



Ministerio
de Ambiente

Plan de monitoreo del río San Salvador

Informe de actividades y presentación de resultados.

Año 2021



DIRECCIÓN NACIONAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL

División Calidad Ambiental

Departamento Seguimiento de Componentes del Ambiente

Marzo 2023



**Ministerio
de Ambiente**

Plan de monitoreo del río San Salvador

Área de Información Planificación y Calidad Ambiental

Gerente: Marisol Mallo

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

Mario Acosta

Facundo Lepillanca

Carolina Ferrer

Natalie Corrales

Javier Martinez

Análisis de Laboratorio: División Laboratorio Ambiental DINAMA

Jefa Laboratorio: Natalia Barboza

Personal responsable del Análisis de la Información

Guillermo Cervetto

Marzo 2023

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
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. Variables Monitoreadas.....	5
3.5. Actividades	7
3.6. Tratamiento de los datos	7
3.7. Índices de Calidad de Agua	7
4. RESULTADOS	10
4.1. Calidad de agua	10
4.1.1. Análisis de variables en agua	10
4.2. Variables hidrológicas.....	11
4.2.1. Temperatura	11
4.2.2. Conductividad	12
4.2.3. Oxígeno Disuelto (OD)	13
4.2.4. pH.....	14
4.2.5. Turbidez	15
4.2.6. Nutrientes	16
4.2.6.1. Nitrogenados	16
4.2.6.1.1. Nitratos (NO_3^-)	16
4.2.6.1.2. Nitritos (NO_2^-)	17
4.2.6.1.3. Nitrógeno amoniacal (NH_4^+)	18
4.2.6.1.4. Amonio libre (NH_3)	19
4.2.6.1.5. Nitrógeno total (Nt)	20
4.2.6.2. Fosforados	22
4.2.6.2.1. Fósforo total (Pt)	22
4.2.7. Sólidos.....	23
4.2.7.1. Sólidos Totales	23
4.2.7.1.1. Sólidos Totales (ST)	23
4.2.7.1.2. Sólidos Totales Fijos (STF)	24
4.2.7.1.3. Sólidos Totales Volátiles (STV)	25
4.2.7.2. Sólidos Disueltos Totales (SDT).....	27
4.2.7.3. Sólidos Suspendidos	29
4.2.7.3.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST).....	29
4.2.7.3.2. Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	30
4.2.7.3.3. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	31

4.2.8. Metales	33
4.2.8.1. Hierro (Fe)	33
4.2.8.2. Manganeseo (Mn)	34
4.2.8.3. Zinc (Zn)	35
4.2.8.4. Sodio (Na)	36
4.2.8.5. Plomo (Pb)	37
4.2.8.6. Arsénico (As)	38
4.2.8.7. Cadmio (Cd).....	39
4.2.8.8. Cromo (Cr).....	39
4.2.8.9. Selenio (Se)	40
4.2.8.10. Cobre (Cu)	40
4.2.9. Variables biológicas	41
4.2.9.1. Clorofila <i>a</i>	41
4.2.9.2. Feofitina	42
4.2.9.3. Coliformes Totales	44
4.2.9.4. <i>Escherichia coli</i> (E. coli).....	45
4.2.10. Variables fisicoquímicas	46
4.2.10.1. Alcalinidad	46
4.2.10.2. Dureza	47
4.2.10.3. Carbono Orgánico Total (TOC)	48
4.2.10.4. Cloruros (Cl ⁻).....	49
4.2.10.5. AOX	50
4.3. Plaguicidas.....	51
4.4. Comparación con estándares de calidad	51
4.5. Índices de Calidad de Agua	52
4.5.1. Índice de Estado Trófico (IET)	52
5. SÍNTESIS	54
6. Bibliografía.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Cuenca del río San Salvador.....	1
Fig. 2: Río San Salvador y ubicación de las estaciones de muestreo.	3
Fig. 3: Esquema de la cuenca del río San Salvador.....	4
Fig. 4: Representación esquemática de variables analizadas en el río San Salvador.	9
Fig. 5. Variación espacial y temporal de la Temperatura del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	11
Fig. 6. Variación espacial y temporal de la Temperatura (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	11
Fig. 7. Variación espacial y temporal de la Conductividad del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	12
Fig. 8. Variación espacial y temporal de la Conductividad (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	12
Fig. 9. Variación espacial y temporal del Oxígeno disuelto del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	13
Fig. 10. Variación espacial y temporal del Oxígeno disuelto (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	13
Fig. 11. Variación espacial y temporal del pH del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	14
Fig. 12. Variación espacial y temporal del pH (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	14
Fig. 13. Variación espacial y temporal de la Turbidez del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	15
Fig. 14. Variación espacial y temporal de la Turbidez (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	15
Fig. 15. Variación espacial y temporal de los Nitratos del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	16
Fig. 16. Variación espacial y temporal de los Nitratos (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.	16
Fig. 17. Variación espacial y temporal de los Nitritos del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	17
Fig. 18. Variación espacial y temporal de los Nitritos (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.	17
Fig. 19. Variación espacial y temporal del Nitrógeno amoniacal del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	18
Fig. 20. Variación espacial y temporal del Nitrógeno amoniacal (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.	18
Fig. 21. Variación espacial y temporal del Amonio libre del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	19
Fig. 22. Variación espacial y temporal del Amonio libre (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	19

Fig. 23. Variación espacial y temporal del Nitrógeno total del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	20
Fig. 24. Variación espacial y temporal del Nitrógeno total (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	20
Fig. 25. Proporción de los diferentes componentes nitrogenados inorgánicos en el río San Salvador y sus tributarios en cada campaña y en promedio anual y en cada estación en promedio anual. ...	21
Fig. 26. Variación espacial y temporal del Fósforo total del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	22
Fig. 27. Variación espacial y temporal del Fósforo total (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	22
Fig. 28. Variación espacial y temporal de los Sólidos totales del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	23
Fig. 29. Variación espacial y temporal de los Sólidos totales (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.	23
Fig. 30. Variación espacial y temporal de los Sólidos totales fijos del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	24
Fig. 31. Variación espacial y temporal de los Sólidos totales fijos (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.	24
Fig. 32. Variación espacial y temporal de los Sólidos totales volátiles del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	25
Fig. 33. Variación espacial y temporal de los Sólidos totales volátiles (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	25
Fig. 34. Variación espacial y temporal de los sólidos totales (ST, STF y STV) en la cuenca del río San Salvador durante 2021.....	26
Fig. 35. Variación espacial y temporal de los Sólidos disueltos totales del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	27
Fig. 36. Variación espacial y temporal de los Sólidos totales disueltos (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	27
Fig. 37. Variación espacial y temporal de los sólidos disueltos totales (SDT) en la cuenca del río San Salvador durante 2021.....	28
Fig. 38. Variación espacial y temporal de los Sólidos suspendidos totales del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	29
Fig. 39. Variación espacial y temporal de los Sólidos suspendidos totales (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.	29
Fig. 40. Variación espacial y temporal de los Sólidos suspendidos fijos del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	30
Fig. 41. Variación espacial y temporal de los Sólidos suspendidos fijos (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	30
Fig. 42. Variación espacial y temporal de los Sólidos suspendidos volátiles del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	31

Fig. 43. Variación espacial y temporal de los Sólidos suspendidos volátiles (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	31
Fig. 44: Variación espacial y temporal de los sólidos suspendidos totales (SST, SSF y SSV) en el río San Salvador durante 2021.....	32
Fig. 45. Variación espacial y temporal del Hierro del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	33
Fig. 46. Variación espacial y temporal del Hierro (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	33
Fig. 47. Variación espacial y temporal del Manganeseo del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	34
Fig. 48. Variación espacial y temporal del Manganeseo (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	34
Fig. 49. Variación espacial y temporal del Zinc del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	35
Fig. 50. Variación espacial y temporal del Zinc (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	35
Fig. 51. Variación espacial y temporal del Sodio del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	36
Fig. 52. Variación espacial y temporal del Sodio (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	36
Fig. 53. Variación espacial y temporal del Plomo del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	37
Fig. 54. Variación espacial y temporal del Plomo (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	37
Fig. 55. Variación espacial y temporal del Arsénico del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	38
Fig. 56. Variación espacial y temporal del Arsénico (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.	38
Fig. 57. Variación espacial y temporal del Cromo del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	39
Fig. 58. Variación espacial y temporal del Cromo (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	40
Fig. 59. Variación espacial y temporal de la Clorofila a del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	41
Fig. 60. Variación espacial y temporal de la Clorofila a (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	41
Fig. 61. Variación espacial y temporal de la Feofitina a del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	42
Fig. 62. Variación espacial y temporal de la Feofitina a (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	42

Fig. 63. Variación espacial y temporal de los Coliformes totales del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	44
Fig. 64. Variación espacial y temporal) de los Coliformes totales (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.	44
Fig. 65. Variación espacial y temporal de E. coli del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.....	45
Fig. 66. Variación espacial y temporal de E. coli (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	45
Fig. 67. Variación espacial y temporal de la Alcalinidad del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	46
Fig. 68. Variación espacial y temporal de la Alcalinidad (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	46
Fig. 69. Variación espacial y temporal de la Dureza del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	47
Fig. 70. Variación espacial y temporal de la Dureza (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	47
Fig. 71. Variación espacial y temporal del TOC del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	48
Fig. 72. Variación espacial y temporal del TOC (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	48
Fig. 73. Variación espacial y temporal de los Cloruros del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	49
Fig. 74. Variación espacial y temporal de los Cloruros (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	49
Fig. 75. Variación espacial y temporal de los AOX del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021.	50
Fig. 76. Variación espacial y temporal de los AOX (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021.....	50
Fig. 77. Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo del río San Salvador y tributarios en 2021.....	52
Fig. 78. Resultado comparativo de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo de la cuenca del río San Salvador en 2021 y años precedentes.	52
Fig. 79. Mapa de calidad de agua en base a la aplicación del Índice de Estado Trófico (IET).	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Identificación, ubicación y características de las estaciones de muestreo.....	5
Tabla II. Diferentes variables consideradas en el monitoreo del río San Salvador.	6
Tabla III. Cálculos utilizados para representar los valores numéricos de los resultados yuxtapuestos a los límites de la técnica	7
Tabla IV. Valoración del estado trófico de ríos a partir del IET.	8
Tabla V. Parámetros de calidad de agua del IQA y peso respectivo.....	8
Tabla VI. Escala cromática asociada a las categorías de calidad del agua del IQA.....	9
Tabla VII. Estadísticas básicas de la Temperatura.	11
Tabla VIII. Estadísticas básicas de la Conductividad.	12
Tabla IX. Estadísticas básicas del Oxígeno disuelto.	13
Tabla X. Estadísticas básicas del pH.	14
Tabla XI. Estadísticas básicas de la Turbidez.....	15
Tabla XII. Estadísticas básicas de los Nitratos.....	16
Tabla XIII. Estadísticas básicas de los Nitritos.....	17
Tabla XIV. Estadísticas básicas del Nitrógeno amoniacal.....	18
Tabla XV. Estadísticas básicas del Amonio libre.	19
Tabla XVI. Estadísticas básicas del Nitrógeno total.	20
Tabla XVII. Estadísticas básicas del Fósforo total.	22
Tabla XVIII. Estadísticas básicas de los Sólidos totales.	23
Tabla XIX. Estadísticas básicas de los Sólidos totales fijos.....	24
Tabla XX. Estadísticas básicas de los Sólidos totales volátiles.	25
Tabla XXI. Estadísticas básicas de los Sólidos disueltos totales.	27
Tabla XXII. Estadísticas básicas de los Sólidos suspendidos totales.	29
Tabla XXIII. Estadísticas básicas de los Sólidos suspendidos fijos.	30
Tabla XXIV. Estadísticas básicas de los Sólidos suspendidos volátiles.	31
Tabla XXV. Estadísticas básicas del Hierro.....	33
Tabla XXVI. Estadísticas básicas del Manganeseo.	34
Tabla XXVII. Estadísticas básicas del Zinc.	35
Tabla XXVIII. Estadísticas básicas del Sodio.....	36
Tabla XXIX. Estadísticas básicas del Plomo.....	37
Tabla XXX. Estadísticas básicas del Arsénico.	38
Tabla XXXI. Estadísticas básicas del Cromo.	39
Tabla XXXII. Estadísticas básicas de la Clorofila α	41
Tabla XXXIII. Estadísticas básicas de la Feofitina α	42
Tabla XXXIV. Relación Cloa/Feo a calculada para cada estación en las cuatro fechas de muestreo.	43
Tabla XXXV. Estadísticas básicas de los Coliformes totales	44
Tabla XXXVI. Estadísticas básicas de E. coli.	45
Tabla XXXVII. Estadísticas básicas de la Alcalinidad.	46
Tabla XXXVIII. Estadísticas básicas de la Dureza.....	47

Tabla XXXIX. Estadísticas básicas del TOC.	48
Tabla XL. Estadísticas básicas de los cloruros.	49
Tabla XLI. Estadísticas básicas de los AOX.	50

ANEXOS

Anexo 1: Cuadro sinóptico de los porcentajes de cumplimiento e incumplimiento de cada variable con respecto a su valor estándar (o sugerido) en las diferentes estaciones muestreadas en el río San Salvador y sus principales emisarios durante 2021	57
Anexo 2: Valores de las variables ambientales observados en los muestreos del río San Salvador y sus emisarios durante 2021. Conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, % de saturación de oxígeno, pH y turbidez.	58
Anexo 3: Variables consideradas en los muestreos del río San Salvador y principales tributarios durante 2021.	59
Anexo 4: Metales analizados en el monitoreo del río San Salvador durante 2021.	60
Anexo 5: Variables biológicas consideradas en los muestreos del río San Salvador y emisarios durante 2021.	61
Anexo 6: Valor de la calidad del agua según el IET en cada estación analizada de la cuenca del río San Salvador en 2021	62

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 (representando el 10% del área agrícola total, con el 70% de sus suelos destinados a la agricultura), por lo que presenta ciertas presiones ambientales, que hacen que la cuenca sea relevante y prioritaria a nivel nacional. Si bien se destaca la actividad agrícola, la que se orienta fundamentalmente al cultivo de cereales, trigo, soja, sorgo, girasol y lino; la cuenca también soporta actividad agropecuaria (lechería, ganadería extensiva feedlots y apicultura).

Con una superficie de cuenca de aproximadamente 3.000 km², el San Salvador recibe, en sus poco más de 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 (actualmente DINACEA), OSE y MGAP- cubriendo todo el cauce principal del mismo y, a partir de 2019, sus principales tributarios.

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 2021 y realizar una comparación primaria con los resultados de los años precedentes (Cervetto, 2019; 2018; 2017). 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

Históricamente el monitoreo se basaba en el muestreo en siete estaciones distribuidas a lo largo del cauce principal del río cada dos meses. A partir de la segunda campaña de 2019 se determinó un cambio en la logística de la campaña. Se agregaron cuatro estaciones, ubicadas en los cuatro principales tributarios al San Salvador y la frecuencia de muestreo se fijó en una campaña cada tres 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 (siendo la longitud total del río de poco más de 100 Km), por lo cual se considera que existe una buena cobertura de muestreo. La estación SS10 está ubicada a menos de 10 Km de las nacientes, siendo “inaccesible” la porción anterior. La nueva estación de cierre de cuenca (SS65) se ubica a aproximadamente 30 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. Esta estación reemplaza a la –inicial- estación SS70 y tiene la ventaja de ser muestreada desde tierra, con acceso permanente.

A consecuencia de sus características físicas, el río San Salvador resulta sumamente complicado para el muestreo de sedimentos, consecuencia del permanente “lavado” de los mismos y de los fondos duros que caracterizan a la mayor parte de las estaciones. Hasta el momento sólo se han podido establecer dos estaciones de muestreo de sedimentos. Se considera, de todas formas, que las mismas son representativas de los sedimentos de la cuenca alta y baja del río.

Durante 2021 se desarrollaron tres muestreos, en los meses de febrero, agosto y noviembre. Por problemas logísticos, la campaña del mes de mayo no se pudo realizar y la campaña de noviembre fue realizada solamente por OSE, donde se realizó el muestreo del cuerpo principal del río, eliminándose el muestreo en los tributarios.

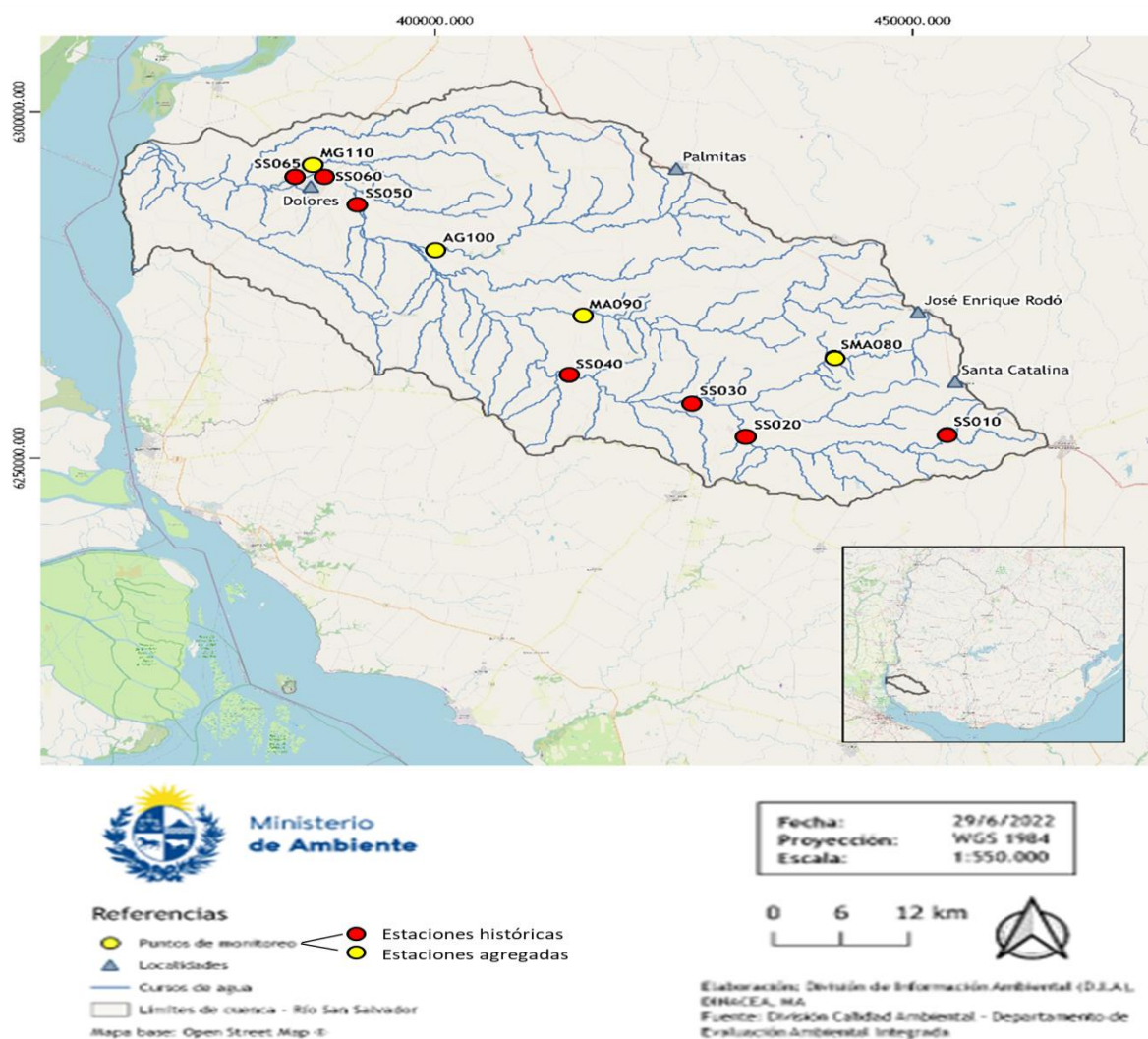


Fig. 2: Río San Salvador y ubicación de las estaciones de muestreo.

