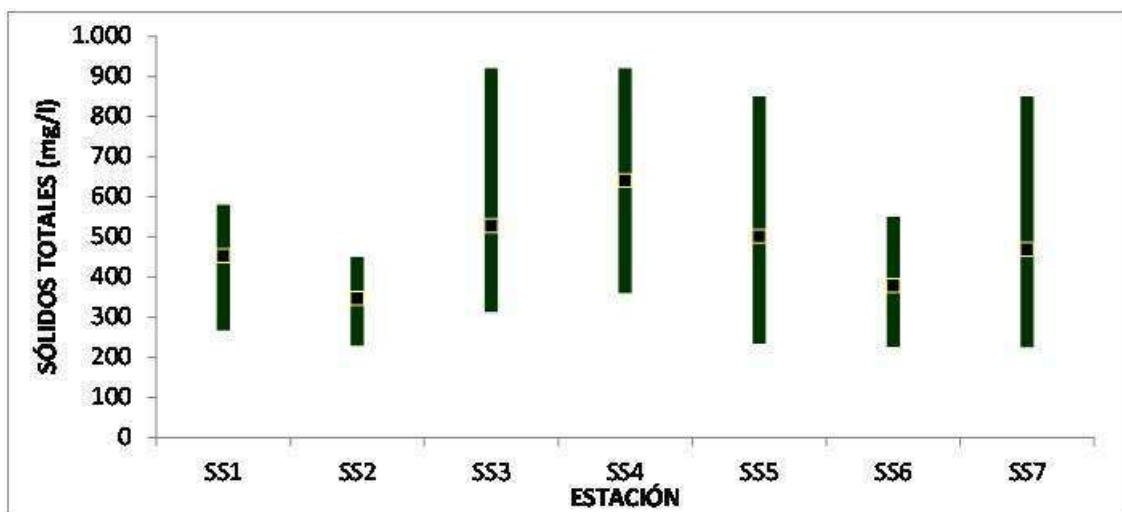


Fig. 8: Variación espacial de los sólidos totales en la cuenca del río San Salvador.

4.7. Sólidos totales fijos

Los sólidos totales fijos mostraron un mínimo de 166 mg/l (estación 2 en julio) y un máximo de 850 mg/l (estación SS5 en octubre), con un promedio de 368 mg/l (Anexo 2). Se observan altas concentraciones en la estación SS1 en el muestreo de julio y en la estación SS3 en el muestreo de mayo (Anexo 5). Desde el punto de vista espacial se aprecian mayores concentraciones en las estaciones de la porción media del río (Fig. 9).

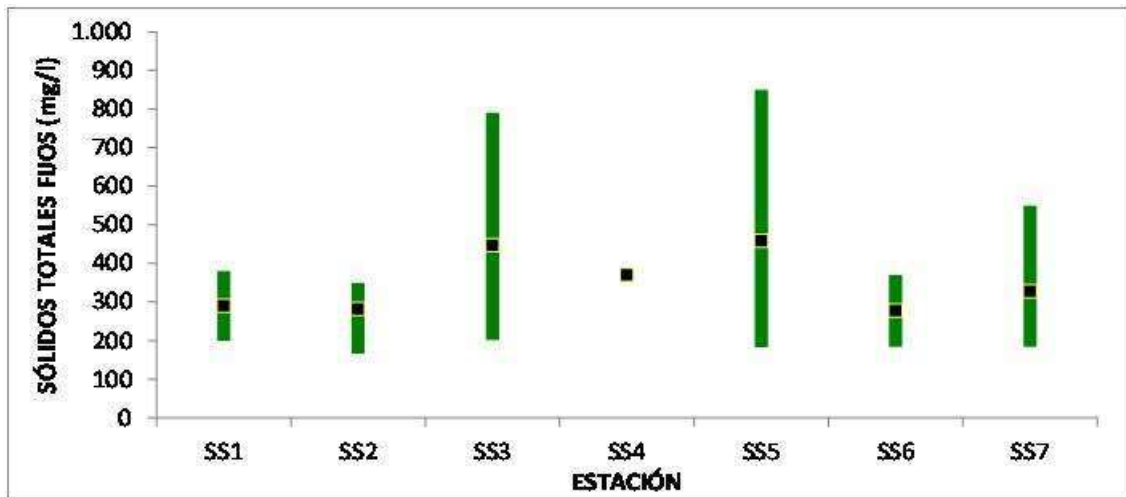


Fig. 9: Variación espacial de los sólidos totales fijos en la cuenca del río San Salvador.

4.8. Sólidos totales volátiles

Los sólidos totales volátiles fluctuaron entre un mínimo de 41 mg/l (estación SS7 en julio) y un máximo de 530 mg/l (estación SS4 en mayo), con un promedio de 174 mg/l (Anexo 2). Se aprecian más altas concentraciones en el muestreo de mayo en la estación SS4 (Fig. 10).

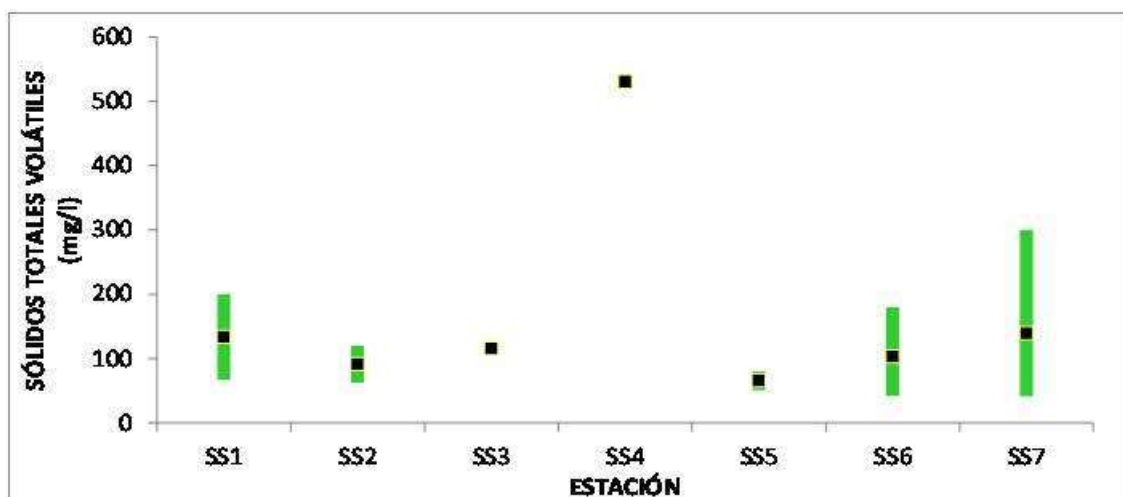


Fig. 10: Variación espacial de los sólidos totales volátiles en la cuenca del río San Salvador.