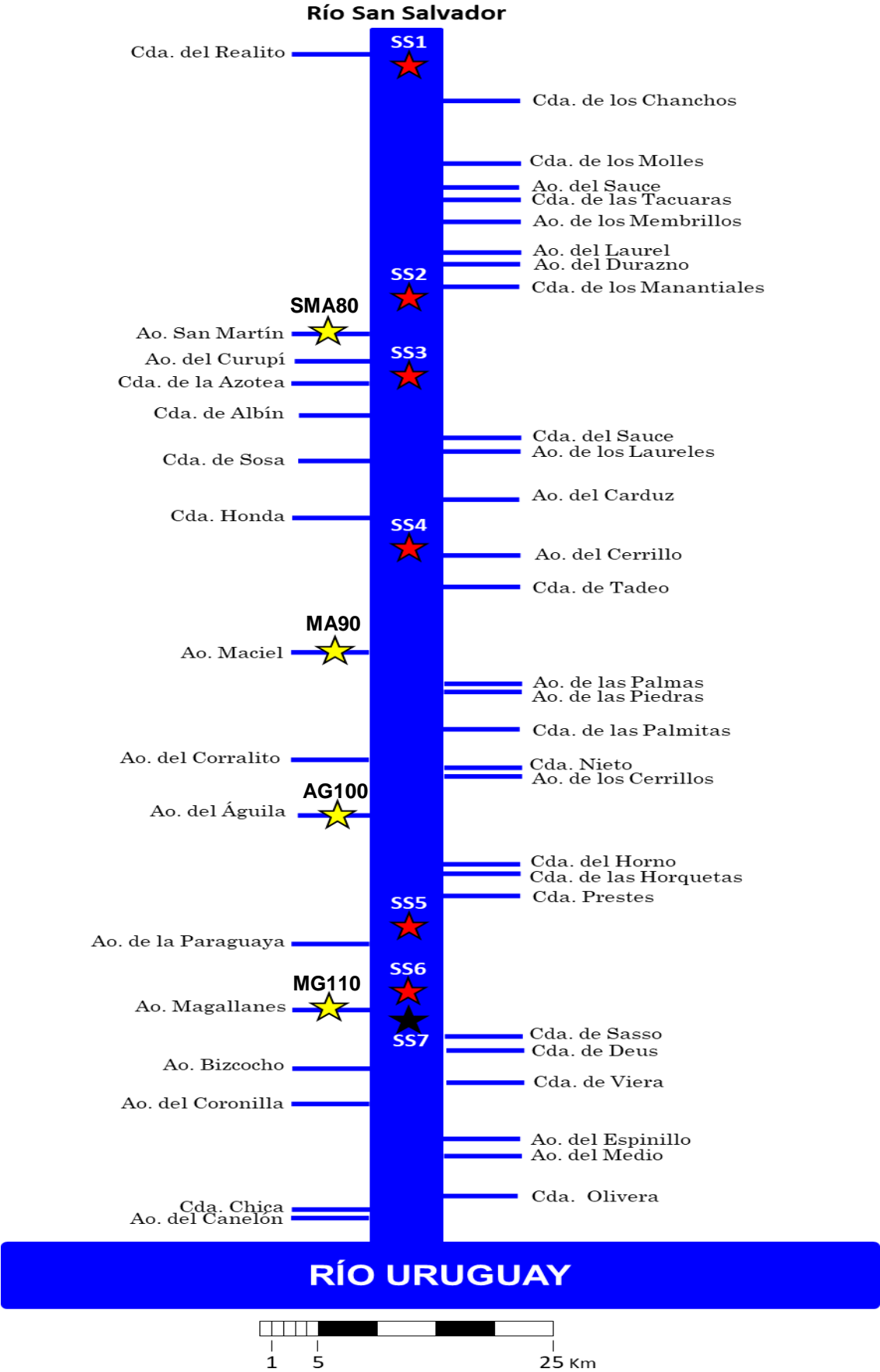


Fig. 3: Esquema de la cuenca del río San Salvador. En rojo, estaciones históricas, en amarillo, estaciones nuevas, en negro, estación eliminada.

La ejecución de los muestreos se desarrolla en forma conjunta entre OSE y DINACEA, aportando cada institución la infraestructura necesaria (personal, equipamientos) para asegurar la eficiencia de las campañas. Los resultados de los análisis son aportados por los laboratorios de OSE y DINACEA.

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

ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	Latitud	Longitud
SS10	Colonia Larrañaga, Monitoreo de agua.	33°51'27"	57°30'05"
SS20	Puente sobre Ruta 55. Monitoreo de agua.	33°51'37"	57°43'38"
SS30	Perseverano. Se monitorea agua y sedimentos. Evalúa los aportes de los arroyos San Martín y del Medio.	33°48'58"	57°47'19"
SS40	Paso Zabala. Monitoreo de agua.	33°46'46"	57°55'44"
SS50	Paso Ramos. Monitoreo de agua.	33°33'20"	58°09'49"
SS60	Antigua toma de agua de OSE. Monitoreo de agua.	33°30'57"	58°12'02"
SS65	Península Timoteo Ramospe. Monitoreo de agua y sedimentos.	33°31'09"	58°14'03"
SS70	Aguas debajo de la ciudad de Dolores. Eliminada. Muestreada hasta mayo 2016.	33°31'14"	58°14'25"
SMA80	A° San Martín, Monitoreo de agua.	33°45'25"	57°37'45"
MA90	A° Maciel, Monitoreo de agua.	33°42'06"	57°54'43"
AG100	A° del Águila, Monitoreo de agua.	33°36'49"	58°04'35"
MG110	A° Magallanes, Monitoreo de agua.	33°30'10"	58°12'48"

3.4. Variables Monitoreadas

Cada una de las instituciones participantes aporta resultados de diferentes variables (Tabla II) y en la figura 4 se presenta la totalidad de las mismas. En total, en las tres campañas realizadas en 2021, se analizaron 38 parámetros, ya que los plaguicidas no pudieron ser analizados en este ciclo.

Algunas variables, que no son consideradas en el decreto 253/79, son contrastadas con los valores guía propuestos por el grupo GESTA Agua (2014) o la Mesa Técnica del Agua (2017). AOX, que no está contemplada en la normativa nacional, es contrastada con el estándar fijado por la República Federal Alemana (LAWA, 1988), $\leq 25 \mu\text{g/l}$.

Tabla II: Diferentes variables consideradas en el monitoreo del río San Salvador. Nombre de la variable, abreviatura, unidad, estándar del Decreto 253/79, valor guía GESTA 2014, otros valores guía, institución que aporta el resultado. Los valores guía recuadrados en rojo (sugeridos por el grupo GESTA Agua) son los utilizados en este reporte, por ser considerados más adecuados que el valor original del decreto 253.

	Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dec. 253/79	GESTA 2014	MTA	Otros*	Institución
Características físicoquímicas	Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	≥ 5				DINAMA
	Porcentaje de Saturación de oxígeno	% OD	%					DINAMA
	Potencial de hidrógeno	pH	--	6,5 - 8,5				DINAMA
	Conductividad	Cond	μS/cm					DINAMA
	Temperatura	Tem	°C					DINAMA
	Transparencia	Trans	cm					DINAMA
	Turbiedad	Turb	NTU	50				DINAMA
	Sólidos Disueltos	SD	mg/l					DINAMA
	Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l					DINAMA
	Sólidos Suspendidos Fijos	SSF	mg/l					DINAMA
	Sólidos Suspendidos Volátiles	SSV	mg/l					DINAMA
	Sólidos Totales	ST	mg/l					DINAMA
	Sólidos Totales Fijos	STF	mg/l					DINAMA
	Sólidos totales Volátiles	STV	mg/l					DINAMA
	Compuestos halogenados adsorbibles	AOX	μg/l				* < 25	DINAMA
	Demanda Biológica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l	≤ 10				OSE
	Dureza	DurezaT	mg/l					OSE
	Alcalinidad	AlcT	mg/l					OSE
	Iones mayoritarios	Na	mg/l					OSE
	Arsénico	As	μg/l	≤ 5				OSE
	Metales pesados	Fe	mg/l					OSE
		Mn	mg/l					OSE
		Zn	μg/l	≤ 30				OSE
		Pb	μg/l	≤ 30	≤ 3			OSE
		Cd	μg/l	≤ 1	≤ 0,1			OSE
		Cr total	μg/l	≤ 50	≤ 10			OSE
		Se	μg/l	≤ 1				OSE
		Cu	μg/l	≤ 10				OSE
Nutrientes	Nitratos	NO ₃	mg/l	≤ 10	≤ 5			OSE
	Nitritos	NO ₂	mg/l	≤ 0,1				OSE
	Nitrógeno Total	NT	mg/l			≤ 1		OSE
	Nitrógeno amoniacal	NH ₄	mg/l			≤ 0,5		OSE
	Fósforo Total	PT	μg/l	≤ 25	≤ 70			OSE
Biológicas	Clorofila a	Clo a	μg/l				≤ 30	DINAMA
	Feofitina a	Feo a	μg/l					DINAMA
	Coliformes Totales	ColifTTM	UFC/100ml					OSE
	Escherichia coli	EcoliMF	UFC/100ml				** < 575	OSE

* República Federal de Alemania

** EPA

3.5. Actividades

Las tres campañas desarrolladas fueron realizadas en buenas condiciones climáticas y con el río en niveles variables; la campaña de febrero se realizó con el cauce del río en condiciones de estiaje, mientras que en la campaña de agosto las condiciones fueron de avenida, impidiendo, incluso, el acceso a la estación SS30.

Por problemas logísticos, la campaña de noviembre fue realizada sólo por los técnicos de OSE, no participando –en la misma– el personal de la DSCA. A consecuencia de esto en esta campaña no se tomaron muestras de las estaciones de los afluentes.

Los muestreos fueron desarrollados con normalidad, colectándose todas las muestras planificadas. Los NO_3^- no se muestrearon en la campaña de agosto y los sólidos, clorofila *a*, feofitina *a* y AOX en la campaña de noviembre.

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 III.

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

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

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

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

3.7. Índices de Calidad de Agua

Los Índices de Calidad de Agua se generaron como una herramienta para comparar ríos en diferentes lugares (nacional o internacionalmente) y se basan en la utilización de ciertos elementos básicos en función de los usos del agua. Definen la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Pueden ser utilizados para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de la posibilidad de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo.

La finalidad del Índice de Estado Trófico (IET) es clasificar los cuerpos de agua en diferentes grados de trofía, 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. Para el cálculo de este índice se utiliza la fórmula de Lamparelli (2004):

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

El IET presenta la escala de calidad del agua en función de la concentración de varias –posibles- variables (PT, transparencia o concentración de clorofila *a*). Entre todas, se seleccionó el fósforo total como la variable más explicativa. En la tabla IV se presentan las diferentes categorías de estado trófico del agua en función de la concentración de PT.

Tabla IV. Valoración del estado trófico de ríos a partir del IET, elaborado según las concentraciones de fósforo total.

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

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

Parámetro	Peso (W)
Oxígeno disuelto	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
pH	0,12
DBO ₅	0,1
Δ Temperatura	0,1
NT	0,1
PT	0,1
Turbidez	0,08
Sólidos totales	0,08

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

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

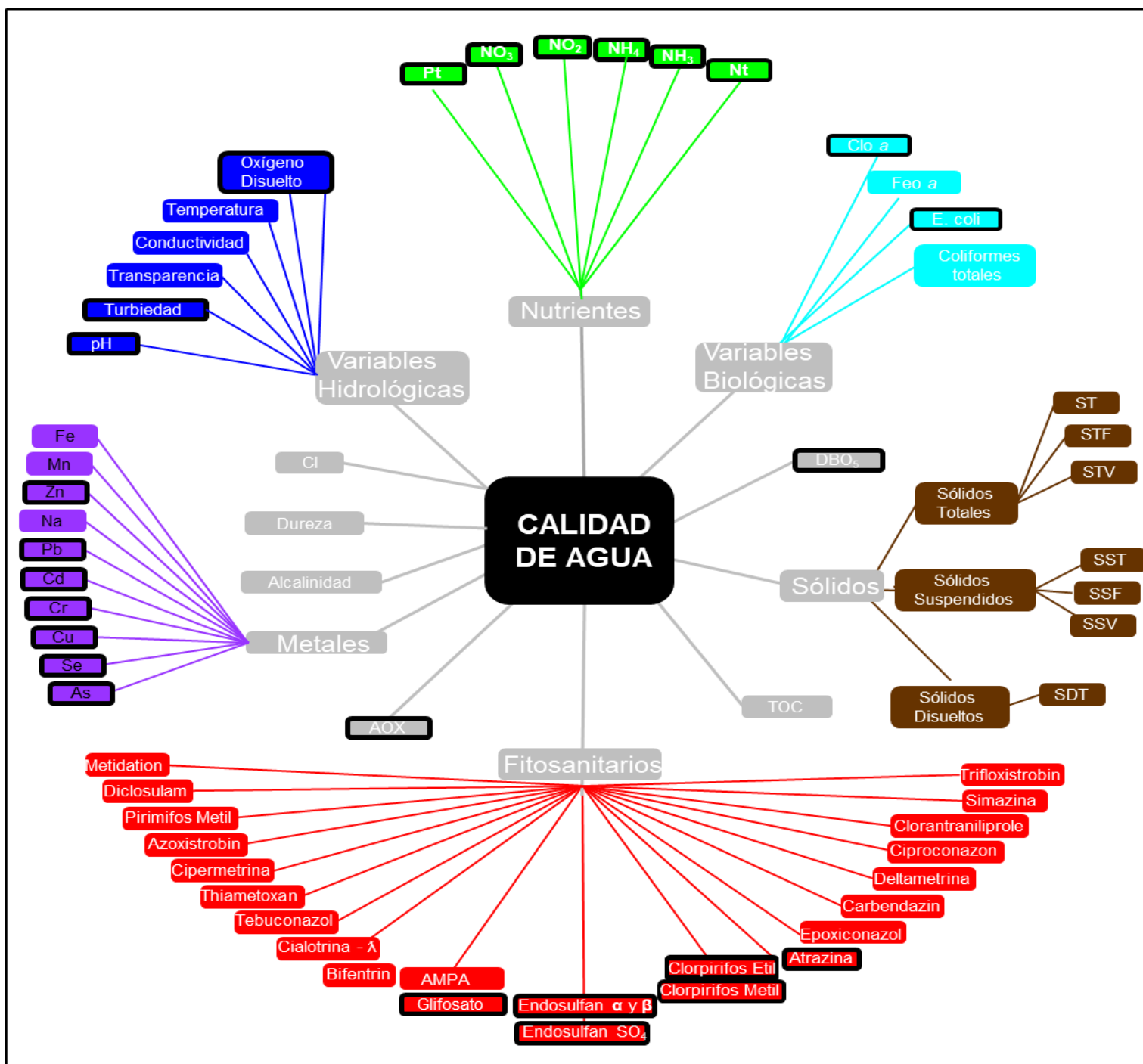


Fig. 4: Representación esquemática de variables analizadas en el río San Salvador. Con recuadro negro se marcan las variables con estándares contemplados en el Decreto 253 o modificativos.

4. RESULTADOS

4.1. Calidad de agua

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 2021. Se dispone de datos provenientes de 3 muestreos de agua para el período de estudio.

Los datos obtenidos se comparan con:

- Los datos registrados durante los monitoreos de años precedentes (Cervetto, 2016; 2017; 2018, 2019 y 2020).

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

- Los estándares de calidad de agua.

4.1.1. Análisis de variables en agua

Las áreas sombreadas en los gráficos marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Las líneas rojas representan los valores estándar fijados en el decreto 253 /79 y modif., mientras que las líneas verdes punteadas muestran los valores sugeridos por el grupo GESTA Agua y la Mesa Técnica del Agua.

En la descripción de datos de las variables se utiliza como “mínimo” el menor valor cuantificable; en los gráficos se utilizan también los datos no cuantificados, utilizados por convención.

4.2. Variables hidrológicas

4.2.1. Temperatura

Tabla VII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

TEM °C					
n	San salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
Cuantificados	20	2	2	2	2
MIN	10	10	11	12	12
MAX	29	24	27	24	24
PROM	19	17	19	18	18
MEDIANA	21	17	19	18	18
MIN > Estación - Mes	SS10 - AGO	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO
MAX > Estación - Mes	SS65 - FEB	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - FEB

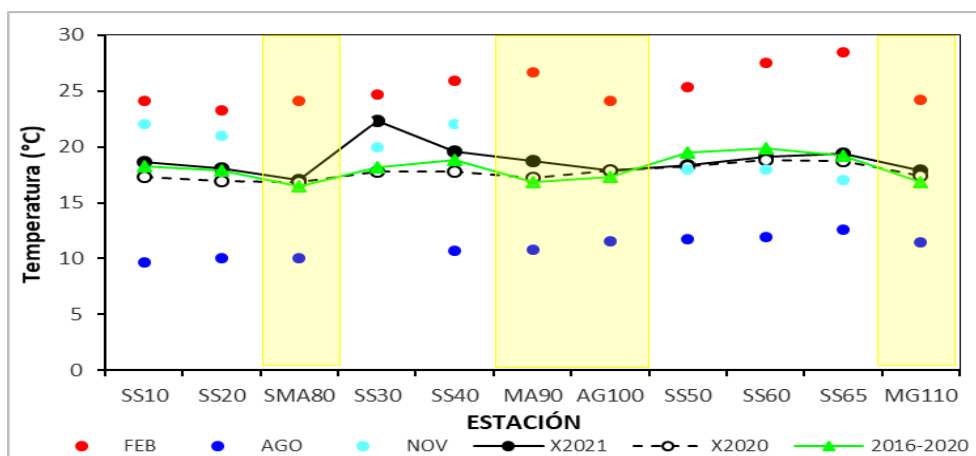


Fig. 5. Variación espacial y temporal de la Temperatura del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Temperatura para el año 2021. X2020 = promedio de Temperatura para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Temperatura para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

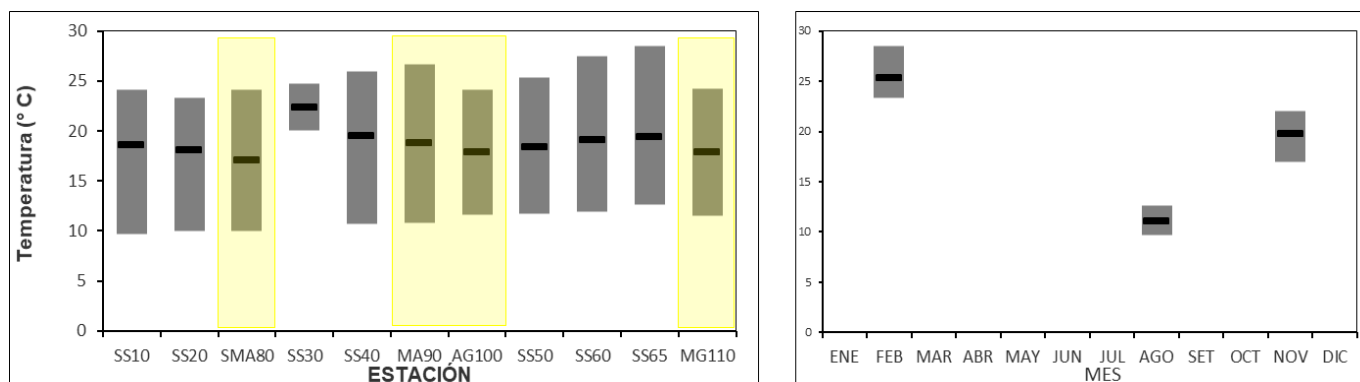


Fig. 6. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Temperatura (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.2. Conductividad

Tabla VIII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Min = mínimo valor cuantificable.

n Cuantificados	COND $\mu\text{S/cm}$				
	San salvador 20	San Martín 2	Maciel 2	del Águila 2	Magallanes 2
MIN	157	279	237	321	289
MAX	798	616	515	338	590
PROM	480	447	376	329	440
MEDIANA	496	447	376	329	440
MIN > Estación - Mes	SS10 - 8	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - FEB	MG110 - AGO
MAX > Estación - Mes	SS10 - 11	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - AGO	MG110 - FEB

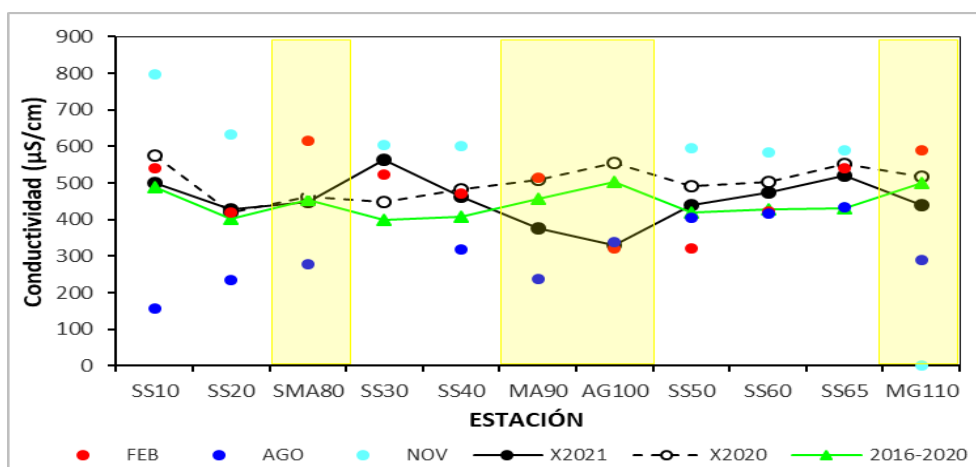


Fig. 7. Variación espacial y temporal de la Conductividad del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Conductividad para el año 2021. X2020 = promedio de Conductividad para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Conductividad para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

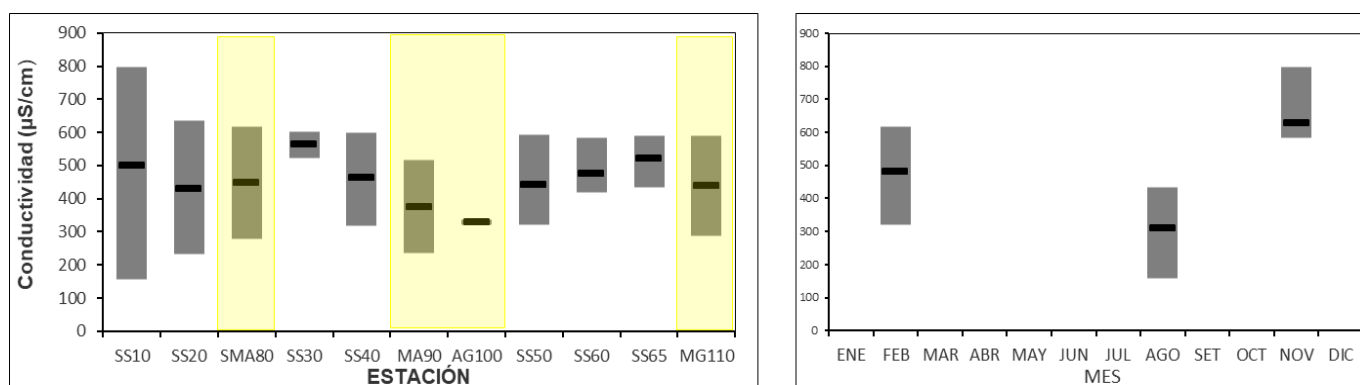


Fig. 8. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Conductividad (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.3. Oxígeno Disuelto (OD)

Tabla IX. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: Decreto 253. Min = mínimo valor cuantificable.

OD mg/l					
n	San salvador 20	San Martín 2	Maciel 2	del Águila 2	Magallanes 2
Cuantificados					
MIN	3,02	5,98	5,16	5,17	5,31
MAX	10,33	8,18	10,30	9,31	10,43
PROM	7,59	7,08	7,73	7,24	7,87
MEDIANA	7,65	7,08	7,73	7,24	7,87
MIN > Estación - Mes	SS20 - FEB	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS60 - AGO	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO
STD	5	5	5	5	5
No cumplen STD (n)	2				
No cumple - Cumple (%)	10 - 90	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100

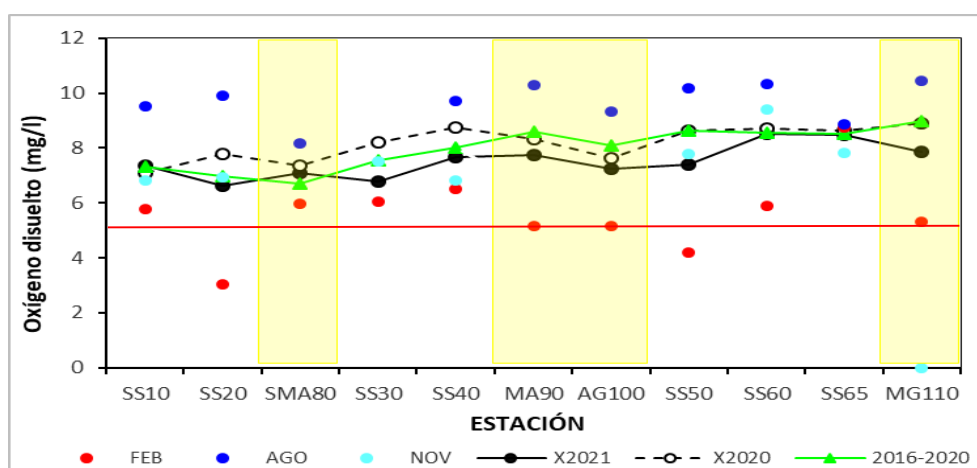


Fig. 9. Variación espacial y temporal del Oxígeno disuelto del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Oxígeno disuelto para el año 2021. X2020 = promedio de Oxígeno disuelto para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Oxígeno disuelto para el quinquenio precedente. La línea roja marca el estándar fijado en el Decreto 253. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

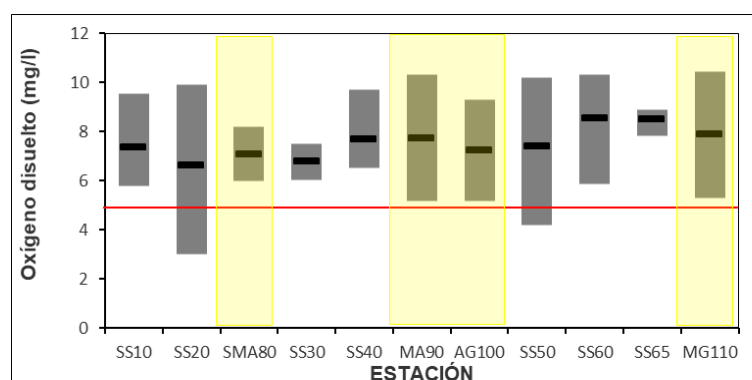


Fig. 10. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Oxígeno disuelto (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.4. pH

Tabla X. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: Decreto 253. Min = mínimo valor cuantificable.

pH					
n	San salvador 20	San Martín 2	Maciel 2	del Águila 2	Magallanes 2
Cuantificados					
MIN	7,38	7,82	7,78	7,79	7,89
MAX	8,50	7,94	7,88	8,07	8,03
PROM	7,99	7,88	7,83	7,93	7,96
MEDIANA	7,97	7,88	7,83	7,93	7,96
MIN > Estación - Mes	SS50 - 2	SMA80 - AGO	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS60 - 11	SMA80 - FEB	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO
STD	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
No cumplen STD (n)					
No cumple - Cumple (%)	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100

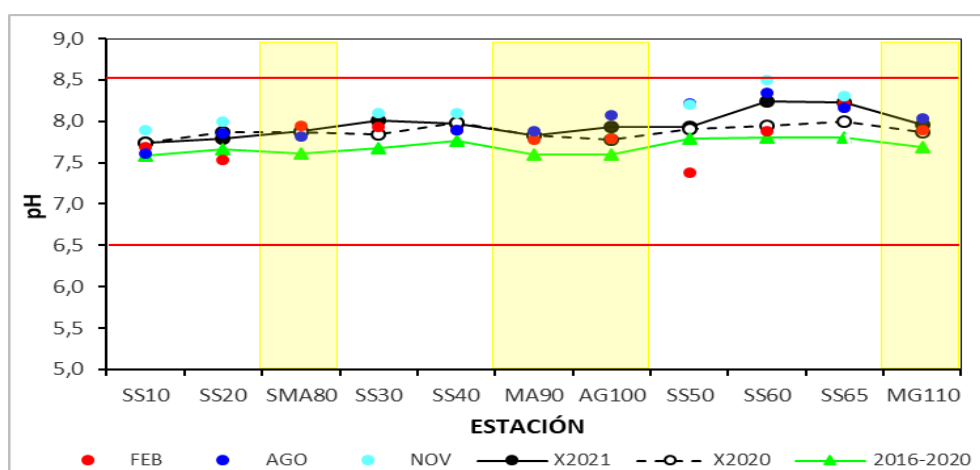


Fig. 11. Variación espacial y temporal del pH del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de pH para el año 2021. X2020 = promedio de pH para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de pH para el quinquenio precedente. Las líneas rojas marcan el estándar fijado en el Decreto 253. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

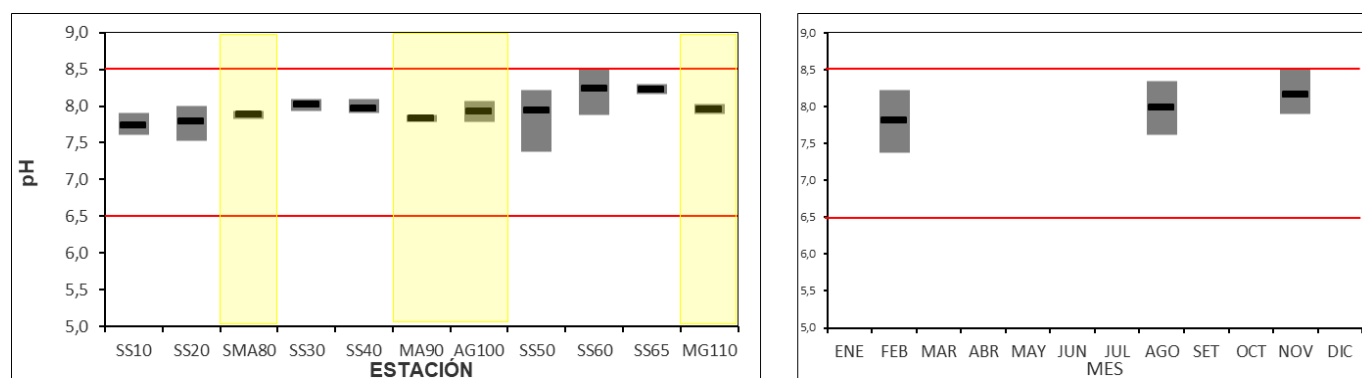


Fig. 12. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del pH (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.5. Turbidez

Tabla XI. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: Decreto 253. Min = mínimo valor cuantificable.

TURB. NTU					
n	San salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
Cuantificados	20	2	2	2	2
MIN	2	4	8	15	13
MAX	84	75	80	44	84
PROM	20	40	44	29	48
MEDIANA	11	40	44	29	48
MIN > Estación - Mes	SS10 - FEB	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS20 - AGO	SMA80 - AGO	MA90 - FEB	AG100 - AGO	MG110 - AGO
STD	50	50	50	50	50
No cumplen STD (n)	2	1	1	0	1
No cumple - Cumple (%)	10 - 90	50 - 50	50 - 50	0 - 100	50 - 50

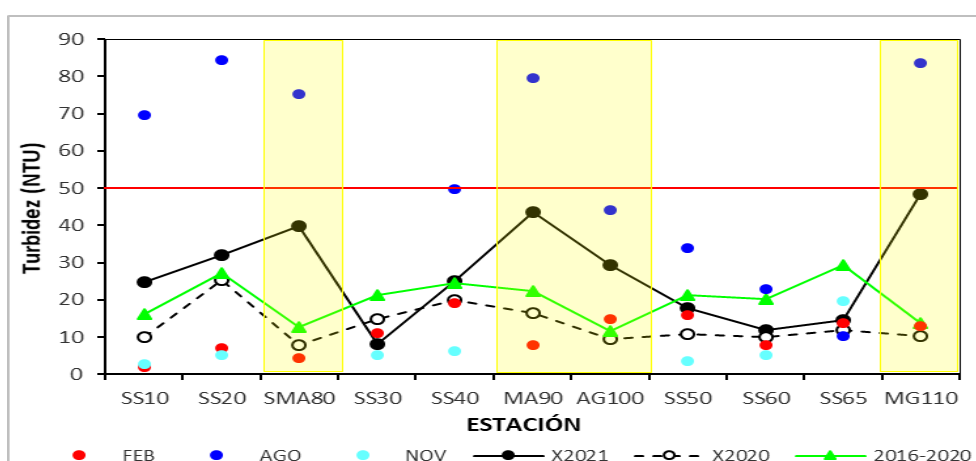


Fig. 13. Variación espacial y temporal de la Turbidez del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Turbidez para el año 2021. X2020 = promedio de Turbidez para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Turbidez para el quinquenio precedente. La línea roja marca el estándar fijado en el Decreto 253. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como “mínimo” el menor valor cuantificable.

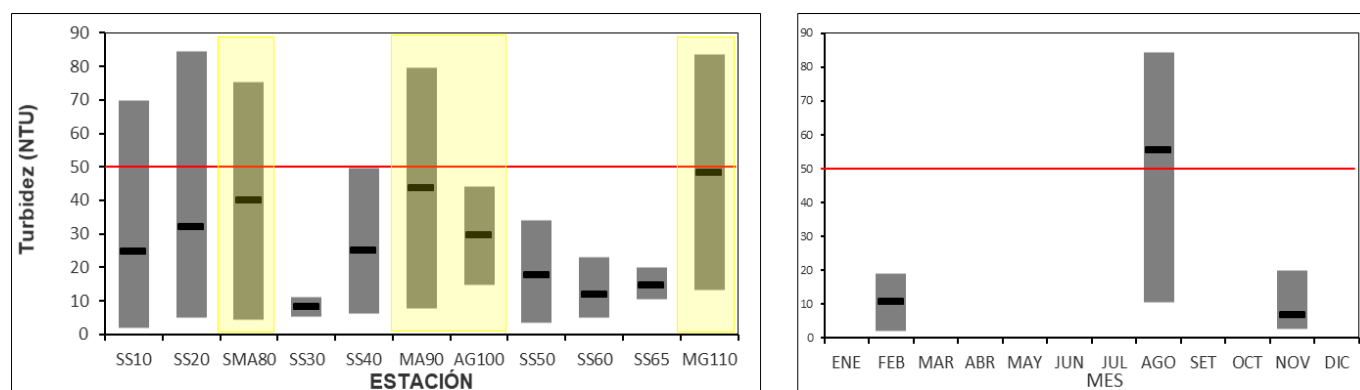


Fig. 14. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Turbidez (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.6. Nutrientes

4.2.6.1. Nitrogenados

4.2.6.1.1. Nitratos (NO_3^-)

Tabla XII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: GESTA. Min = mínimo valor cuantificable.

NO3 mg/l					
n	San salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
Cuantificados	14	1	1	1	1
MIN	1	0	0	1	0
MAX	1,10			1,20	
PROM	0,54			1,20	
MEDIANA	0,50			1,20	
MIN > Estación - Mes					
MAX > Estación - Mes	SS50 - FEB			AG100 - FEB	
STD	5	5	5	5	5
No cumplen STD (n)					
No cumple - Cumple (%)	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100

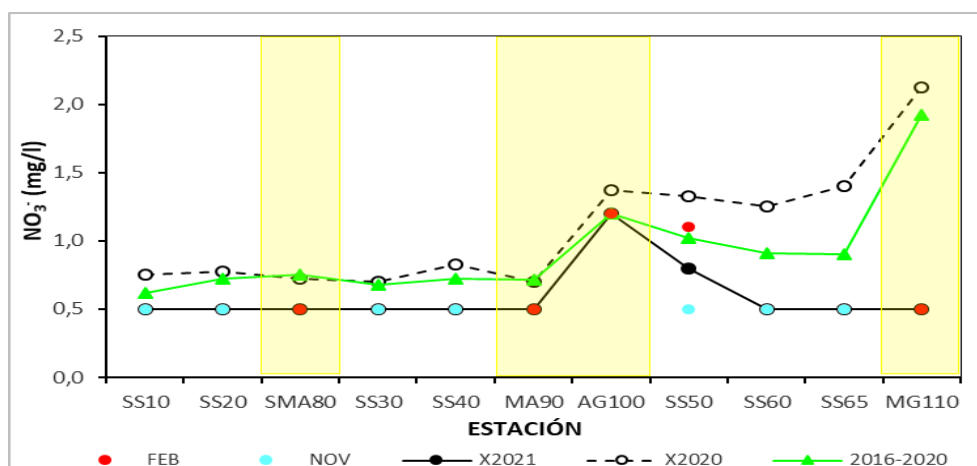


Fig. 15. Variación espacial y temporal de los Nitratos del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Nitratos para el año 2021. X2020 = promedio de Nitratos para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Nitratos para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

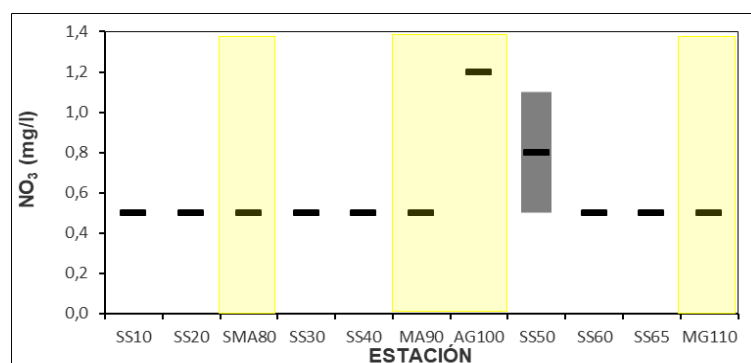


Fig. 16. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Nitratos (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.6.1.2. Nitritos (NO_2^-)

Tabla XIII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: Decreto 253. Min = mínimo valor cuantificable.

NO ₂ mg/l					
	San salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	20	2	2	2	2
Cuantificados	15	2	2	2	2
MIN	0,010	0,030	0,080	0,140	0,080
MAX	0,370	0,140	0,130	0,180	0,200
PROM	0,087	0,085	0,105	0,160	0,140
MEDIANA	0,045	0,085	0,105	0,160	0,140
MIN > Estación - Mes	SS10 - FEB y SS10, 20, 30 y 40 - NOV	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS60 - FEB	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO
STD	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
No cumplen STD (n)	6	1	1	2	1
No cumple - Cumple (%)	30 - 70	50 - 50	50 - 50	100 - 0	50 - 50

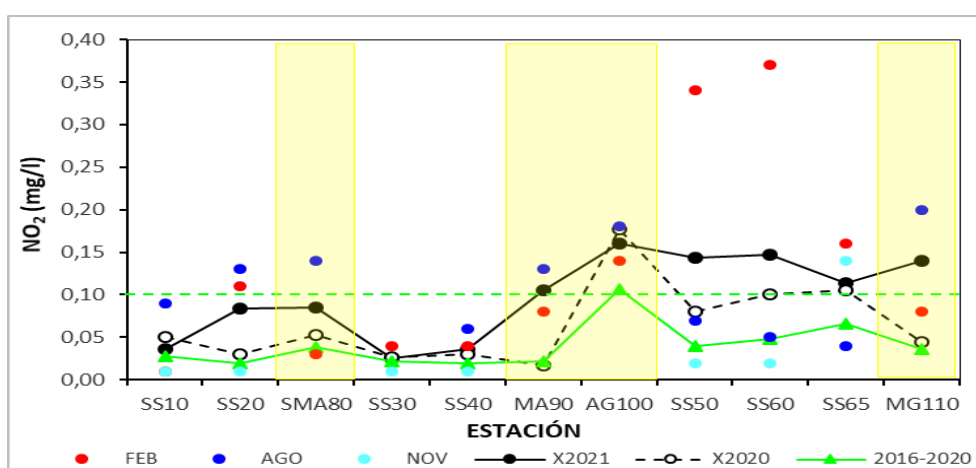


Fig. 17. Variación espacial y temporal de los Nitritos del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Nitritos para el año 2021. X2020 = promedio de Nitritos para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Nitritos para el quinquenio precedente. La línea verde punteada marca el valor guía sugerido por el grupo GESTA. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

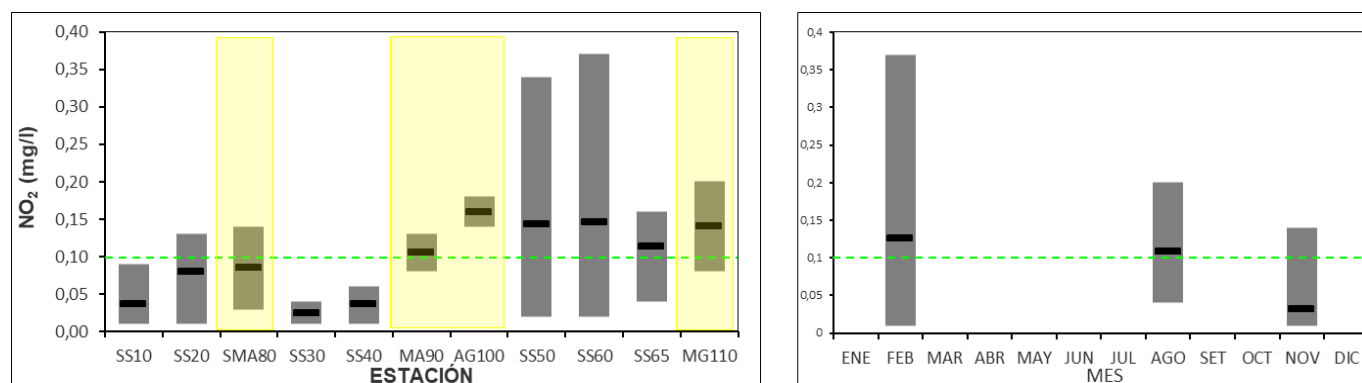


Fig. 18. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Nitritos (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.6.1.3. Nitrógeno amoniacal (NH_4^+)

Tabla XIV. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: MTA. Min = mínimo valor cuantificable.

NH ₄ mg/l					
n	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
Cuantificados	20	2	2	2	2
	2	1	0	0	1
MIN	0,630				
MAX	0,790	0,800			0,810
PROM	0,251	0,500			0,505
MEDIANA	0,200	0,500			0,505
MIN > Estación - Mes	SS10 - AGO				
MAX > Estación - Mes	SS20 - AGO	SMA80 - AGO			MG110 - AGO
STD	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
No cumplen STD (n)	4	1			1
No cumple - Cumple (%)	14 - 86	100 - 0	0 - 100	0 - 100	100 - 0

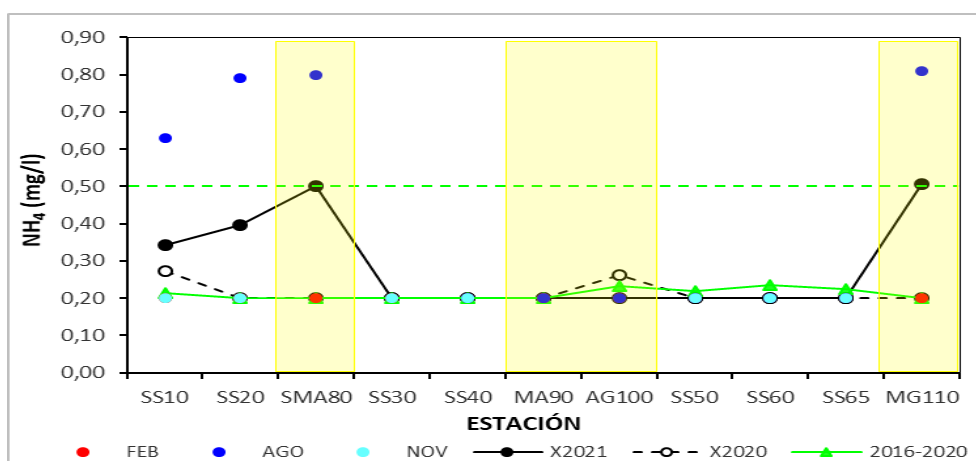


Fig. 19. Variación espacial y temporal del Nitrógeno amoniacal del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Nitrógeno amoniacal para el año 2021. X2020 = promedio de Nitrógeno amoniacal para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Nitrógeno amoniacal para el quinquenio precedente. La línea verde punteada marca el valor guía sugerido por la MTA. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como “mínimo” el menor valor cuantificable.