4.9. Sólidos suspendidos totales

Los sólidos suspendidos totales variaron su concentración entre 3.8 mg/l (Estación SS7 en mayo) y un máximo de 670 mg/l (estación SS5 en octubre), con un promedio de 65 mg/l (Anexo 2). Se registran mayores concentraciones en las estaciones más cercanas a la desembocadura (Fig. 11)

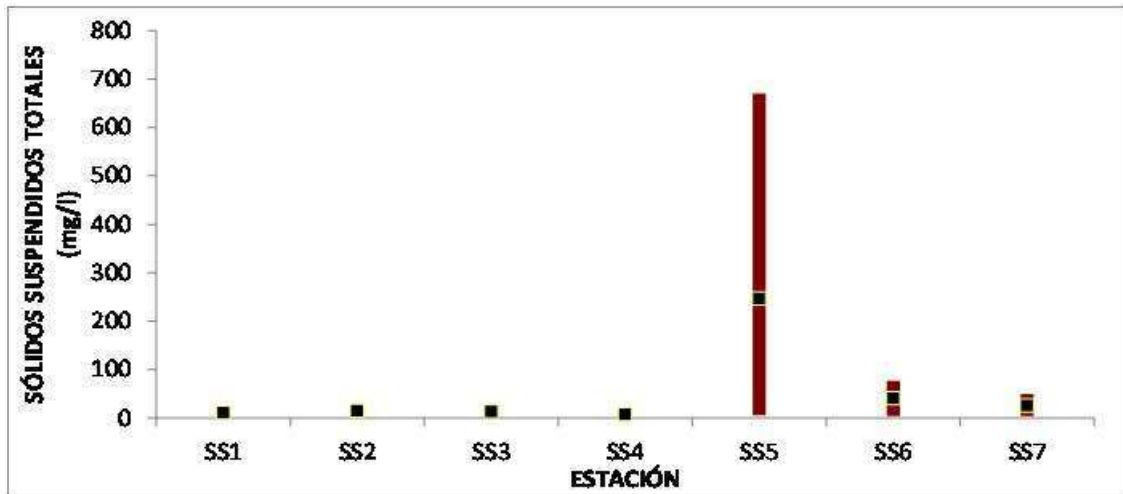


Fig. 11: Variación espacial de los sólidos suspendidos totales en la cuenca del río San Salvador.

4.10. Sólidos suspendidos fijos

Los sólidos suspendidos fijos tuvieron concentraciones entre un mínimo por debajo del nivel de detección de la técnica (3 mg/l), en varias oportunidades y un máximo de 570 mg/l (estación SS5 en octubre), con un promedio de 58 mg/l (Anexo 2). Las mayores concentraciones se observan en las estaciones más próximas a la desembocadura (Fig. 12)

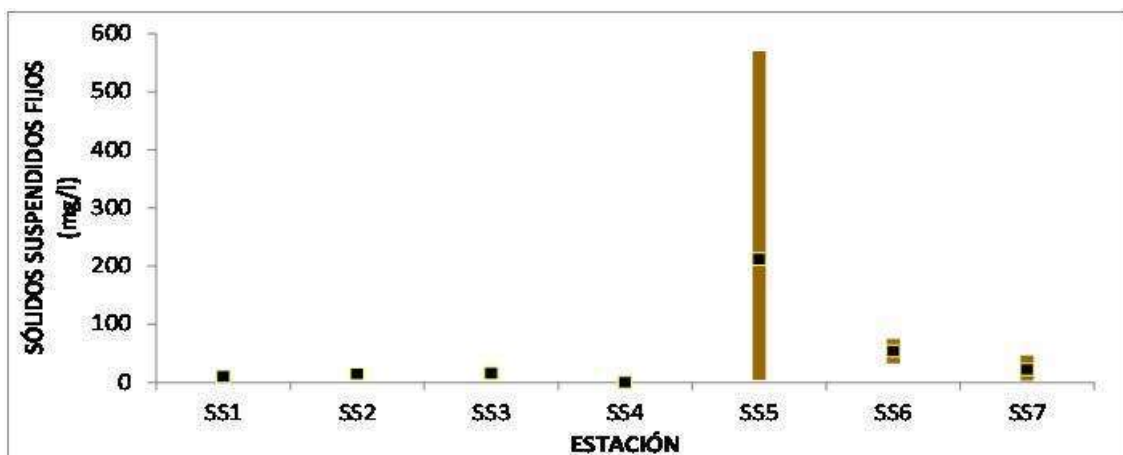


Fig. 12: Variación espacial de los sólidos suspendidos fijos en la cuenca del río San Salvador.

4.11. Sólidos disueltos totales

Las concentraciones de sólidos disueltos totales varían entre una mínima de 149 mg/l (estación SS6 en julio) y una máxima de 496 mg/l (estación SS1 en octubre), con un promedio de 316 mg/l (Anexo 2). Se aprecia una disminución de la concentración desde las estaciones de la cabecera hacia la desembocadura (Fig. 13).

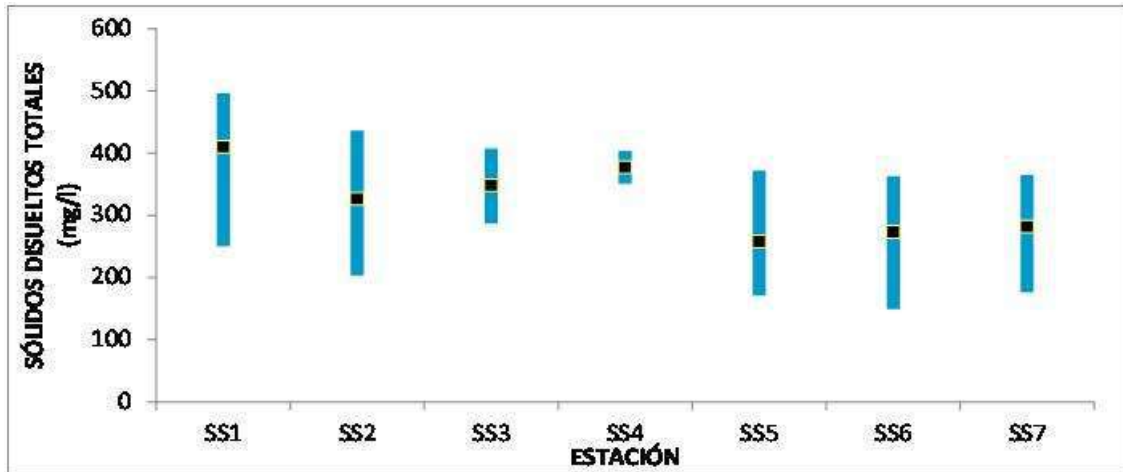


Fig. 13: Variación espacial de los sólidos disueltos totales en la cuenca del río San Salvador.

4.12. Clorofila

Los valores de clorofila variaron entre un mínimo por debajo del nivel de detección de la técnica ($0.1 \mu\text{g/l}$) en varias oportunidades y un máximo de $12 \mu\text{g/l}$ (estación SS1 en mayo), con un promedio de $2.26 \mu\text{g/l}$ (Anexo 2). Las mayores concentraciones de clorofila se observan en ambos extremos de la cuenca. En la cabecera, la estación SS1 presenta las más altas concentraciones, mientras que en el extremo de la desembocadura, las estaciones SS5, SS6 y SS7 muestran valores similares (Fig. 14, Anexo 5).