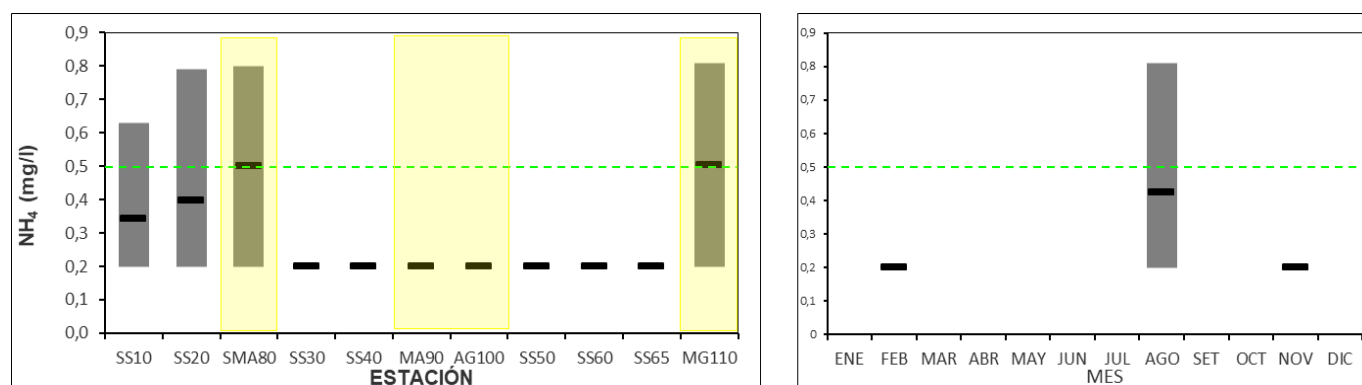


Fig. 20. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Nitrógeno amoniacal (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.6.1.4. Amonio libre (NH₃)

Tabla XV. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: Decreto 253. Min = mínimo valor cuantificable.

NH ₃ mg/l					
n	San Salvador 20	San Martín 2	Maciel 2	del Águila 2	Magallanes 2
Cuantificados					
MIN	0,00292	0,00937	0,00296	0,00485	0,00846
MAX	0,02298	0,00967	0,00793	0,00673	0,01780
PROM	0,00925	0,00952	0,00544	0,00579	0,01313
MEDIANA	0,00931	0,00952	0,00544	0,00579	0,01313
MIN > Estación - Mes	SS50 - FEB	SMA80- FEB	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS65 - FEB	SMA80 - AGO	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - AGO
STD	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
No cumplen STD (n)	2				
No cumple - Cumple (%)	10 - 90	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100

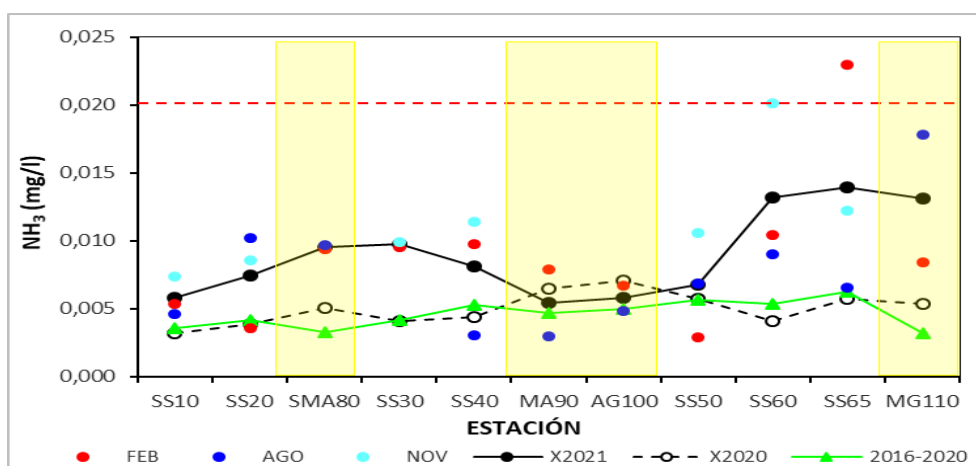


Fig. 21. Variación espacial y temporal del Amonio libre del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Amonio libre para el año 2021. X2020 = promedio de Amonio libre para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Amonio libre para el quinquenio precedente. La línea roja marca el estándar fijado en el Decreto 253. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

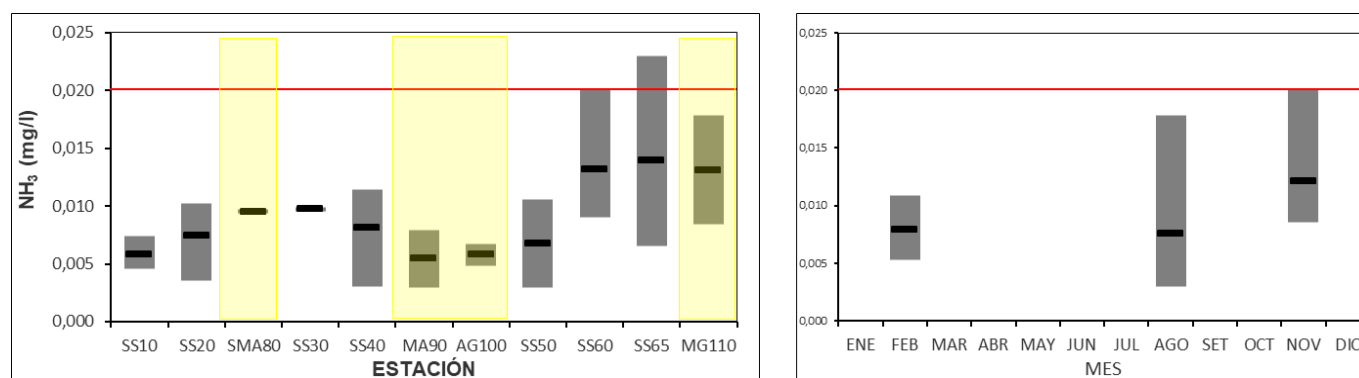


Fig. 22. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Amonio libre (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.6.1.5. Nitrógeno total (Nt)

Tabla XVI. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: MTA. Min = mínimo valor cuantificable.

Nt mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	20	2	1	2	2
Cuantificados	20	2	1	2	2
MIN	0,7	0,9	4,0	1,9	1,1
MAX	4,7	3,3	4,0	4,2	6,1
PROM	1,8	2,1	4,0	3,1	3,6
MEDIANA	1,5	2,1	4,0	3,1	3,6
MIN > Estación - Mes	SS30 - NOV	SMA80 - FEB		AG100 - FEB	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS20 - AGO	SMA80- AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO
STD	1	1	1	1	1
No cumplen STD (n)	13	1	1	2	2
No cumple - Cumple (%)	70 - 30	50 - 50	100 - 0	100 - 0	100 - 0

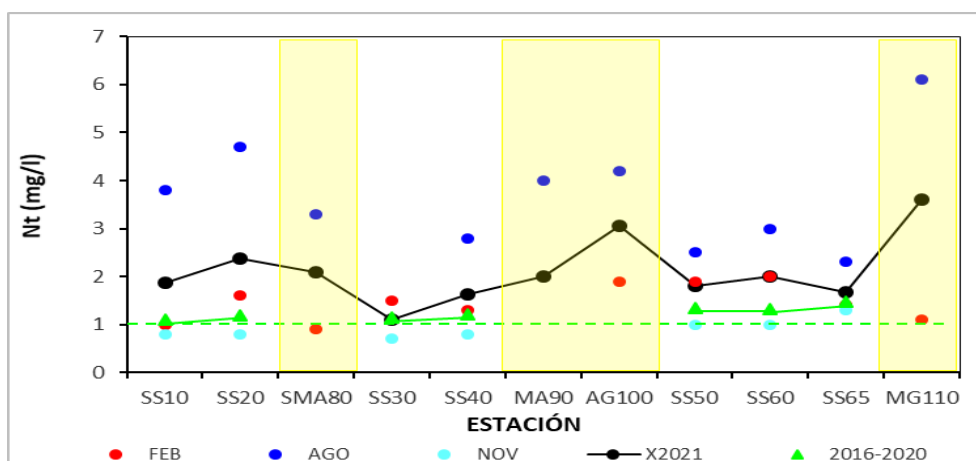


Fig. 23. Variación espacial y temporal del Nitrógeno total del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Nitrógeno total para el año 2021. X2020 = promedio de Nitrógeno total para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Nitrógeno total para el quinquenio precedente. La línea verde punteada marca el valor guía sugerido por la MTA. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

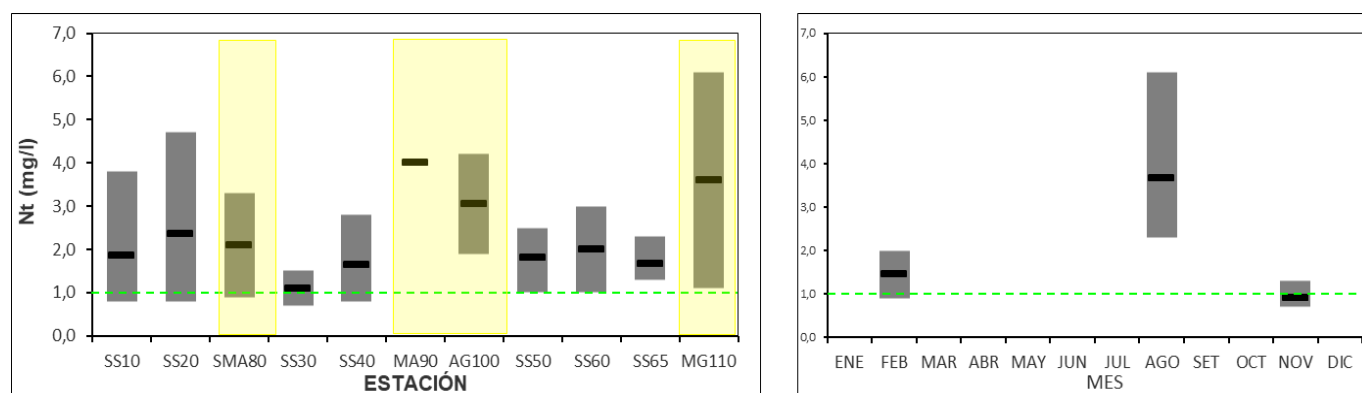


Fig. 24. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Nitrógeno total (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

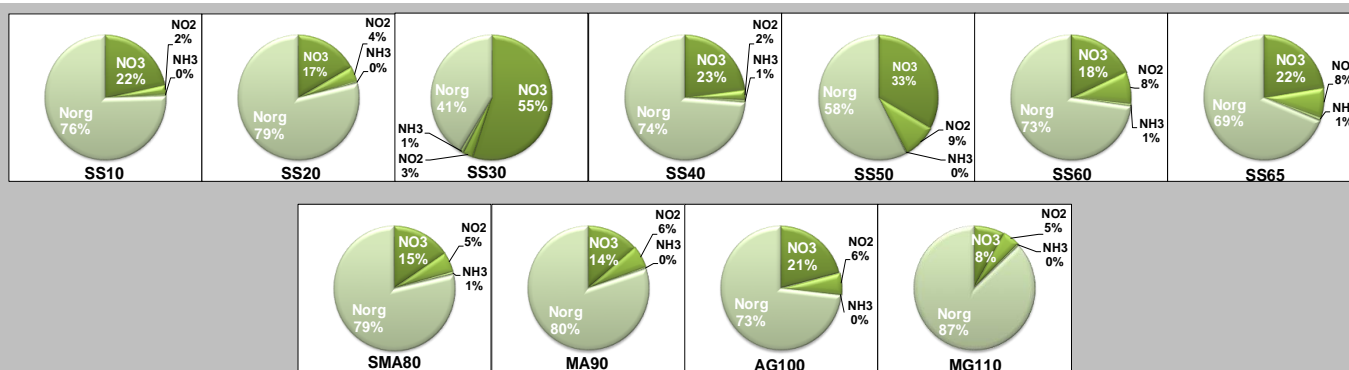
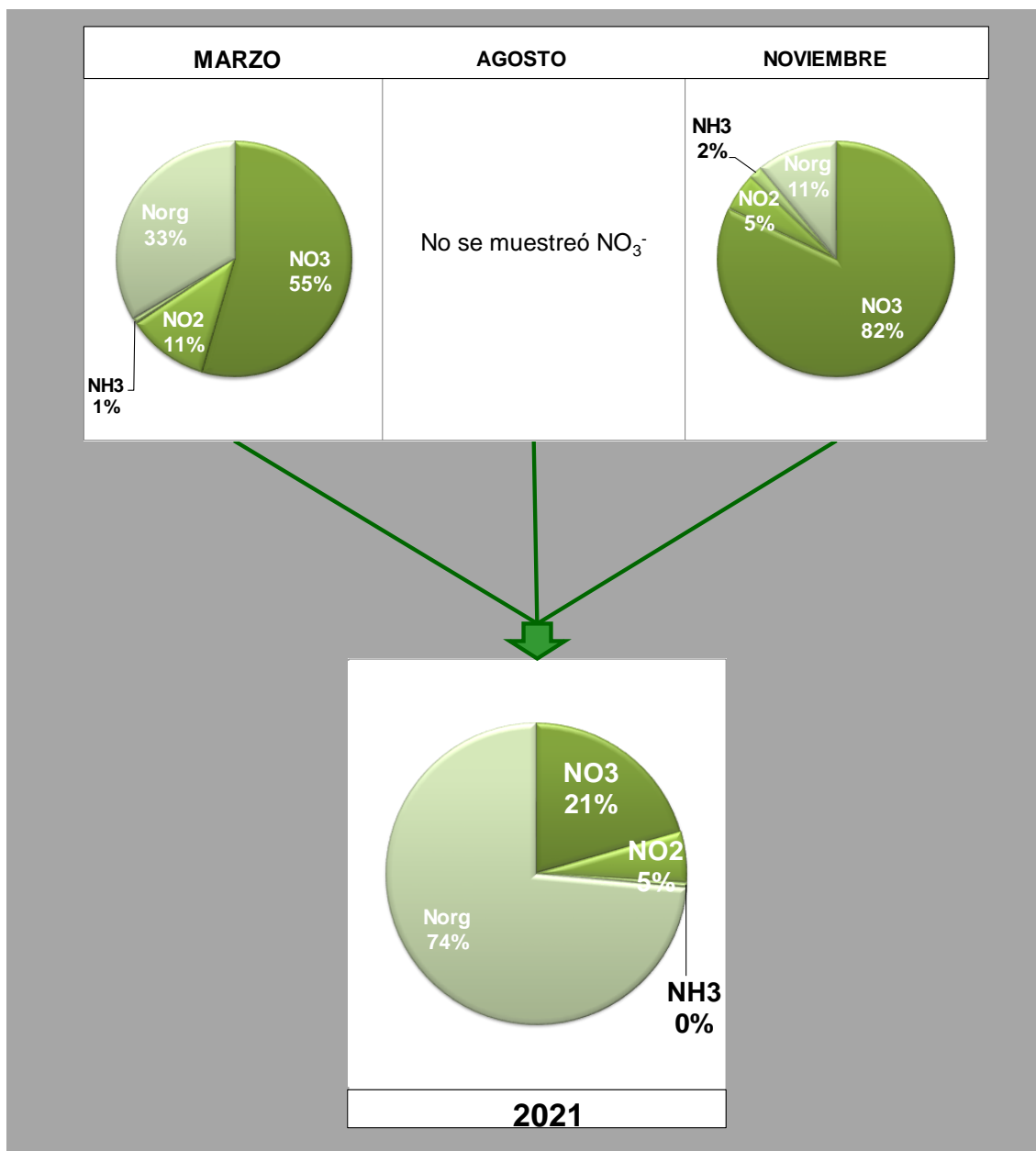


Fig. 25. Proporción de los diferentes componentes nitrogenados inorgánicos en el río San Salvador y sus tributarios en cada campaña y en promedio anual (superior) y en cada estación en promedio anual (inferior). NH_3 y Norg, valores calculados.

4.2.6.2. Fosforados

4.2.6.2.1. Fósforo total (Pt)

Tabla XVII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: Decreto 253 y GESTA. Min = mínimo valor cuantificable.

Pt µg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	19	2	2	2	2
Cuantificados	17	2	2	2	2
MIN	200	100	300	260	110
MAX	600	470	450	530	220
PROM	298	285	375	395	165
MEDIANA	280	285	375	395	165
MIN > Estación - Mes	SS60 - AGO y SS20 - NOV	SMA80 - FEB	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS50 - FEB	SMA80 - AGO	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - AGO
STD	70 y 25	70 y 25	70 y 25	70 y 25	70 y 25
No cumplen STD (n)	17	2	2	2	2
No cumple - Cumple (%)	100 - 0	100 - 0	100 - 0	100 - 0	100 - 0

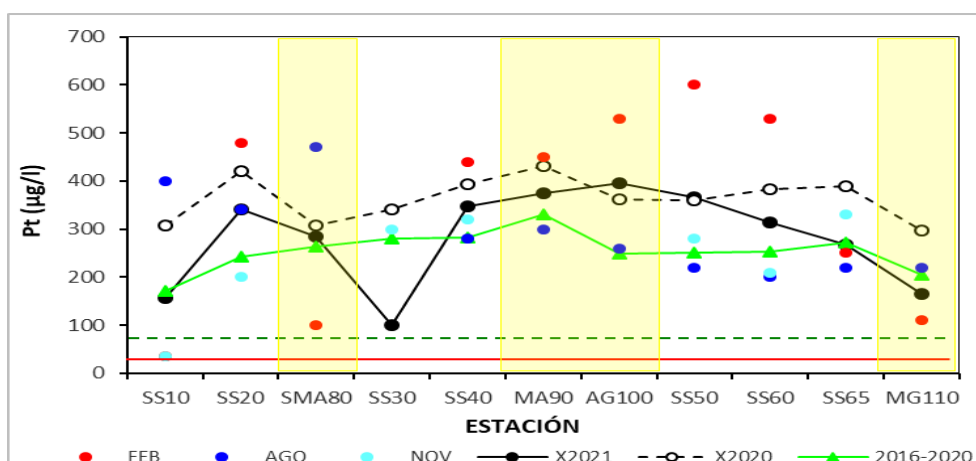


Fig. 26. Variación espacial y temporal del Fósforo total del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Fósforo total para el año 2021. X2020 = promedio de Fósforo total para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Fósforo total para el quinquenio precedente. La línea roja marca el estándar del Decreto 253, la línea verde punteada el valor sugerido por el grupo GESTA Agua. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como “mínimo” el menor valor cuantificable.

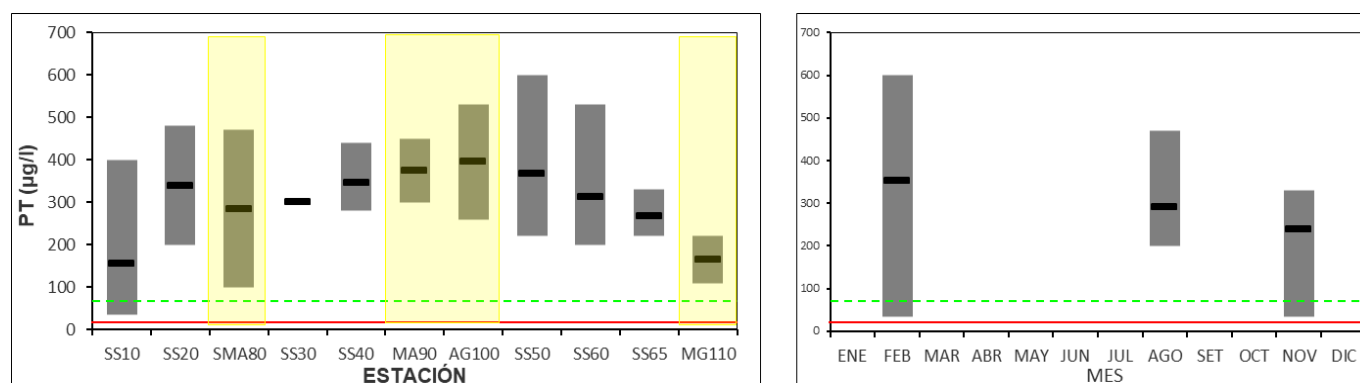


Fig. 27. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Fósforo total (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.7. Sólidos

4.2.7.1. Sólidos Totales

4.2.7.1.1. Sólidos Totales (ST)

Tabla XVIII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

ST mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	13	2	2	2	2
Cuantificados	13	2	2	2	2
MIN	270	370	340	290	370
MAX	480	450	400	360	540
PROM	369	410	370	325	455
MEDIANA	370	410	370	325	455
MIN > Estación - Mes	SS50 - FEB	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - FEB	MG110 - AGO
MAX > Estación - Mes	SS60 - AGO	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - AGO	MG110 - FEB

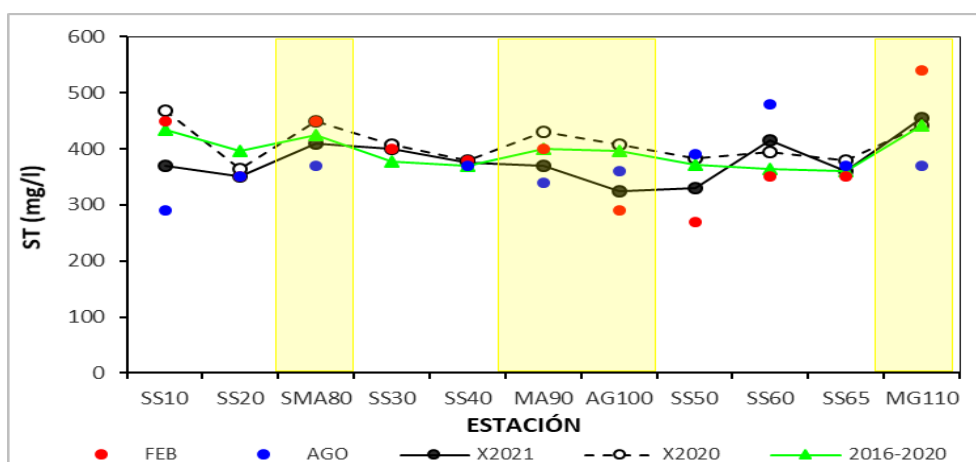


Fig. 28. Variación espacial y temporal de los Sólidos totales del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Sólidos totales para el año 2021. X2020 = promedio de Sólidos totales para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Sólidos totales para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como “mínimo” el menor valor cuantificable.