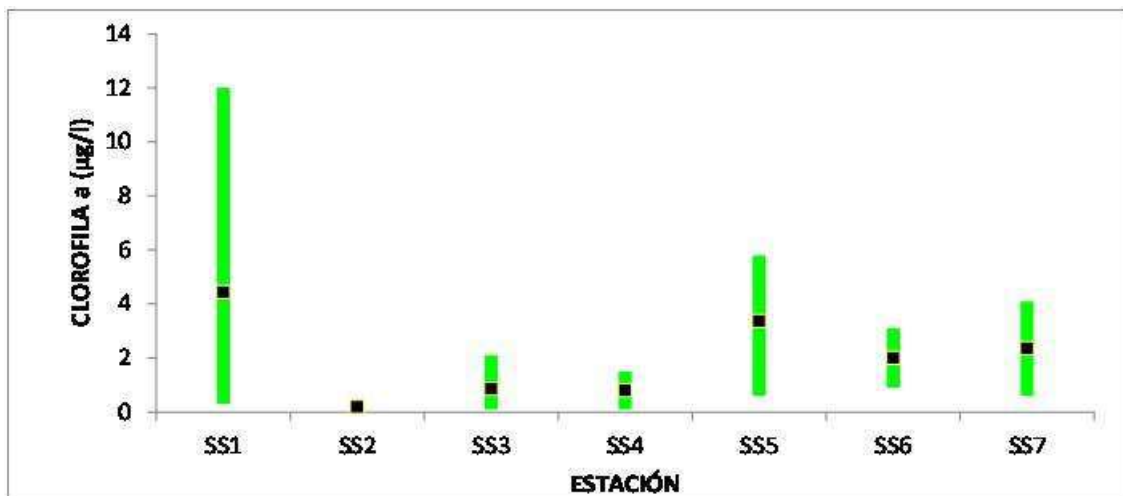


Fig. 14: Variación espacial de la clorofila en la cuenca del río San Salvador.

4.13. Feofitina

Las concentraciones de feofitina fluctuaron entre un mínimo de 0.1 $\mu\text{g/l}$ (estación SS3 en mayo) y un máximo de 9.8 $\mu\text{g/l}$ (estación SS7 en octubre), con un promedio de 2.96 $\mu\text{g/l}$ (Anexo 2). Las más altas concentraciones de feopigmentos se observan en las estaciones extremas de la cuenca (Fig. 15).

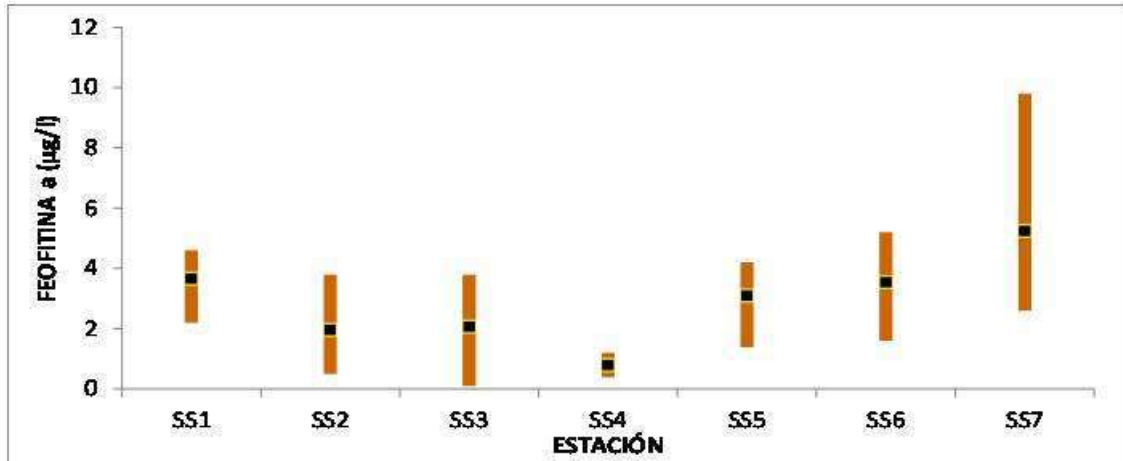


Fig. 15: Variación espacial de la feofitina en la cuenca del río San Salvador.

4.14. Coliformes totales

Las abundancias de coliformes totales fluctuaron entre un mínimo de 1600 UFC/100 ml (estación SS6 en mayo) y un máximo de 24000 UFC/100 ml (o >24000) en varias oportunidades (Anexo 4), con un promedio de 11628 UFC/100ml. Se observan altas abundancias de coliformes totales en la parte alta de la cuenca y en la última estación muestreada. En este último caso, las abundancias responden al vertido del caño colector de la ciudad de Dolores (siendo también punto de descarga de barométricas). La diferencia de abundancias entre las estaciones SS3 y SS4 marcaría el poder de autodepuración del río.

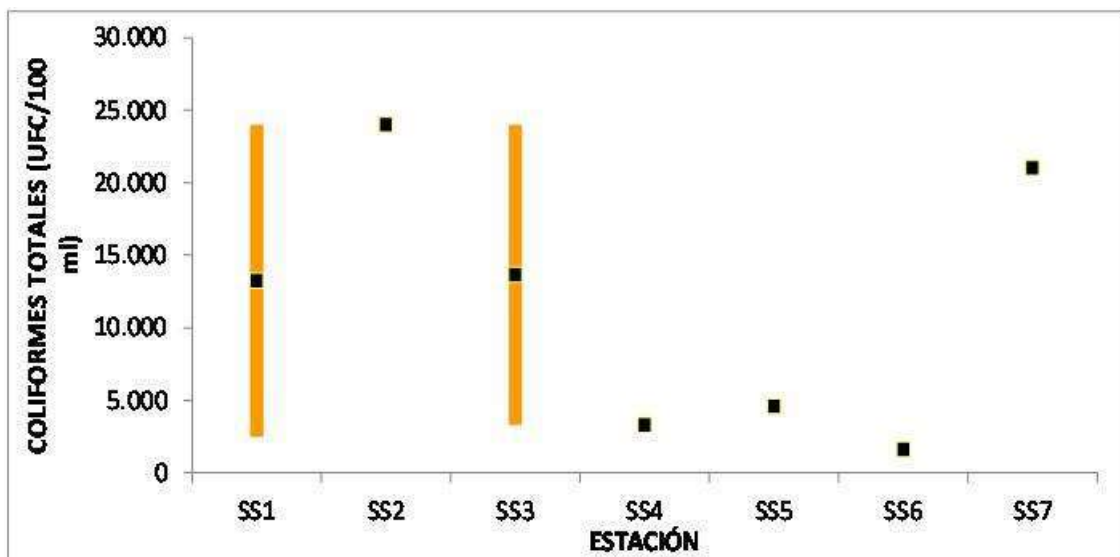


Fig. 16: Variación espacial de los coliformes totales en la cuenca del río San Salvador.