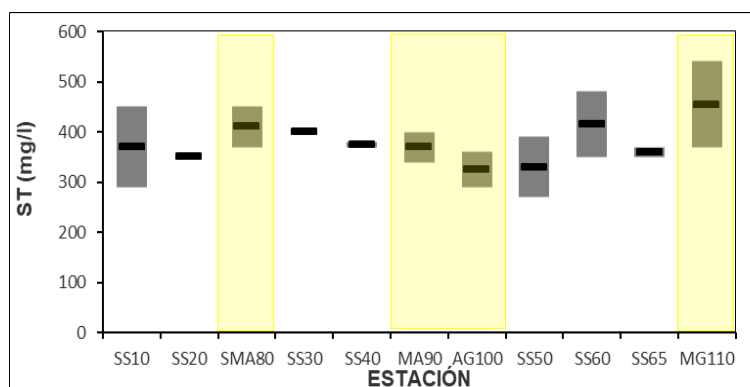


Fig. 29. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Sólidos totales (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.7.1.2. Sólidos Totales Fijos (STF)

Tabla XIX. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

STF mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	13	2	2	2	2
Cuantificados	13	2	2	2	2
MIN	170	250	230	200	270
MAX	300	330	300	260	300
PROM	238	290	265	230	285
MEDIANA	240	290	265	230	285
MIN > Estación - Mes	SS50 - FEB	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - FEB	MG110 - AGO
MAX > Estación - Mes	SS50 - AGO	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - AGO	MG110 - FEB

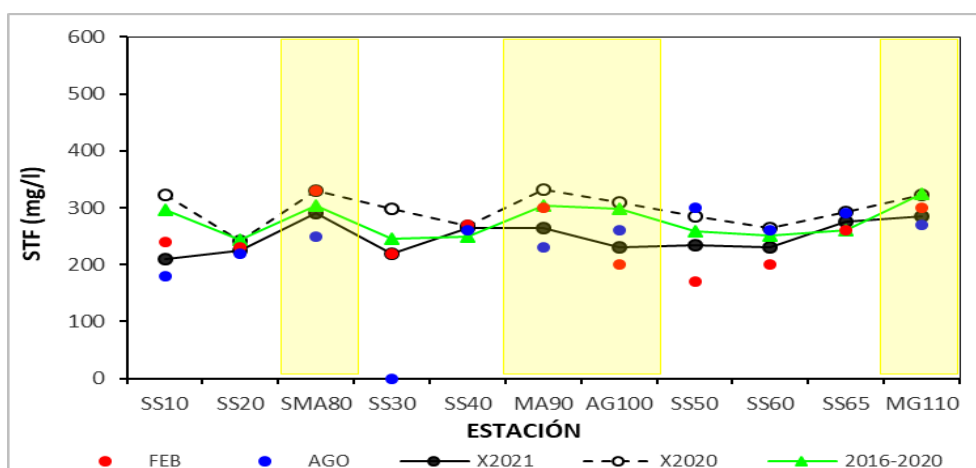


Fig. 30. Variación espacial y temporal de los Sólidos totales fijos del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Sólidos totales fijos para el año 2021. X2020 = promedio de Sólidos totales fijos para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Sólidos totales fijos para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

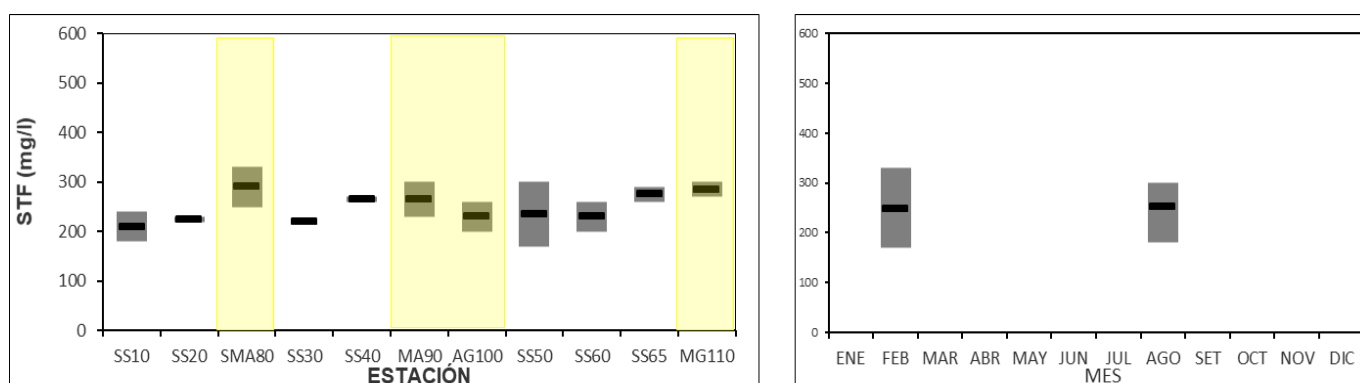


Fig. 31. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Sólidos totales fijos (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.7.1.3. Sólidos Totales Volátiles (STV)

Tabla XX. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

STV mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	13	2	2	2	2
Cuantificados	13	2	2	2	2
MIN	78	120	98	95	99
MAX	210	120	110	98	240
PROM	128	120	104	97	170
MEDIANA	110	120	104	97	170
MIN > Estación - Mes	SS65 - AGO	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - AGO
MAX > Estación - Mes	SS10 - FEB y SS60 - AGO	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - FEB

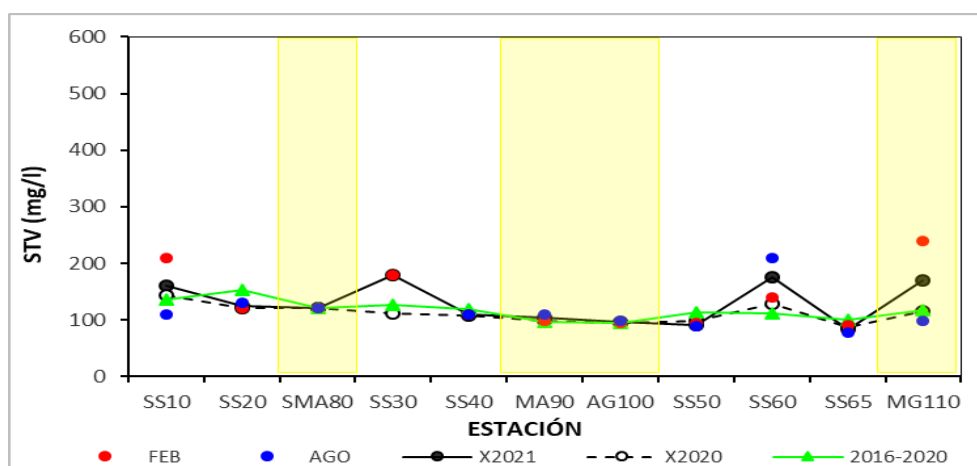


Fig. 32. Variación espacial y temporal de los Sólidos totales volátiles del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Sólidos totales volátiles para el año 2021. X2020 = promedio de Sólidos totales volátiles para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Sólidos totales volátiles para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como “mínimo” el menor valor cuantificable.

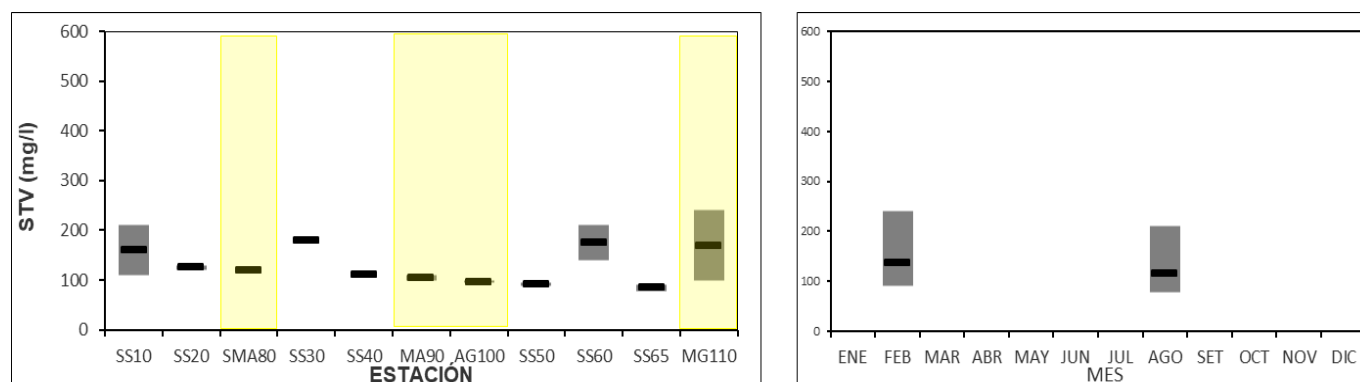


Fig. 33. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Sólidos totales volátiles (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

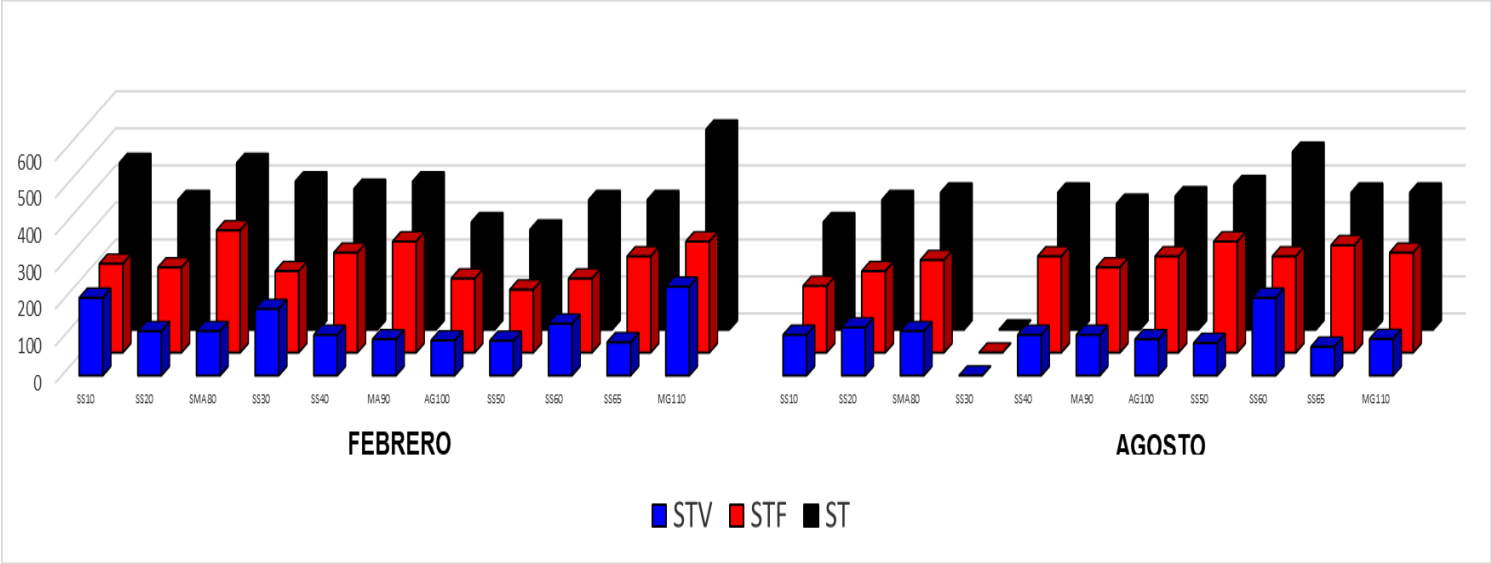


Fig. 34: Variación espacial y temporal de los sólidos totales (ST, STF y STV) en la cuenca del río San Salvador durante 2021.

4.2.7.2. Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Tabla XXI. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

SDT mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	13	2	2	2	2
Cuantificados	13	2	2	2	2
MIN	190	260	240	270	290
MAX	410	440	380	290	410
PROM	325	350	310	280	350
MEDIANA	340	350	310	280	350
MIN > Estación - Mes	SS10 - AGO	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - FEB	MG110 - AGO
MAX > Estación - Mes	SS10 y 40 - FEB	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - AGO	MG110 - FEB

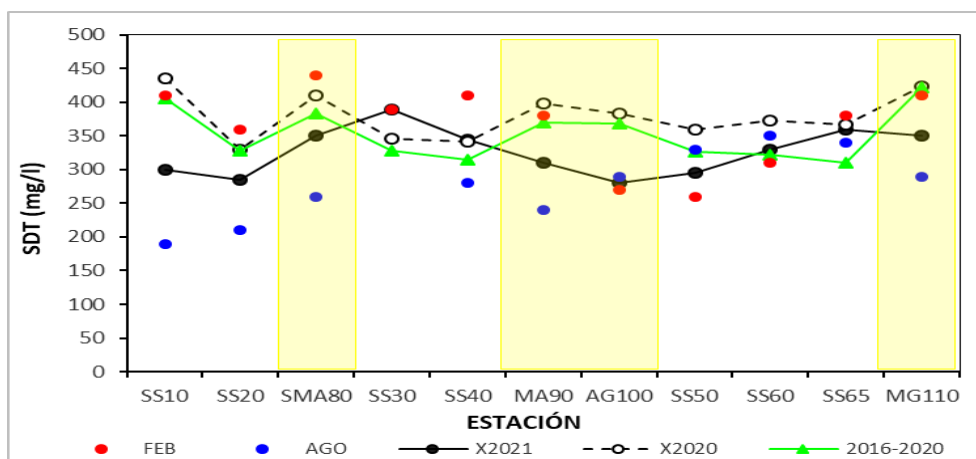


Fig. 35. Variación espacial y temporal de los Sólidos disueltos totales del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Sólidos disueltos totales para el año 2021. X2020 = promedio de Sólidos disueltos totales para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Sólidos disueltos totales para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

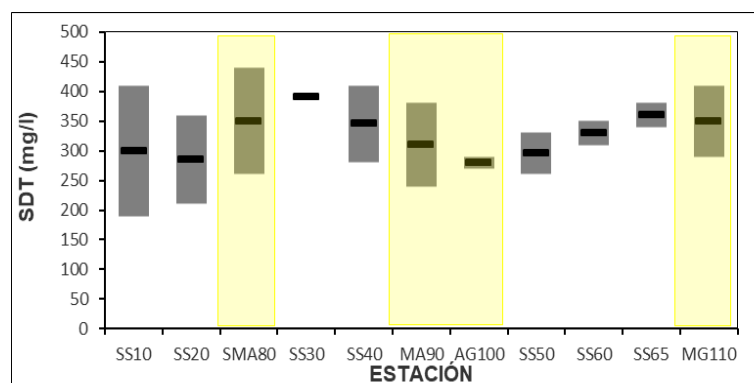


Fig. 36. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Sólidos disueltos totales (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

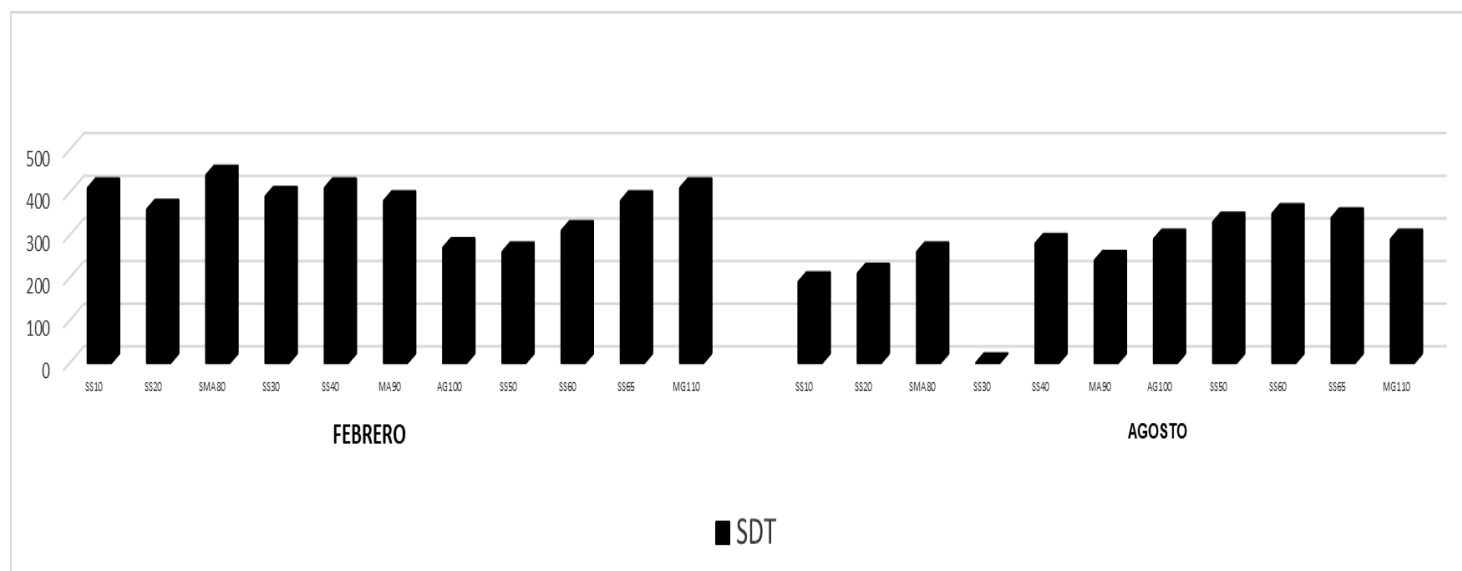


Fig. 37: Variación espacial y temporal de los sólidos disueltos totales (SDT) en la cuenca del río San Salvador durante 2021.

4.2.7.3. Sólidos Suspendedos

4.2.7.3.1. Sólidos Suspendedos Totales (SST)

Tabla XXII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

SST mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	13	2	2	2	2
Cuantificados	10	1	1	2	2
MIN	11			21	48
MAX	85	66	73	50	84
PROM	29	35	39	36	66
MEDIANA	14	35	39	36	66
MIN > Estación - Mes	SS65 - AGO			AG100 - FEB	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS20 - AGO	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO

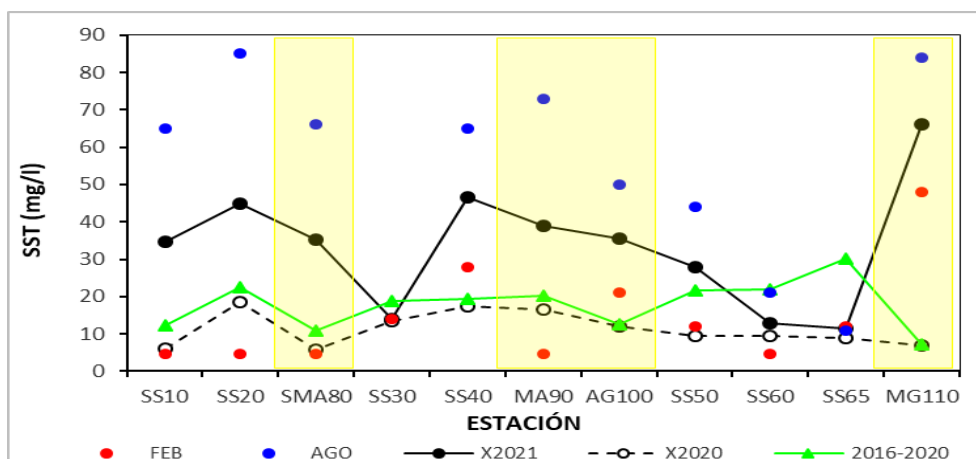


Fig. 38. Variación espacial y temporal de los Sólidos suspendidos totales del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Sólidos suspendidos totales para el año 2021. X2020 = promedio de Sólidos suspendidos totales para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Sólidos suspendidos totales para el quinquenio precedente.

Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

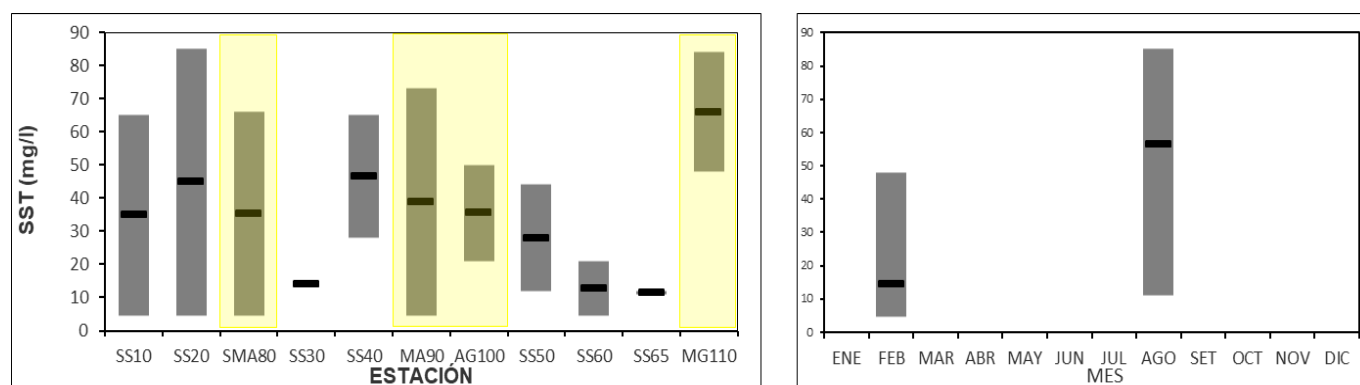


Fig. 39. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Sólidos suspendidos totales (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.7.3.2. Sólidos Suspendedos Fijos (SSF)

Tabla XXIII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

SSF mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	13	2	2	2	2
Cuantificados	8	1	1	2	2
MIN	10			16	33
MAX	65	49	59	39	68
PROM	22	27	32	28	51
MEDIANA	12	27	32	28	51
MIN > Estación - Mes	SS50 - FEB			AG100 - FEB	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS20 - AGO	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO

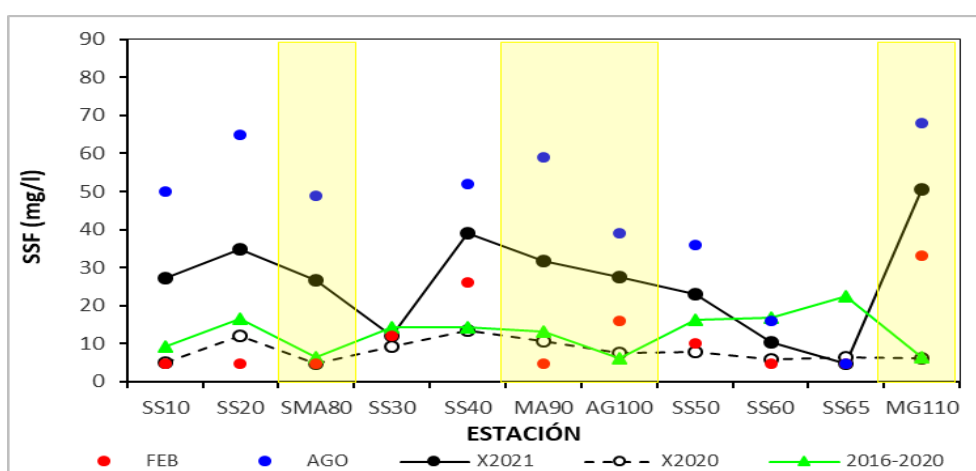


Fig. 40. Variación espacial y temporal de los Sólidos suspendidos fijos del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Sólidos suspendidos fijos para el año 2021. X2020 = promedio de Sólidos suspendidos fijos para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Sólidos suspendidos fijos para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

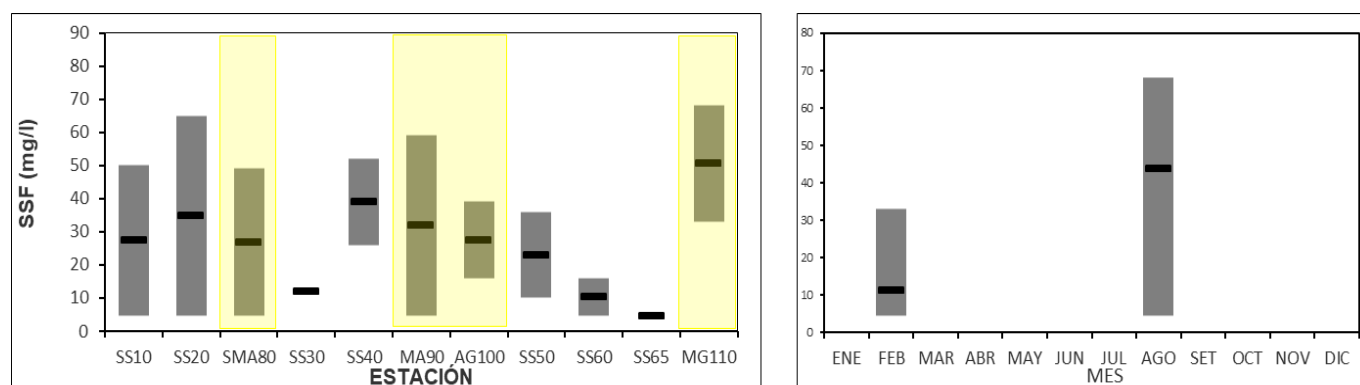


Fig. 41. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Sólidos suspendidos fijos (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.7.3.3. Sólidos Suspendedos Volátiles (SSV)

Tabla XXIV. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

SSV mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	13	2	2	2	2
Cuantificados	3	1	1	1	2
MIN	13				15
MAX	20	17	14	11	15
PROM	7	11	9	8	15
MEDIANA	5	11	9	8	15
MIN > Estación - Mes	SS40 - AGO				MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS20 - AGO	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO

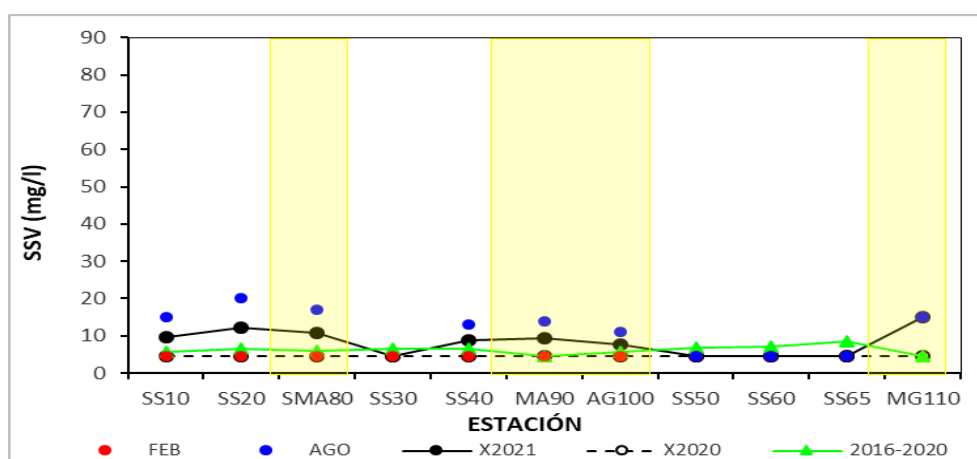


Fig. 42. Variación espacial y temporal de los Sólidos suspendidos volátiles del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Sólidos suspendidos volátiles para el año 2021. X2020 = promedio de Sólidos suspendidos volátiles para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Sólidos suspendidos volátiles para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

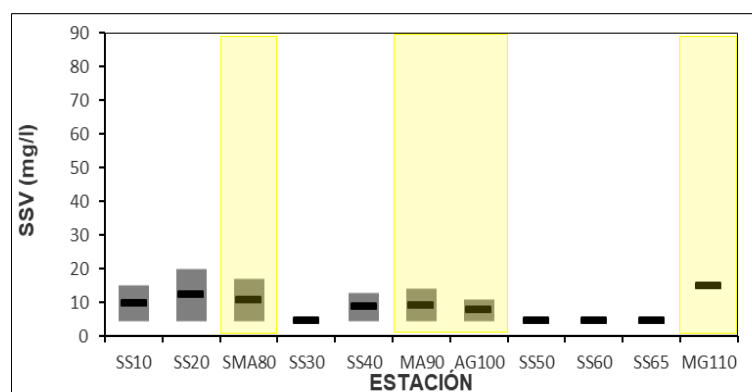
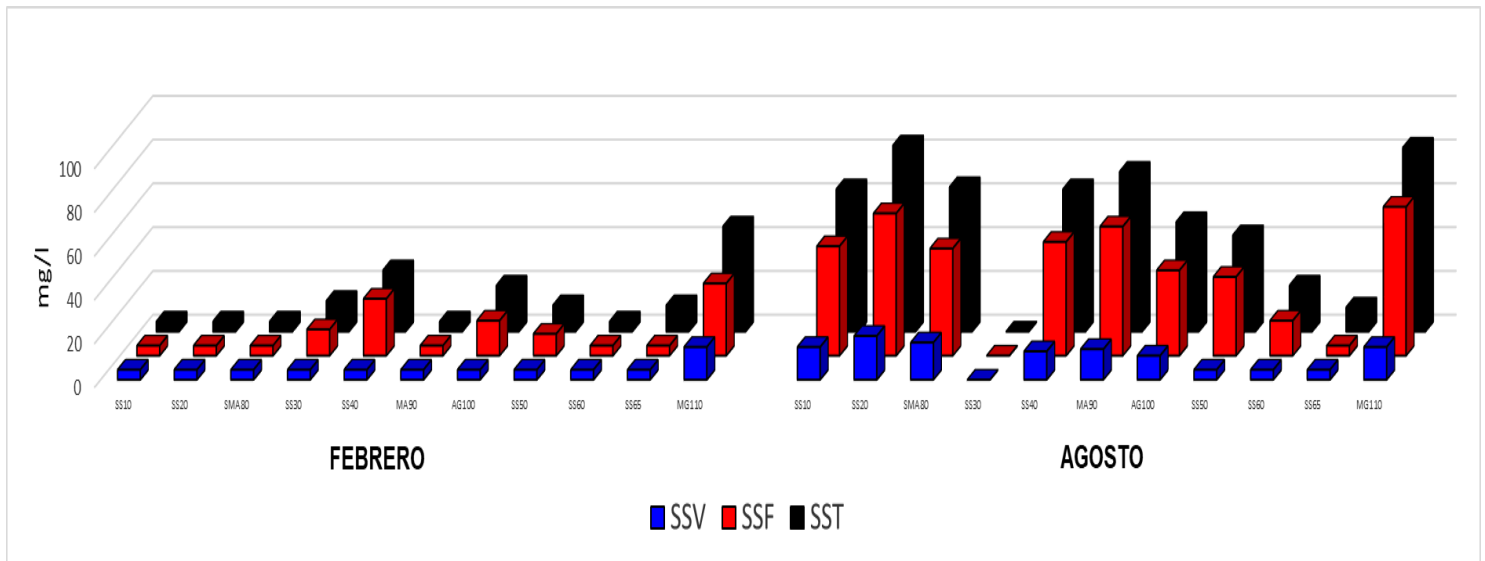


Fig. 43. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Sólidos suspendidos volátiles (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.



4.2.8. Metales

4.2.8.1. Hierro (Fe)

Tabla XXV. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

Fe mg/l					
n	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
Cuantificados	20	2	2	2	2
MIN	0,06	0,20	0,28	0,53	0,37
MAX	1,90	1,70	2,20	1,30	2,00
PROM	0,58	0,95	1,24	0,92	1,19
MEDIANA	0,37	0,95	1,24	0,92	1,19
MIN > Estación - Mes	SS10 - NOV	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS20 - AGO	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO

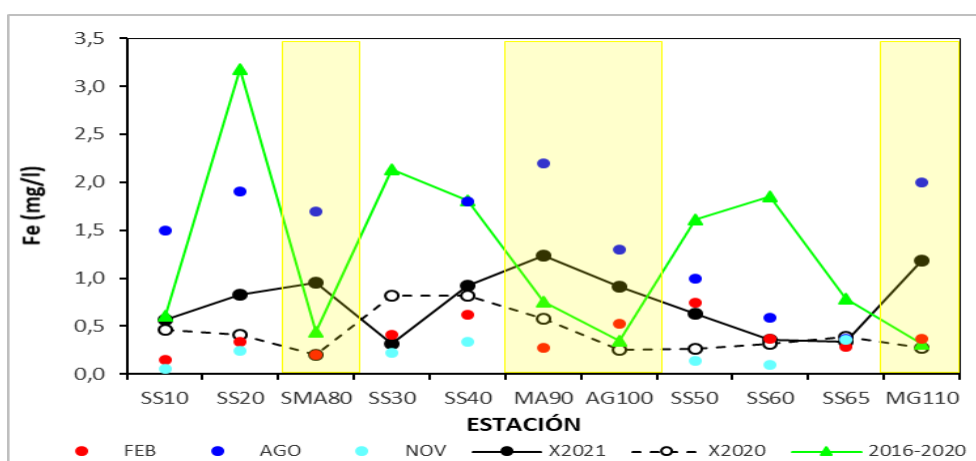


Fig. 45. Variación espacial y temporal del Hierro del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Hierro para el año 2021. X2020 = promedio de Hierro para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Hierro para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

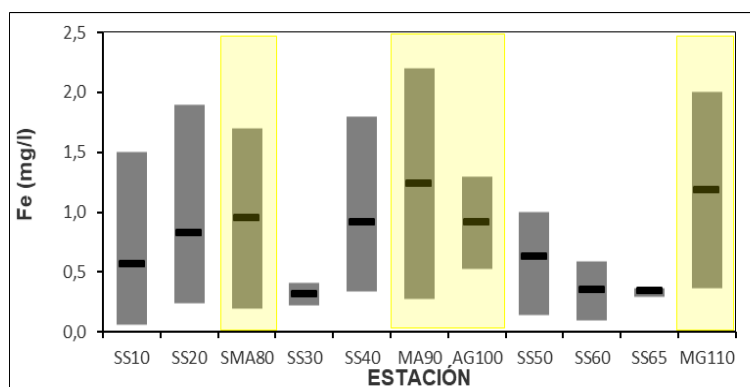


Fig. 46. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Hierro (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.8.2. Manganese (Mn)

Tabla XXVI. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

Mn µg/l						
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes	
n	20	2	2	2	2	
Cuantificados	16	2	2	2	2	
MIN	30	40	40	30	50,00	
MAX	70	40	60	80	240,00	
PROM	41	40	50	55	145,00	
MEDIANA	40	40	50	55	145,00	
MIN > Estación - Mes	SS60 - FEB, SS50 - AGO y SS40 y SS50 - NOV	SMA80 - FEB	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO	
MAX > Estación - Mes	SS20 - FEB	SMA80 - AGO	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - FEB	

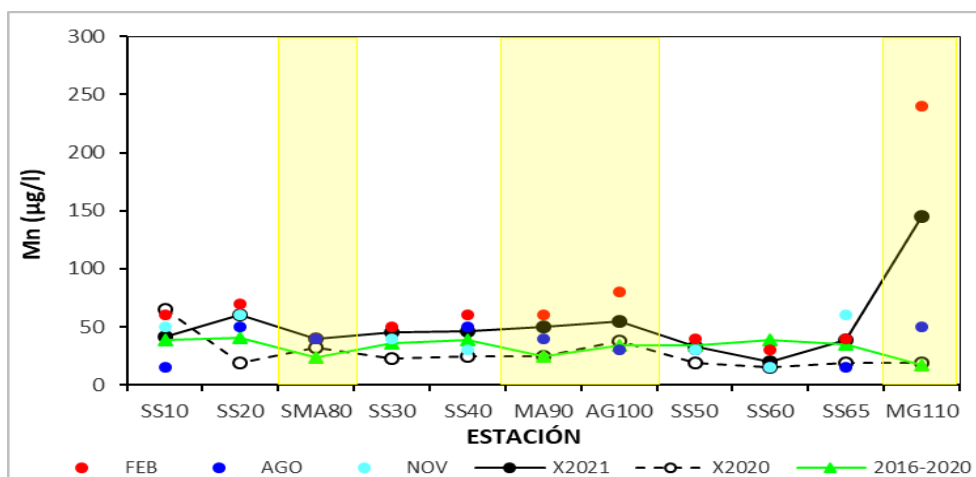


Fig. 47. Variación espacial y temporal del Manganese del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Manganese para el año 2021. X2020 = promedio de Manganese para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Manganese para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

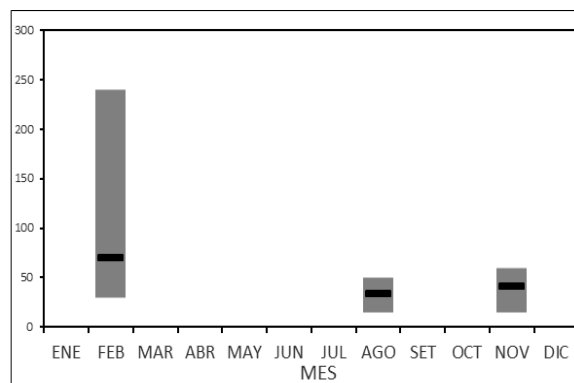
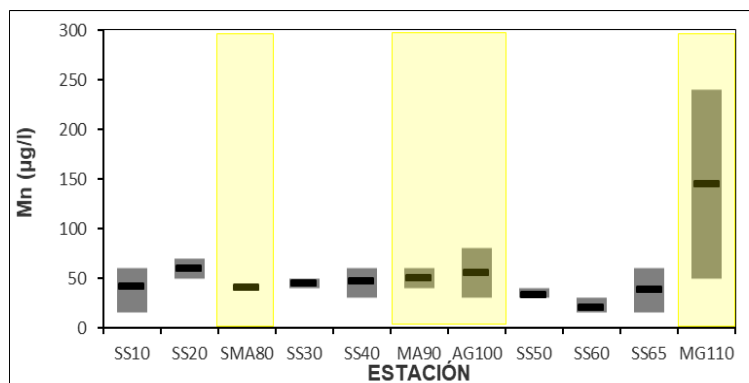


Fig. 48. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Manganese (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.8.3. Zinc (Zn)

Tabla XXVII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

Zn µg/l					
n	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
Cuantificados	20	2	2	2	2
	1	0	0	0	1
MIN					
MAX	130				40
PROM	26				30
MEDIANA	20				30
MIN > Estación - Mes					
MAX > Estación - Mes	SS20 - NOV				MG110 - FEB
STD	30	30	30	30	30
No cumplen STD (n)	1				1
No cumple - Cumple (%)	100 - 0	0 - 100	0 - 100	0 - 100	100 - 0

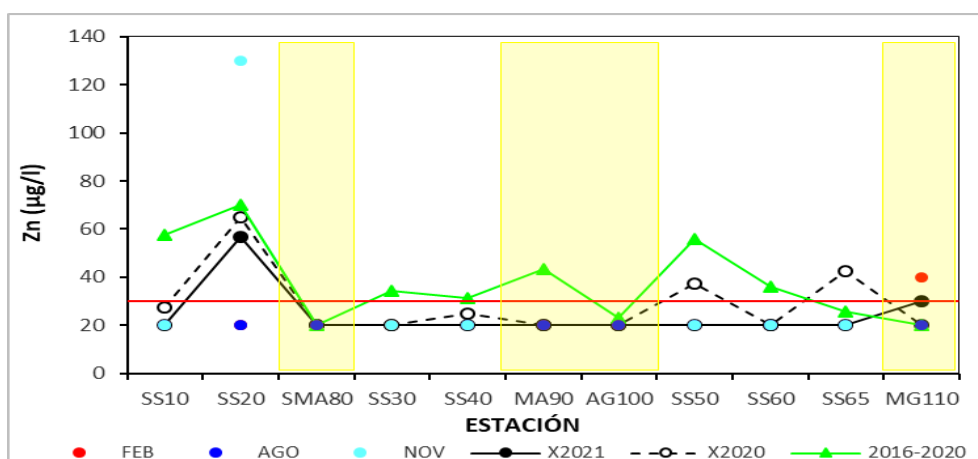


Fig. 49. Variación espacial y temporal del Zinc del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Zinc para el año 2021. X2020 = promedio de Zinc para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Zinc para el quinquenio precedente. La línea roja marca el estándar fijado en el Decreto 253. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

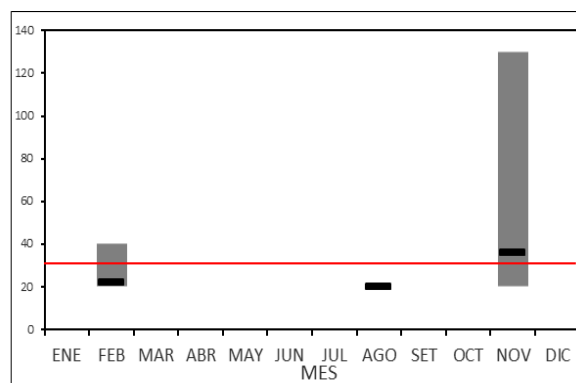
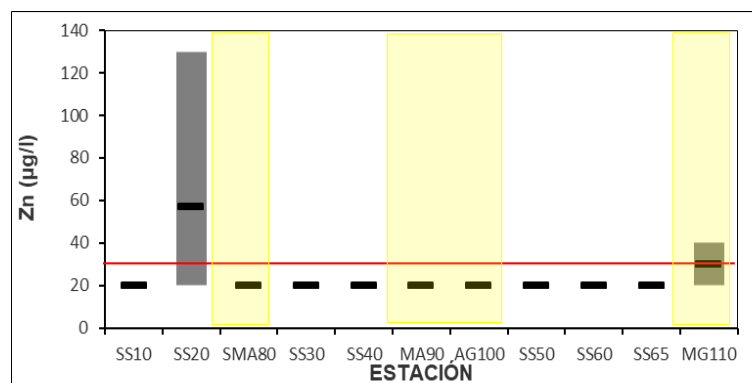


Fig. 50. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Zinc (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.8.4. Sodio (Na)

Tabla XXVIII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

Na mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	20	2	2	2	2
Cuantificados	20	2	2	2	2
MIN	24	28	23	22	18
MAX	103	99	64	37	70
PROM	50	64	44	30	44
MEDIANA	44	64	44	30	44
MIN > Estación - Mes	SS20 - AGO	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO
MAX > Estación - Mes	SS10 - NOV	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - FEB

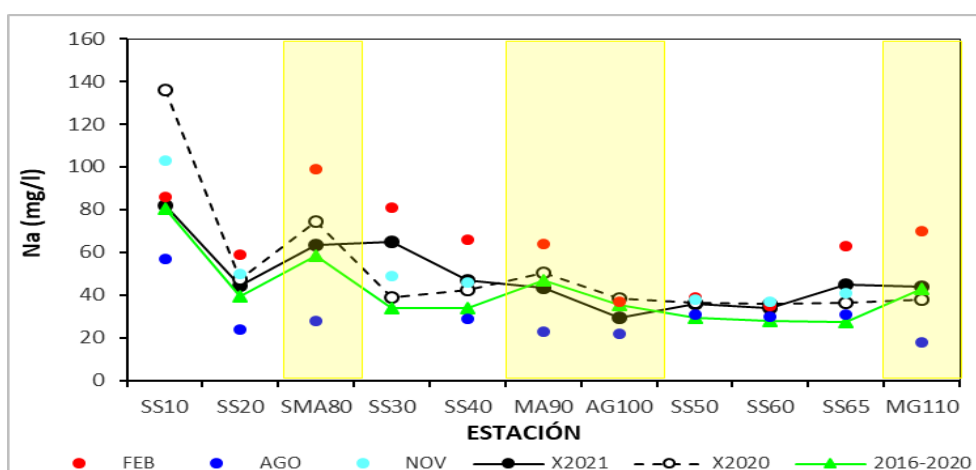


Fig. 51. Variación espacial y temporal del Sodio del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Sodio para el año 2021. X2020 = promedio de Sodio para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Sodio para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

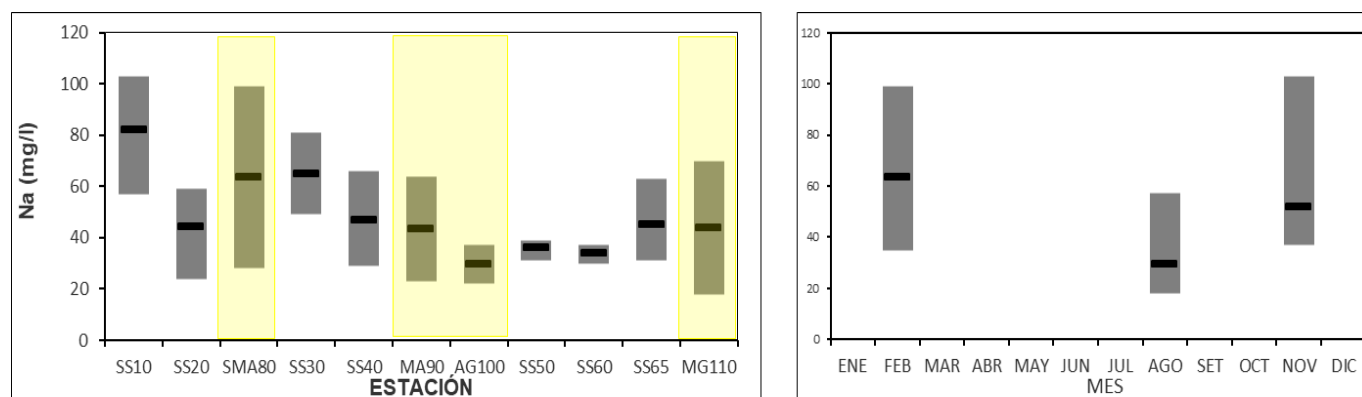


Fig. 52. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Sodio (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.8.5. Plomo (Pb)

Tabla XXIX. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: GESTA. Min = mínimo valor cuantificable.