4.15. E. coli

Las abundancias de E. coli fluctuaron entre un mínimo de 120 UFC/100 ml (estación SS4 en octubre) y un máximo de 24000 UFC/100 ml (estación SS6 en octubre), con un promedio de 4301 UFC/100 ml (Anexo 4). Se observa un neto incremento hacia las estaciones de la desembocadura, con máximo en el muestreo de octubre. En forma secundaria se observan más altas concentraciones en la estación SS3 (Fig. 17, Anexo 5).

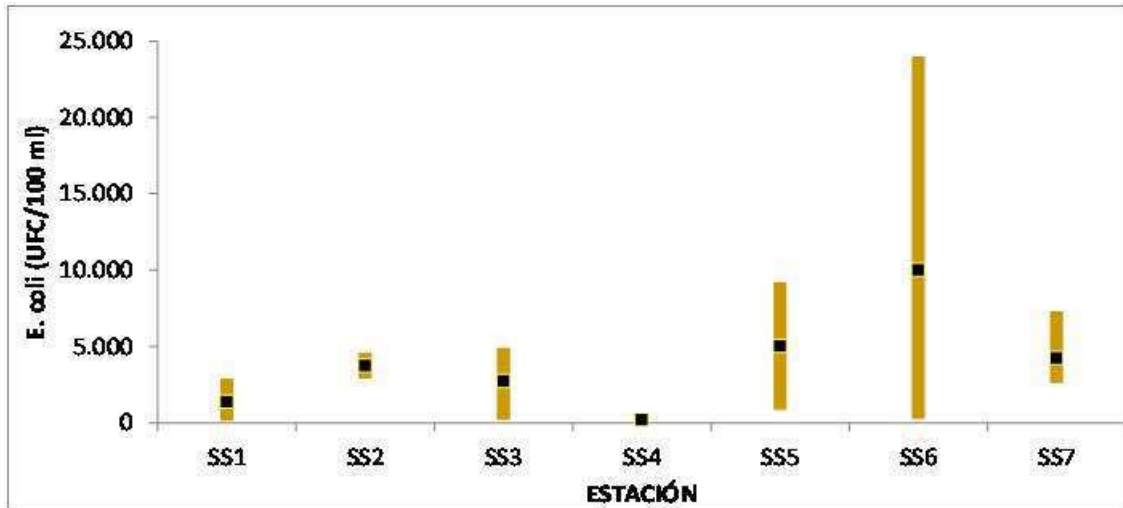


Fig. 17: Variación espacial de E. coli en la cuenca del río San Salvador.

4.16. Glifosato

Las concentraciones de glifosato en la cuenca del río San Salvador fluctuaron entre un mínimo de 0.32 $\mu\text{g/l}$ (estación SS1 en octubre) y un máximo de 15.2 $\mu\text{g/l}$ (estación SS3 en mayo), con un promedio de 3.96 $\mu\text{g/l}$ (Anexo 3). Se observa un aporte puntual en la estación SS3 en el muestreo de mayo. Durante el muestreo de julio, si bien se detecta glifosato en cinco estaciones, los tenores son muy inferiores a los del otoño. En octubre se observa una concentración puntual en la estación SS5. En todos los casos de presencia, las concentraciones de glifosato está muy por debajo del estándar (65 $\mu\text{g/l}$)(Anexo 5). Las estaciones SS3 y SS5 parecen ser puntos de ingreso de glifosato en las aguas del San Salvador (Fig. 18).

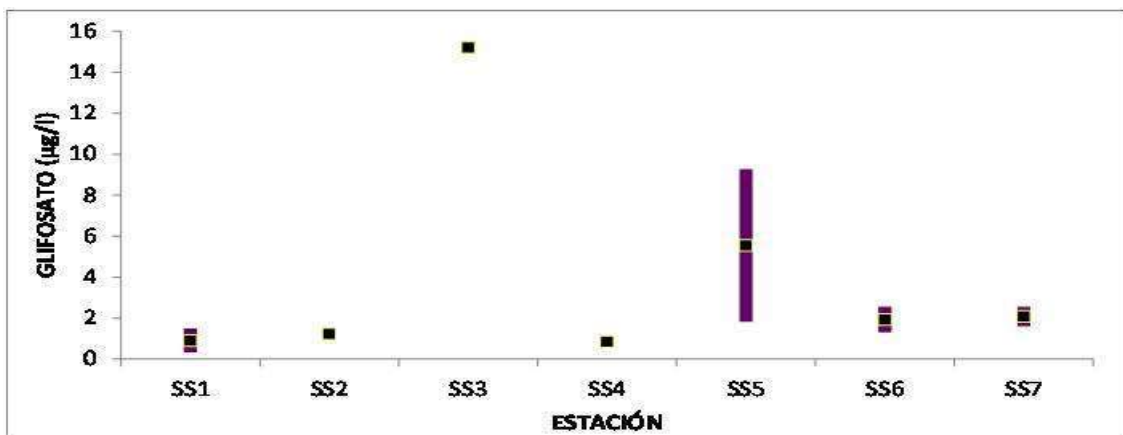


Fig. 18: Variación espacial del glifosato en la cuenca del río San Salvador. (Estandar 65 $\mu\text{g/l}$)

4.17. AMPA

Las concentraciones de AMPA variaron entre 0.28 µg/l (estación SS5 en mayo) y un máximo de 3.32 µg/l (estación SS5 en octubre), con un promedio de 1.06 µg/l (Anexo 3). Se perciben las más altas concentraciones en el muestreo de octubre en la estación SS5. Asimismo, un aporte en la estación SS3 en el mes de mayo y en la cabecera de la cuenca en julio (Anexo 5). Las concentraciones de AMPA son similares en toda la cuenca, a excepción de mayores valores en la estación SS5 y menores en la estación SS1 (Fig. 19).

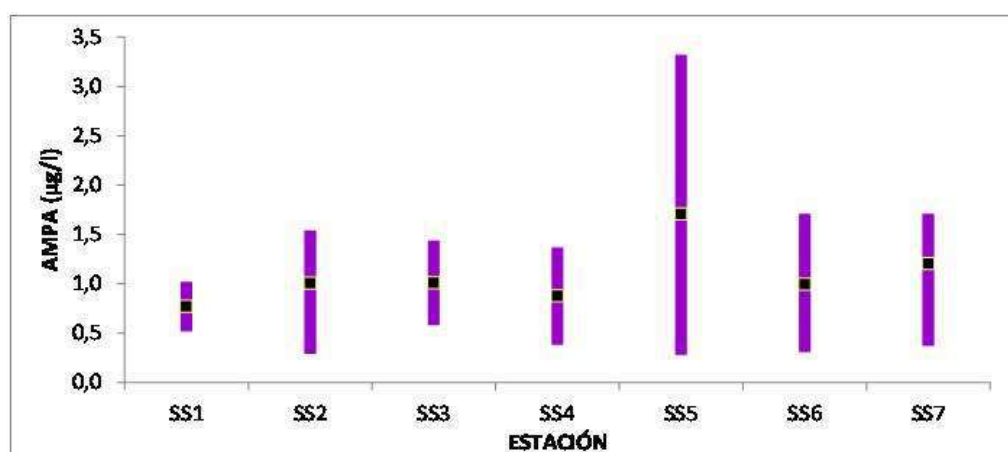


Fig. 20: Variación espacial de la atrazina en la cuenca del río San Salvador.

5. SÍNTESIS

De los siete plaguicidas monitoreados en el río, cuatro de ellos (Endosulfán α , β y SO₄ y Clorpirifos) no fueron detectados en ninguna ocasión. De los tres restantes, el glifosato está presente en las tres campañas. En el muestreo de otoño, aparece sólo en la St. 3 (mostrando la más alta concentración de todo el período de estudio) y en toda la cuenca en invierno y primavera. 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, el decreto 253 ni el Grupo de Estandarización Técnica de estándares de agua –COTAMA, no 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 µg/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 µg/l). Durante el período de monitoreo no se detectó Atrazina en la estación SS1, pero si en las restantes estaciones de muestro.

Desde el punto de vista temporal, no se detectó Atrazina en el muestreo de otoño, observándose luego un incremento en invierno, llegándose a un máximo de concentración en primavera. En estas máximas concentraciones de primavera, se supera el estándar en todas las estaciones en que se detectó Atrazina.

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 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.

Anexo 1: Valores de las variables ambientales observados en los tres muestreos de 2014.

CONDUCTIVIDAD													
SL	AÑO	MES	DIA	HORA	NORMAL	COMPENSADA	pH	OD	% OD	TEM	TURB.	SECCHI	
								mg/l	%	°C	in situ	Lab.	m
1	2014	5	13	11:39	634,0	758,0	7,98	8,94	92,7	16,4	3,29		
2	2014	5	13	12:42	528,0	634,0	8,03	8,27	84,9	16,2	6,51		
3	2014	5	13	13:40	514,0	603,0	8,05	8,00	83,8	17,3	5,86		1,20
4	2014	5	13	16:30	234,8	276,3	8,21	8,14	85,7	17,2	6,24		
5	2014	5	14	11:20	479,0	573,0	8,18	9,31	95,5	16,4	4,18		0,68
6	2014	5	14	10:45	221,2	262,1	8,05	8,85	92,1	16,8	2,99		1,70
7	2014	5	14	10:15	467,0	555,0	8,07	8,53	87,5	16,7	2,75		1,77
1	2014	7	15	11:35	211,4	251,9	7,61	7,84	80,7	16,6		76	0,18
2	2014	7	15	12:30	158,2	192,8	7,53	8,48	85,7	15,6		80	
3	2014	7	15	13:10	120,7	146,5	7,85	8,3	83,6	15,7		87	0,12
4	2014	7	X										
5	2014	7	16	11:40	157,7	191,8	7,66	8,57	85,9	15,7		94	
6	2014	7	16	10:47	151,7	185,2	7,63	8,28	83,2	15,5		99	0,12
7	2014	7	16	10:00	149,0	185,7	7,55	7,42	73,1	14,6		73	0,13
1	2014	10	28	12:30	694,0	682,0	7,93	6,39	80,3	25,9	6,74	6,4	
2	2014	10	28	13:40	504,0	505,0	7,75	4	48,8	25	7,21	5,9	
3	2014	10	28	15:50	508,0	507,0	8,01	6,12	78,5	25,1	7,77	6,4	
4	2014	10	28	17:30	511,0	502,0	7,98	5,71	72,6	26	7,78	6,3	
5	2014	10	29	13:00	287,7	312,0	7,61	7,51	86,1	21	517	141	
6	2014	10	29	13:30	435,2	455,0	7,57	7,77	89,9	22,7	24,9	21	
7	2014	10	29	12:05	405,5	424,9	7,79	6,16	71,6	22,7	26,4	23	

Anexo 2: Variables consideradas en los muestreos del río San Salvador durante 2014.

SL	AÑO	MES	DIA	HORA	DE	PL	TOC	NOB	NO2	NH4	Color	Dureza	Alcal.	Cl	OD05	DQO	ACR	ST	SIF	SIV	SST	SIN	SSF	SSR	Clo ²	Feo ²			
					mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Upt-Co	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l			
1	2014	5	13	11:39											2,00	<17	580	380	200	4,6	483	4,2	<1	12,0	4,2				
2	2014	5	13	12:42											2,00	<10	450	330	120	7,4	436	5,2	<3	0,1	0,5				
3	2014	5	13	13:40											<2	<17	920	790	120	5,6	407	5,0	<1	0,4	0,1				
4	2014	5	13	16:30											<2	<17	920	380	530	4,2	403	<3	<3	0,1	0,4				
5	2014	5	14	11:20				<0,02	<0,4	21	246	316	<10		<10	420	340	80	5,6	372	4,2	<3	5,8	3,7					
6	2014	5	14	10:45				<0,02	<0,4	21	613	240	<10		<10	530	370	180	4,0	363	<3	<3	3,1	1,6					
7	2014	5	14	10:15				0,02	<0,4	19	238	305	<10		<10	850	550	300	3,8	365	3,2	<1	<0,1	3,3					
1	2014	7	15	11:35	1,4	0,49	9,4												<17	267	200	67	17,3	250	16,0	<1	0,3	2,2	
2	2014	7	15	12:30	1,1	0,45	8,4												<17	229	166	63	26,0	203	24,0	<3	0,4	3,8	
3	2014	7	15	13:10	1,3	0,54	8,9												<17	313	202	111	26,0	287	26,0	<1	0,1	3,8	
4	2014	7																											
5	2014	7	16	11:40	1,5	0,59	9,7												<17	234	183	51	63,3	171	62,0	<3	0,6	4,2	
6	2014	7	16	10:47	1,6	0,64	10												<17	226	184	42	76,7	149	74,7	<3	<0,1	5,2	
7	2014	7	16	10:00	1,6	0,62	9,6												<10	225	184	41	49,3	176	46,7	<3	0,6	2,6	
1	2014	10	28	12:30				<0,02	<0,4	34	214	353							24,0	510	510	<9,2	<9,2	496	<3,1	<9,2	1,0	4,6	
2	2014	10	28	13:40				0,03	<0,4	40		272	<10						382	<17	360	350	<9,2	11,0	340	<9,2	<9,2	0,1	1,6
3	2014	10	28	15:50				0,03	<0,4	37	204	260	<10						386	<17	350	350	<9,2	10,0	350	<9,2	<9,2	2,1	2,3
4	2014	10	28	17:30				0,02	<0,4	41	201	263	<10						26,0	360	360	<9,2	12,0	351	<9,2	<9,2	1,5	1,2	
5	2014	10	29	13:00				0,07	<0,4	47		175	<10						567	20,0	850	850	<9,2	670,0	230	570,0	100	3,7	1,4
6	2014	10	29	13:30				0,03	<0,4	33		215	12						368	27	360	280	87	42	308	33,0	<9,2	0,9	3,8
7	2014	10	29	12:05				0,14	<0,4	42		220	<10						350	20	330	250	76	23	304	15,0	<9,2	4,1	9,8

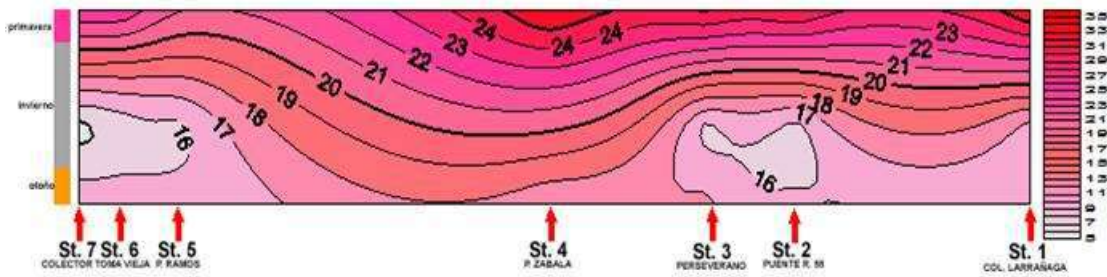
Anexo 3: Fitosanitarios analizados en el monitoreo del río San Salvador.