Pb µg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	20	2	2	2	2
Cuantificados	1	0	0	0	0
MIN	1				
MAX	2				
PROM	1				
MEDIANA	1				
MIN > Estación - Mes					
MAX > Estación - Mes	SS20 - NOV				
STD	3	3	3	3	3
No cumplen STD (n)					
No cumple - Cumple (%)	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100

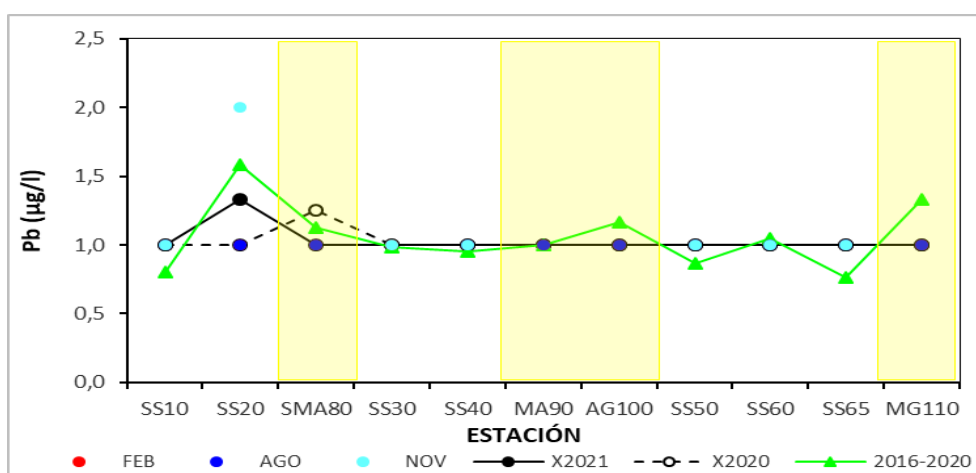


Fig. 53. Variación espacial y temporal del Plomo del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Plomo para el año 2021. X2020 = promedio de Plomo para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Plomo para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

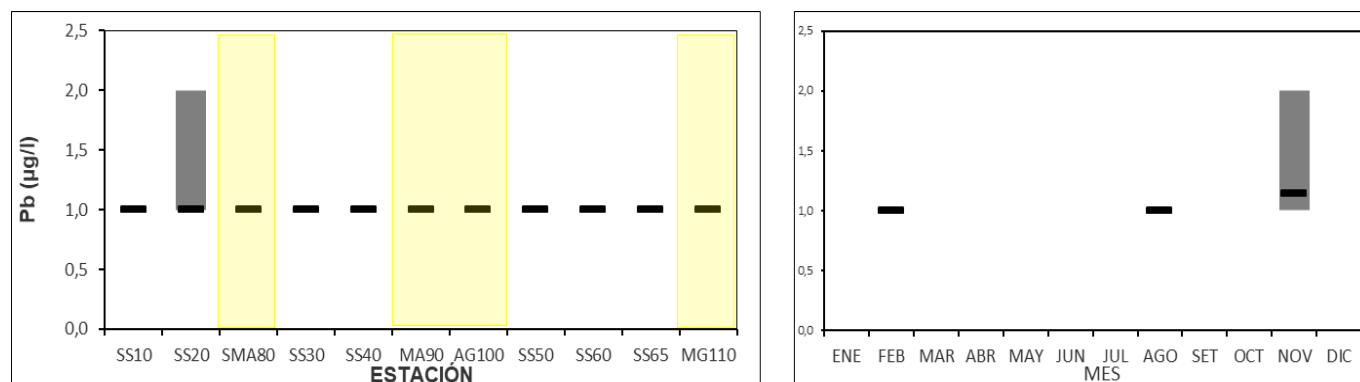


Fig. 54. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Plomo (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.8.6. Arsénico (As)

Tabla XXX. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: Decreto 253. Min = mínimo valor cuantificable.

As µg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	20	2	2	2	2
Cuantificados	17	1	1	2	2
MIN	4			6	5
MAX	10	6	10	8	16
PROM	6	4	6	7	11
MEDIANA	6	4	6	7	11
MIN > Estación - Mes	SS50 - AGO			AG100 - AGO	MG110 - AGO
MAX > Estación - Mes	SS60 - FEB y SS10 y SS60 - NOV	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - FEB
STD	5	5	5	5	5
No cumplen STD (n)	16	1	1	2	2
No cumple - Cumple (%)	80- 20	50 - 50	50 - 50	100 - 0	100 - 0

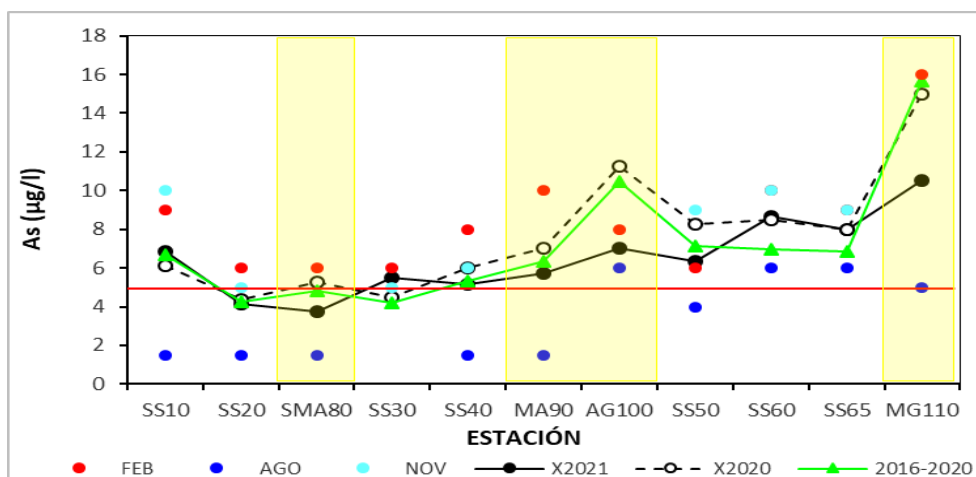


Fig. 55. Variación espacial y temporal del Arsénico del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Arsénico para el año 2021. X2020 = promedio de Arsénico para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Arsénico para el quinquenio precedente. La línea roja marca el estándar fijado en el Decreto 253. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como “mínimo” el menor valor cuantificable.

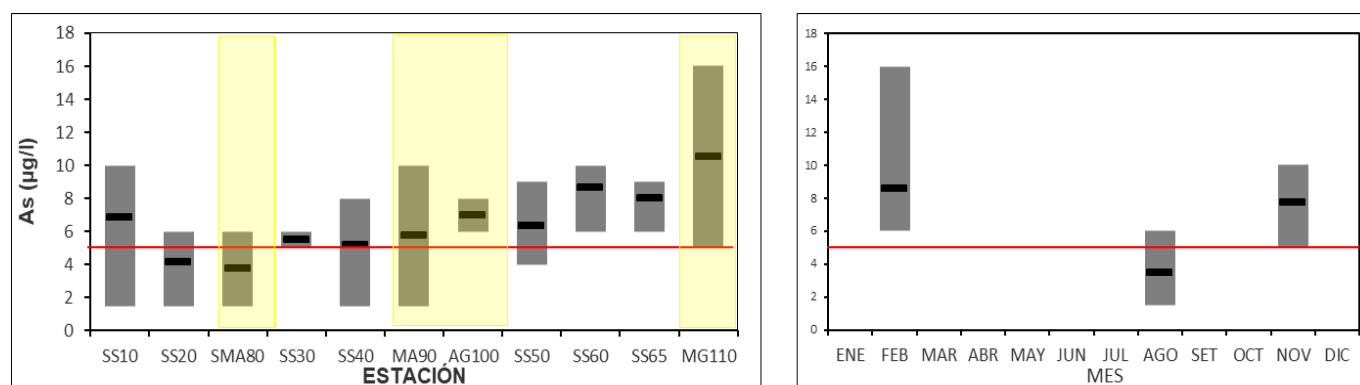


Fig. 56. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Arsénico (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.8.7. Cadmio (Cd)

Todos los valores reportados para el Cd se encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica (0.4 µg/l). En el caso de esta variable, el límite de cuantificación de la técnica es superior al valor guía propuesto (0.1 µg/l).

4.2.8.8. Cromo (Cr)

Tabla XXXI. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: GESTA. Min = mínimo valor cuantificable.

Cr µg/l					
n	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
	20	2	2	2	2
Cuantificados	2	1	1	1	1
MIN	2				
MAX	3	2	2	2	2
PROM	1	2	2	2	2
MEDIANA	1	2	2	2	2
MIN > Estación - Mes	SS40 - AGO				
MAX > Estación - Mes	SS20 - AGO	SA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO
STD	10	10	10	10	10
No cumplen STD (n)					
No cumple - Cumple (%)	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100

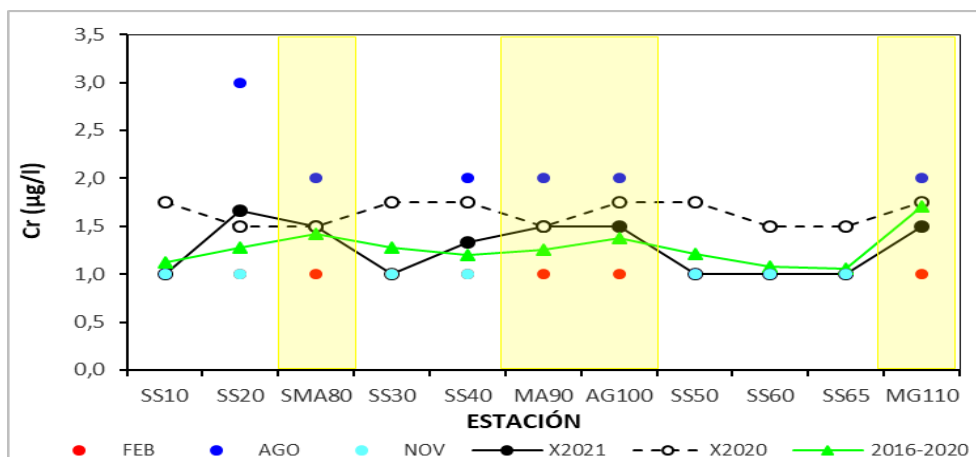


Fig. 57. Variación espacial y temporal del Cromo del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Cromo para el año 2021. X2020 = promedio de Cromo para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Cromo para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

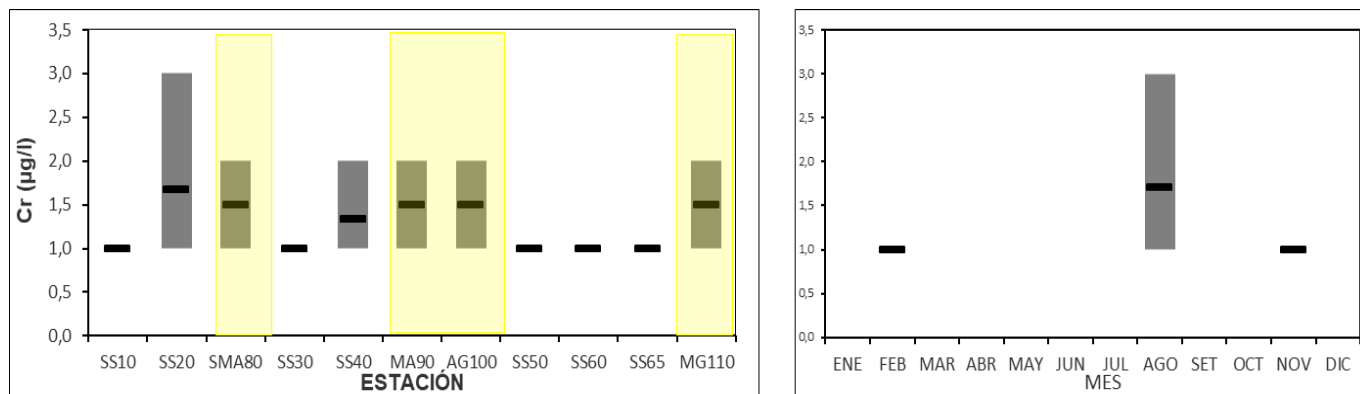


Fig. 58. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Cromo (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.8.9. Selenio (Se)

Todos los valores reportados para el Se se encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica ($2 \mu\text{g/l}$).

4.2.8.10. Cobre (Cu)

Todos los valores reportados para el Cu se encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica ($60 \mu\text{g/l}$). En el caso de esta variable, el límite de cuantificación de la técnica es superior al valor guía propuesto.

4.2.9. Variables biológicas

4.2.9.1. Clorofila a

XXXII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: MTA. Min = mínimo valor cuantificable.

Clo a $\mu\text{g/l}$					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	13	2	2	2	2
Cuantificados	8	2		2	1
MIN	3	4		2	
MAX	21	12		4	23
PROM	6	8		3	12
MEDIANA	3	8		3	12
MIN > Estación - Mes	SS60 - AGO	SMA80 - AGO		AG100 - AGO	
MAX > Estación - Mes	MG110 - FEB	SMA80 - FEB		AG100 - FEB	MG110 - FEB
STD	30	30	30	30	30
No cumplen STD (n)					
No cumple - Cumple (%)	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100

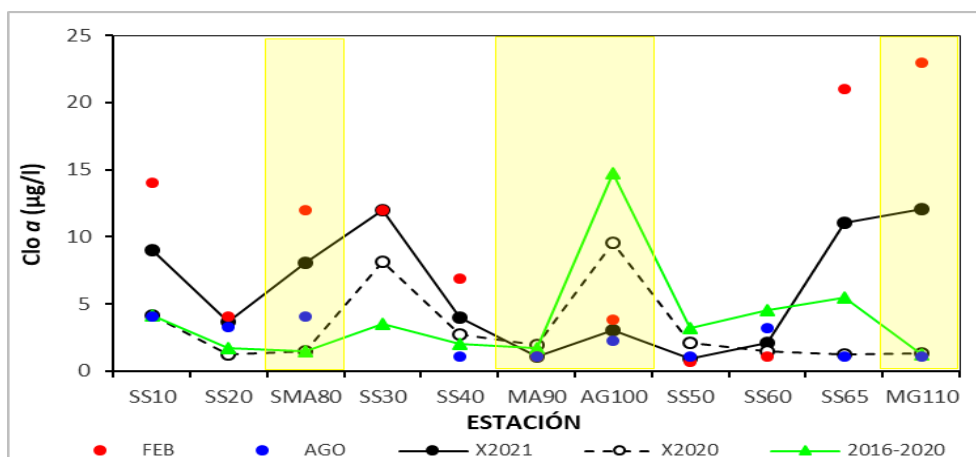


Fig. 59. Variación espacial y temporal de la Clorofila a del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Clorofila a para el año 2021. X2020 = promedio de Clorofila a para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Clorofila a para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

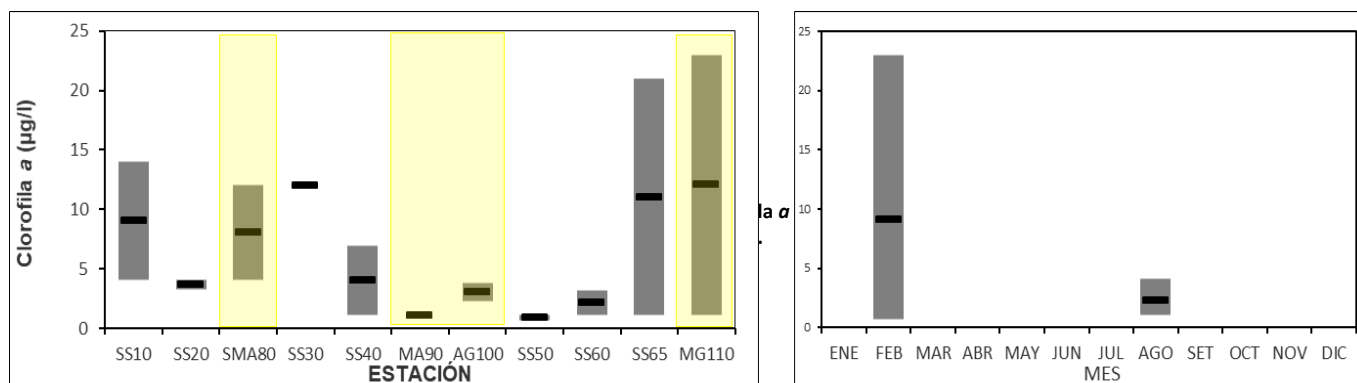


Fig. 60. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Clorofila a (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.9.2. Feofitina

XXXVIII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

Feo a µg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	13	2	2	2	2
Cuantificados	1	1	0	0	0
MIN	2	3			
MAX	8	15			
PROM	3	9			
MEDIANA	2	9			
MIN > Estación - Mes					
MAX > Estación - Mes	SS10 - AGO	SMA80 - AGO			

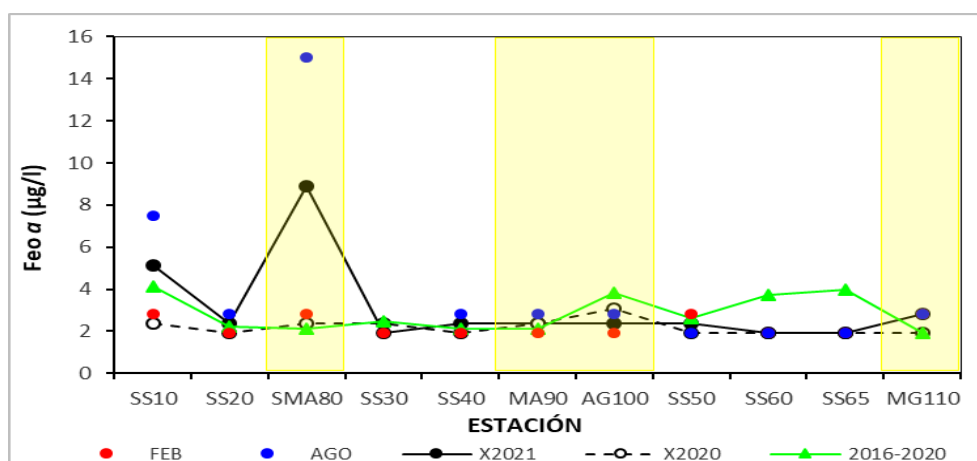


Fig. 61. Variación espacial y temporal de la Feofitina α del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Feofitina α para el año 2021. X2020 = promedio de Feofitina α para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Feofitina α para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

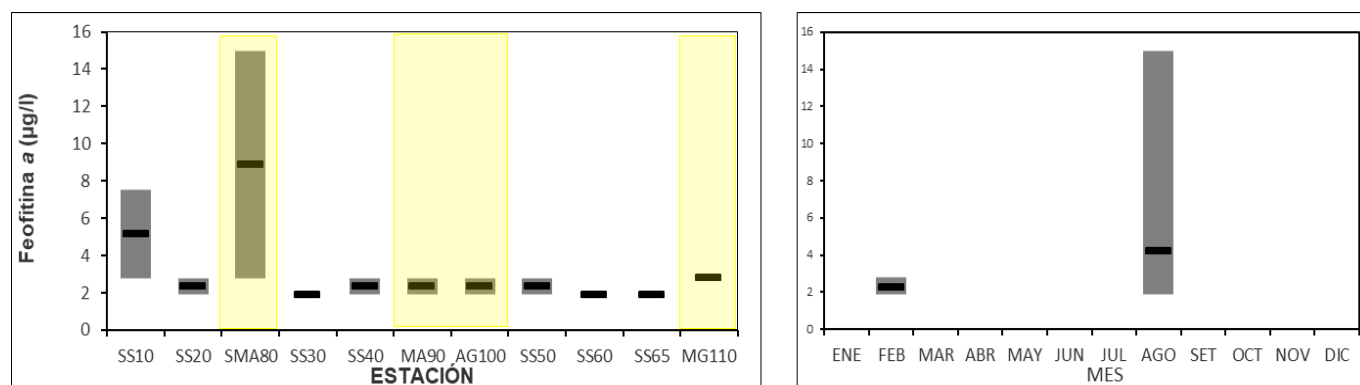


Fig. 62. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Feofitina α (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

Tabla XXXIV: Relación Cloa/Feo a calculada para cada estación en las cuatro fechas de muestreo. Los recuadros marcan producción fitoplanctónica.