St.	AÑO	MES	DIA	HORA	Endos α	Endos β	Endos SO ₄	Glifosato	AMPA	Atrazina	Clorpirifos
					$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	
1	2014	5	13	11:39	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
2	2014	5	13	12:42	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,29	<0,20	<0,20
3	2014	5	13	13:40	<0,20	<0,20	<0,20	15,20	1,44	<0,20	<0,20
4	2014	5	13	16:30	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,38	<0,20	<0,20
5	2014	5	14	11:20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,28	<0,20	<0,20
6	2014	5	14	10:45	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,31	<0,20	<0,20
7	2014	5	14	10:15	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,37	<0,20	<0,20
1	2014	7	15	11:35	<0,20	<0,20	<0,20	1,50	1,02	<0,20	<0,20
2	2014	7	15	12:30	<0,20	<0,20	<0,20	1,36	1,18	0,60	<0,20
3	2014	7	15	13:10	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,58	0,40	<0,20
4	2014	7									
5	2014	7	16	11:40	<0,20	<0,20	<0,20	1,81	1,52	0,32	<0,20
6	2014	7	16	10:47	<0,20	<0,20	<0,20	2,55	1,71	0,33	<0,20
7	2014	7	16	10:00	<0,20	<0,20	<0,20	2,55	1,71	0,39	<0,20
1	2014	10	28	12:30	<0,20	<0,20	<0,20	0,32	0,52	<0,20	<0,20
2	2014	10	28	13:40	<0,20	<0,20	<0,20	1,09	1,54	3,91	<0,20
3	2014	10	28	15:50	<0,20	<0,20	<0,20				
4	2014	10	28	17:30	<0,20	<0,20	<0,20	0,85	1,37	2,04	<0,20
5	2014	10	29	13:00	<0,20	<0,20	<0,20	9,27	3,32	8,17	<0,20
6	2014	10	29	13:30	<0,20	<0,20	<0,20	1,31	0,96	<0,20	<0,20
7	2014	10	29	12:05	<0,20	<0,20	<0,20	1,6	1,53	12,55	<0,20

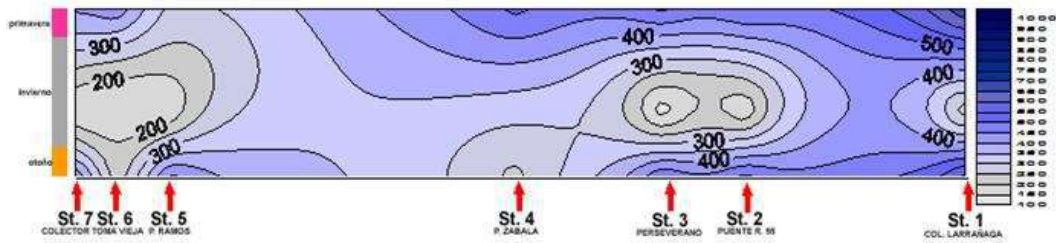
Anexo 4: Variables biológicas consideradas en los muestreos del río San Salvador.

Bacteriología															
St.	AÑO	MES	DIA	HORA	Colif	Colif	Ec	Fito total	Zoo total	Valvas	Diat.	Cianobac		Oscillat.	Microcistina total
					Org./ml	Org./ml	Org./ml	Org./ml	Org./ml	Org./ml	Org./ml	Org./ml	Org./ml	Org./ml	Org./ml
1	2014	5	13	11:39	2500	140	3489	20	98						
2	2014	5	13	12:42			25	2	14						
3	2014	5	13	13:40	3300	190	16	0	8						
4	2014	5	13	16:30	2900	270	11	1	4						
5	2014	5	14	11:20	4600	840	1495	196		748	31379	746	31379		<0,16
6	2014	5	14	10:45	1600	260	466	3	6	334	14119				<0,16
7	2014	5	14	10:15	21000	2800	1834	7		118	6570	118	6570		<0,16
1	2014	7	15	11:35	>24000	2900	26	4	13	1		0			
2	2014	7	15	12:30	>24000	4600	34	6	24						
3	2014	7	15	13:10	24000	4900	33	7	11						
4	2014	7													
5	2014	7	16	11:40	>24000	9200	287	17		10	71	10	71		
6	2014	7	16	10:47	>24000	5800	376	110		154	524	139	377		
7	2014	7	16	10:00	>24000	2600	306	106		59	390	56	294		
1	2014	10	28	12:30	24000	1100									
2	2014	10	28	13:40	>24000	2900									
3	2014	10	28	15:50	>24000	3100									
4	2014	10	28	17:30	3700	120									
5	2014	10	29	13:00	>24000	>24000									
6	2014	10	29	13:30	>24000	24000									
7	2014	10	29	12:05	>24000	7300									

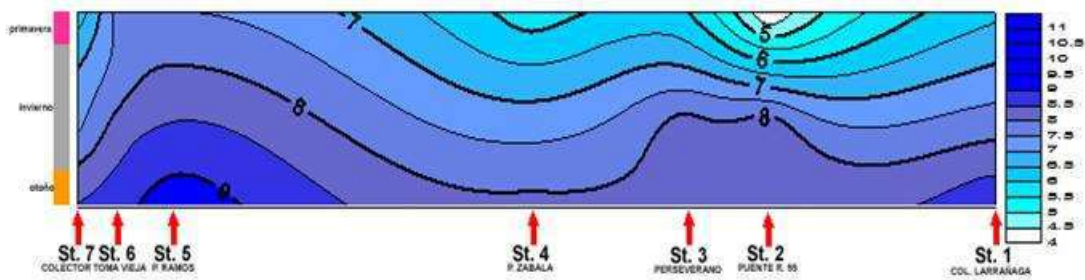
Anexo 5: Gráficos tridimensionales de variación espacio-temporal.



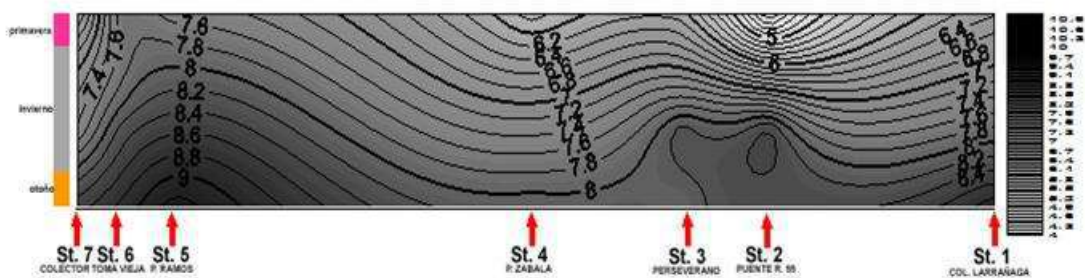
Fluctuación espacio-temporal de la temperatura.



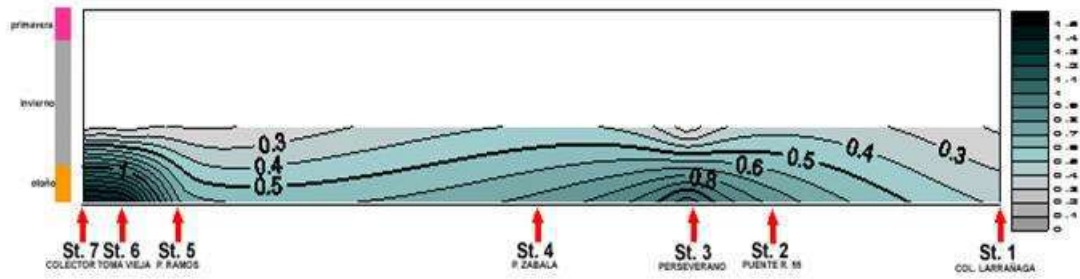
Fluctuación espacio-temporal de la conductividad.



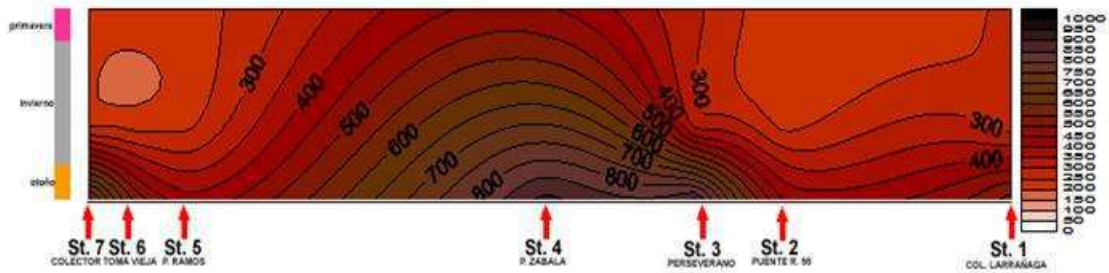
Fluctuación espacio-temporal del oxígeno disuelto.



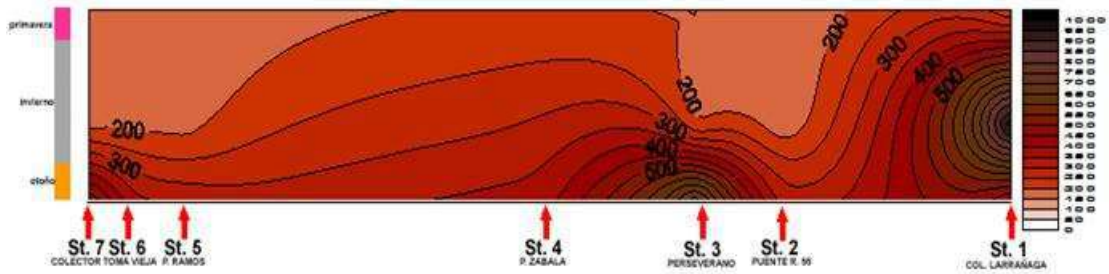
Fluctuación espacio-temporal del pH.



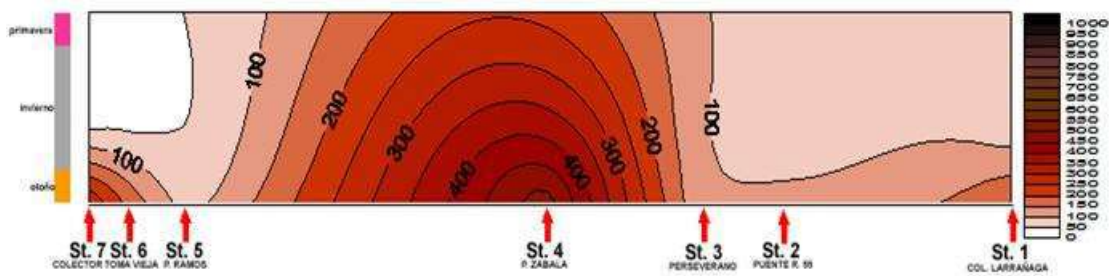
Fluctuación espacio-temporal de la transparencia.



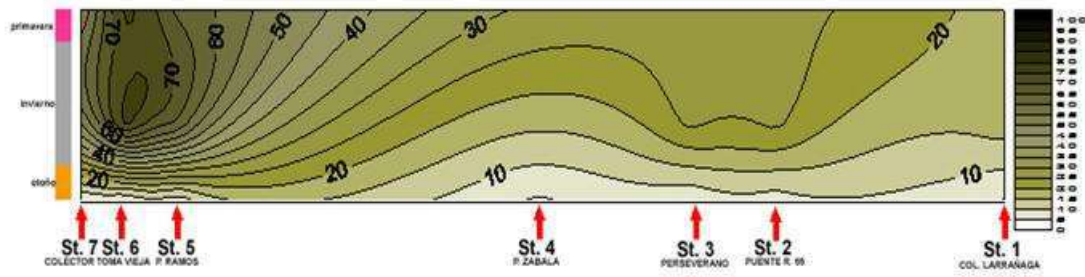
Fluctuación espacio-temporal de los sólidos totales.



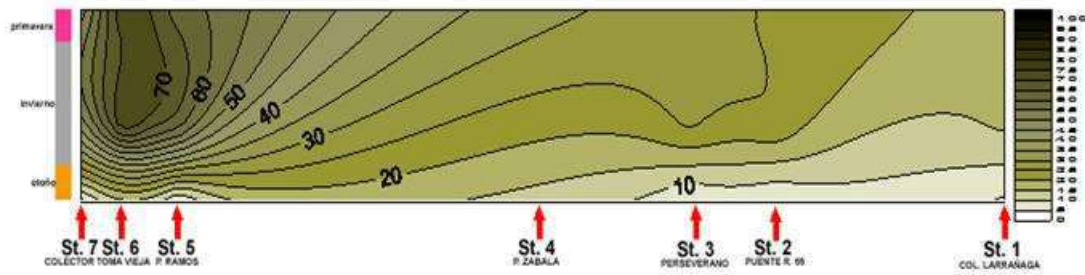
Fluctuación espacio-temporal de los sólidos totales fijos.



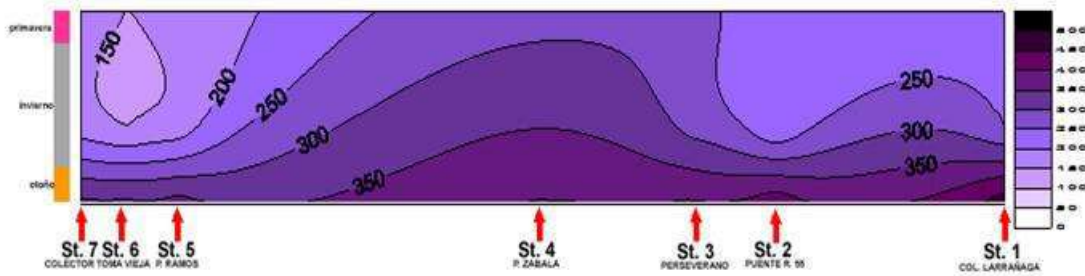
Fluctuación espacio-temporal de los sólidos totales volátiles.



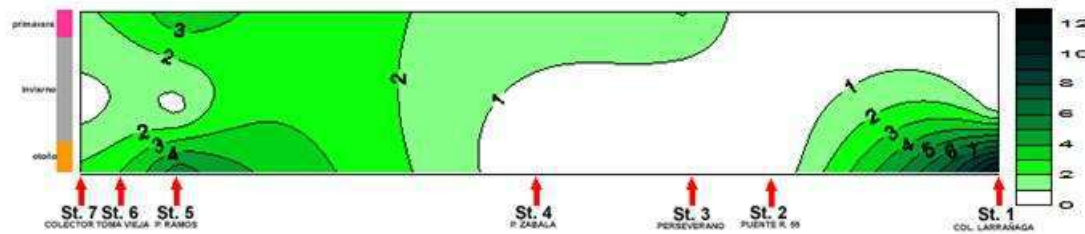
Fluctuación espacio-temporal de los sólidos suspendidos totales.



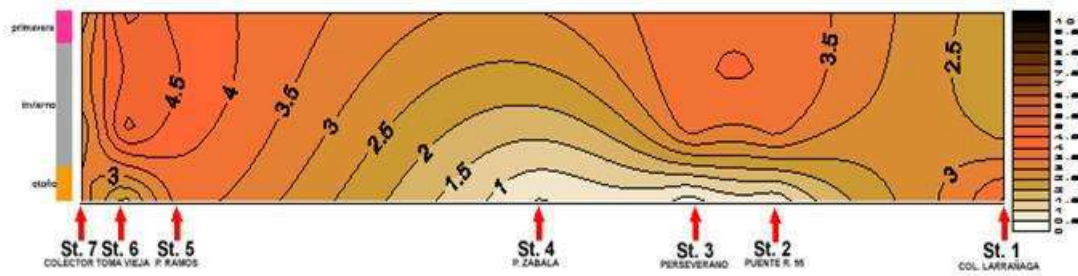
Fluctuación espacio-temporal de los sólidos suspendidos fijos.



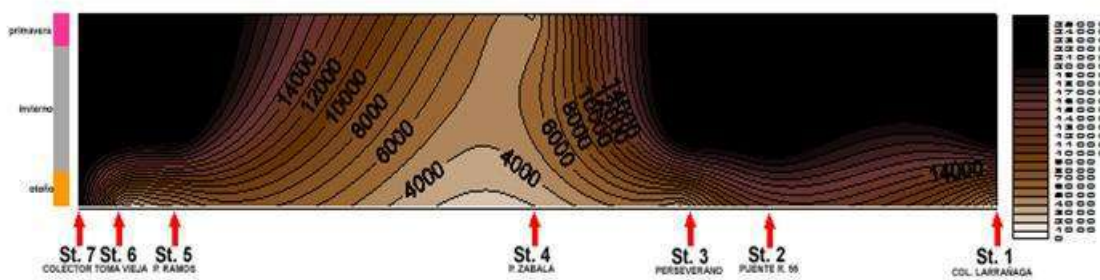
Fluctuación espacio-temporal de los sólidos disueltos totales.



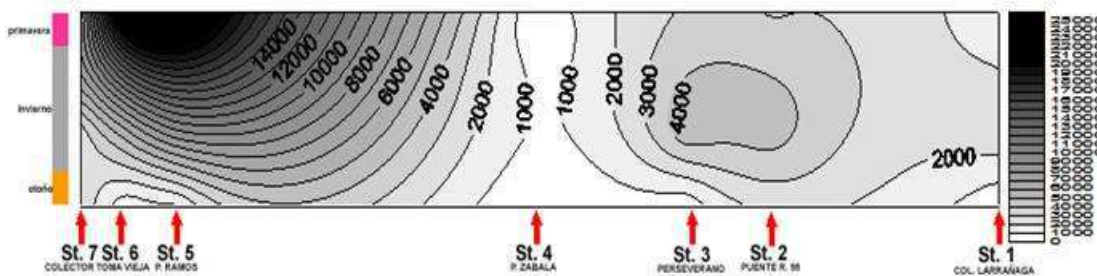
Fluctuación espacio-temporal de la clorofila α .



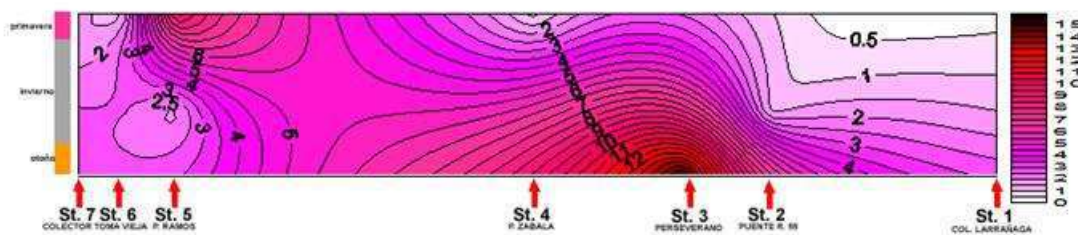
Fluctuación espacio-temporal de los feopigmentos.



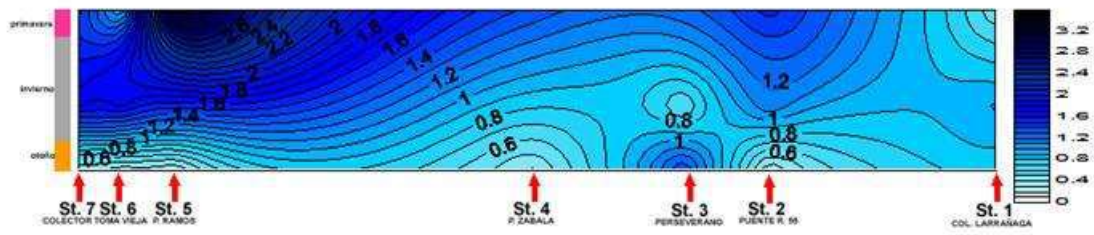
Fluctuación espacio-temporal de los coliformes totales.



Fluctuación espacio-temporal de *E. coli*.



Fluctuación espacio-temporal del glifosato



Fluctuación espacio-temporal de AMPA.