	MIN	PROM	MAX
SS10	0,55	2,77	5,00
SS20	1,18	1,67	2,16
SMA80	0,27	2,28	4,29
SS30	6,32	6,32	6,32
SS40	0,39	2,01	3,63
MA90	0,39	0,49	0,58
AG100	0,82	1,41	2,00
SS50	0,25	0,41	0,58
SS60	0,58	1,13	1,68
SS65	0,58	5,82	11,05
MG110	0,39	4,30	8,21
FEB	0,25	4,14	11,05
AGO	0,27	0,68	1,68

4.2.9.3. Coliformes Totales

Tabla XXXV. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

Coli ^{ft} NMP/100ml					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	20	2	2	2	2
Cuantificados	20	2	2	2	2
MIN	1800	24000	24000	24000	16000
MAX	24000	24000	24000	24000	24000
PROM	14495	24000	24000	24000	20000
MEDIANA	15000	24000	24000	24000	20000
MIN > Estación - Mes	SS50 - NOV	SMA80 - FEB y NOV	MA90 - FEB y NOV	AG100 - FEB y NOV	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	9 VECES	SMA80 - FEB y NOV	MA90 - FEB y NOV	AG100 - FEB y NOV	MG110 - AGO

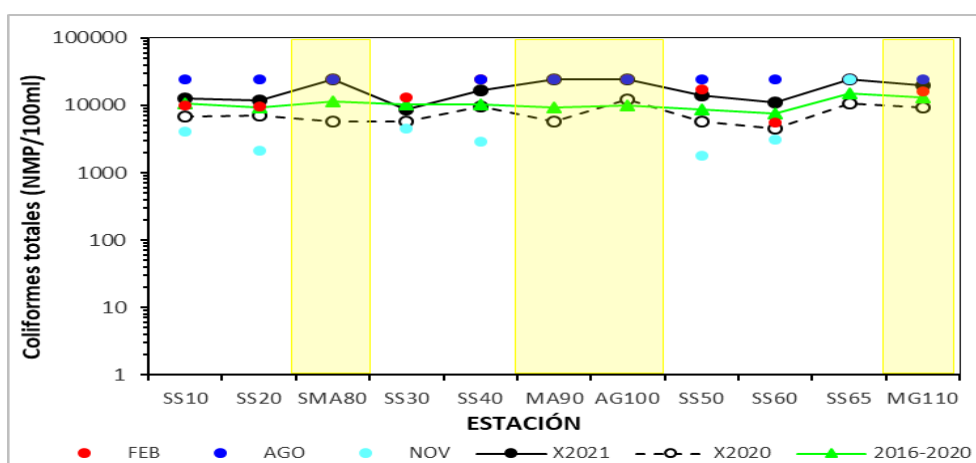


Fig. 63. Variación espacial y temporal de los Coliformes totales del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Coliformes totales para el año 2021. X2020 = promedio de Coliformes totales para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Coliformes totales para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como “mínimo” el menor valor cuantificable.

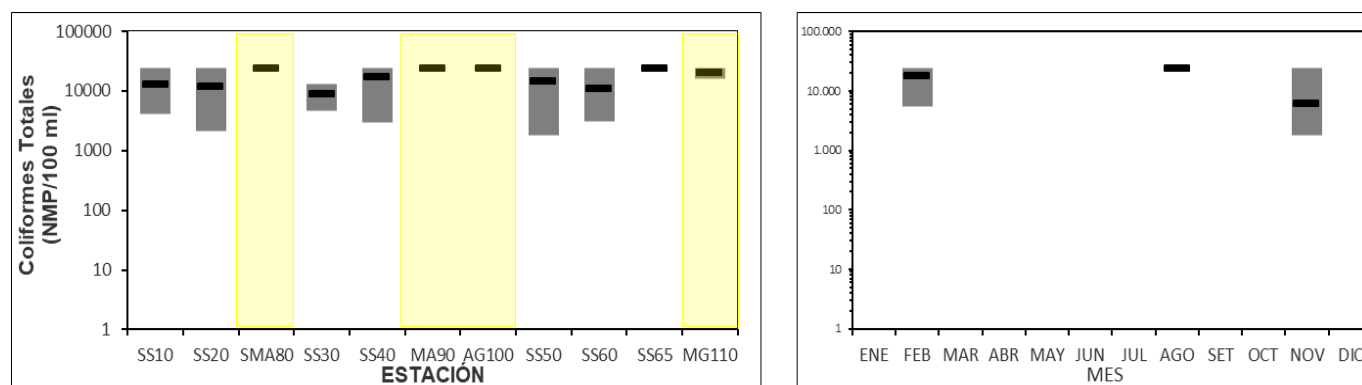


Fig. 64. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Coliformes totales (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.9.4. *Escherichia coli* (E. coli)

Tabla XXXVI. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

Ec NMP/100ml					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	20	2	2	2	2
Cuantificados	20	2	2	2	2
MIN	20	11000	2100	7700	450
MAX	24000	24000	24000	24000	24000
PROM	6086	17500	13050	15850	12225
MEDIANA	1025	17500	13050	15850	12225
MIN > Estación - Mes	SS50 - NOV	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS100 y SS20 - AGO y SS50 - NOV	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO

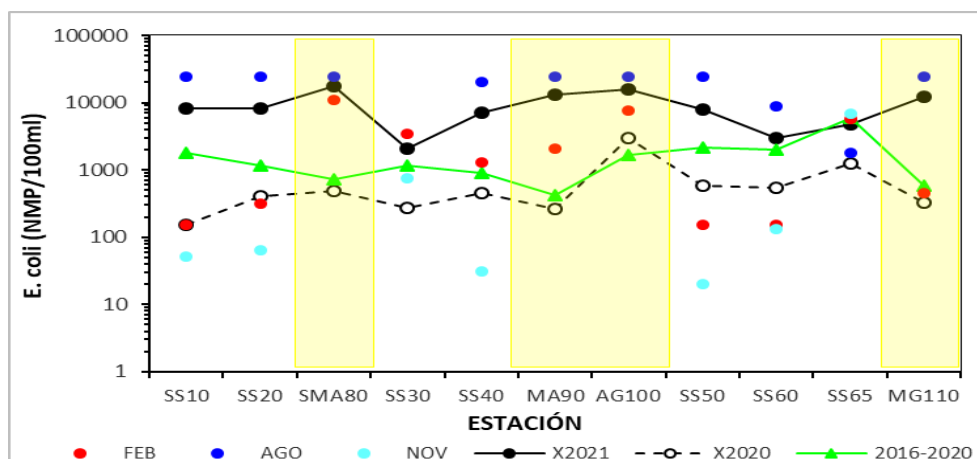


Fig. 65. Variación espacial y temporal de E. coli del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de E. coli para el año 2021. X2020 = promedio de E. coli para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de E. coli para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como “mínimo” el menor valor cuantificable.

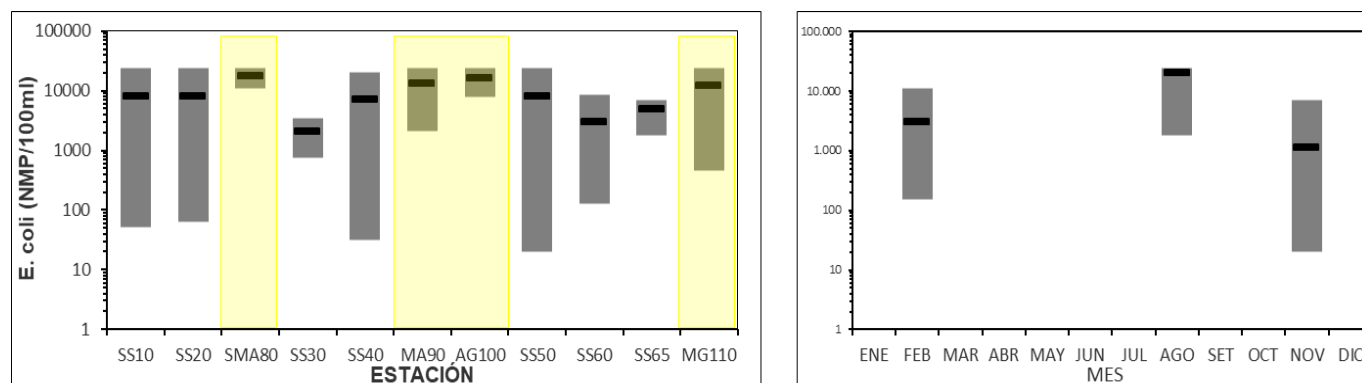


Fig. 66. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de E. coli (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.10. Variables fisicoquímicas

4.2.10.1. Alcalinidad

Tabla XXXVII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

Alcalinidad mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	20	2	2	2	2
Cuantificados	20	2	2	2	2
MIN	64	145	103	142	141
MAX	386	288	215	190	304
PROM	230	217	159	166	223
MEDIANA	238	217	159	166	223
MIN > Estación - Mes	SS10 - AGO	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - FEB	MG110 - AGO
MAX > Estación - Mes	SS10 - NOV	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - AGO	MG110 - FEB

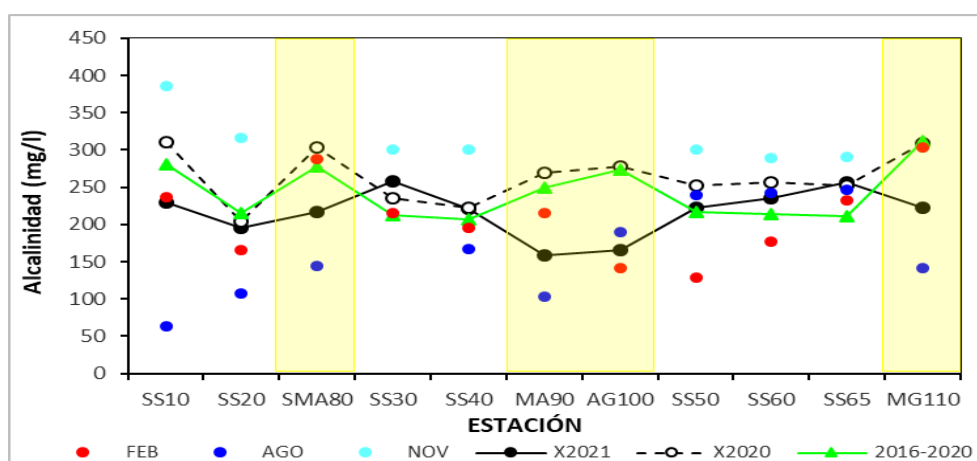


Fig. 67. Variación espacial y temporal de la Alcalinidad del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Alcalinidad para el año 2021. X2020 = promedio de Alcalinidad para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Alcalinidad para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

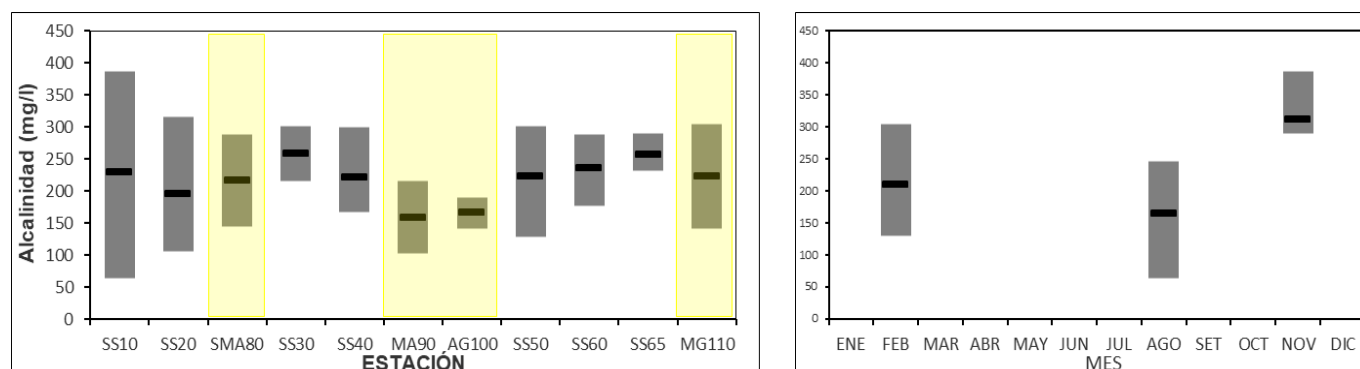


Fig. 68. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Alcalinidad (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.10.2. Dureza

Tabla XXXVIII. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

Dureza mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	13	1	1	1	1
Cuantificados	13	1	1	1	1
MIN	58				
MAX	221	112	96	165	137
PROM	184	112	96	165	137
MEDIANA	204	112	96	165	137
MIN > Estación - Mes	SS10 - AGO				
MAX > Estación - Mes	SS20 y SS50 - NOV	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO

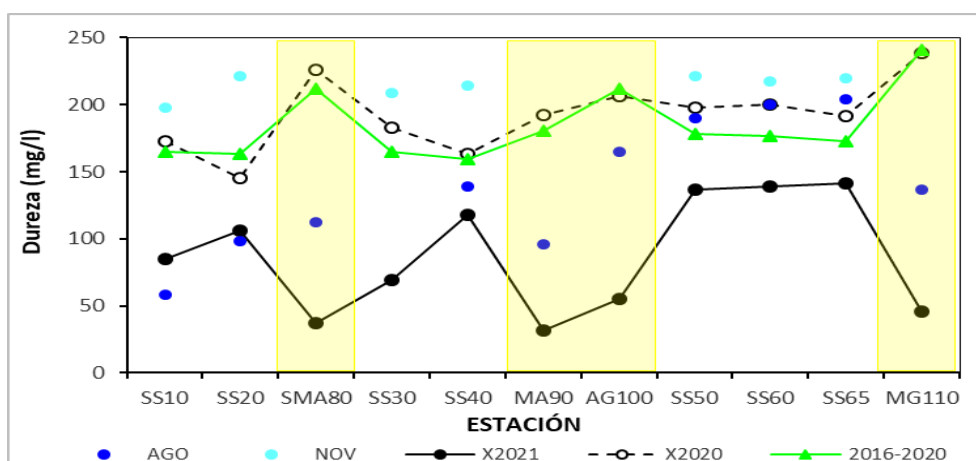


Fig. 69. Variación espacial y temporal de la Dureza del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Dureza para el año 2021. X2020 = promedio de Dureza para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Dureza para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

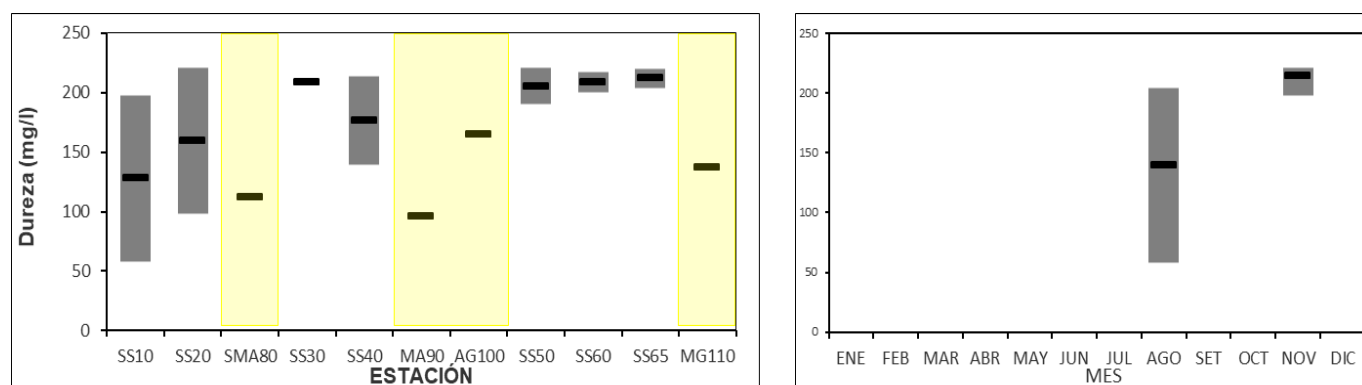


Fig. 70. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Dureza (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.10.3. Carbono Orgánico Total (TOC)

XXXIX. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. Min = mínimo valor cuantificable.

TOC mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	20	2	1	2	2
Cuantificados	20	2	1	2	2
MIN	5	8		11	6
MAX	22	15	15	13	14
PROM	11	12	15	12	10
MEDIANA	10	12	15	12	10
MIN > Estación - Mes	SS60 - NOV	SMA80 - FEB		AG100 - FEB	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS20 - AGO	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG100 - AGO	MG110 - AGO

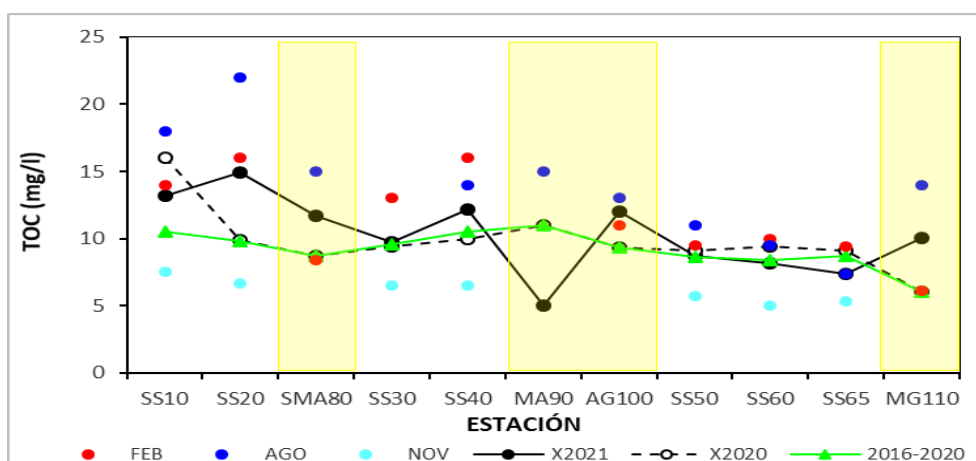


Fig. 71. Variación espacial y temporal del TOC del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de TOC para el año 2021. X2020 = promedio de TOC a para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de TOC para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

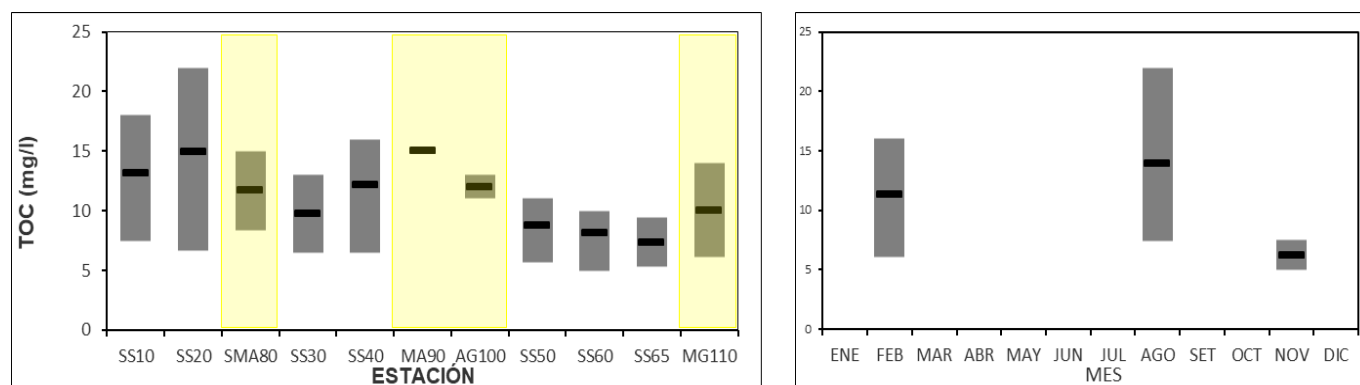


Fig. 72. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del TOC (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.10.4. Cloruros (Cl^-)

Tabla XL. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor Min = mínimo valor cuantificable.

Cl mg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	13	1	1	1	1
Cuantificados	1	0	0	0	0
MIN					
MAX	10				
PROM	5				
MEDIANA	5				
MIN > Estación - Mes					
MAX > Estación - Mes	SS10 - NOV				

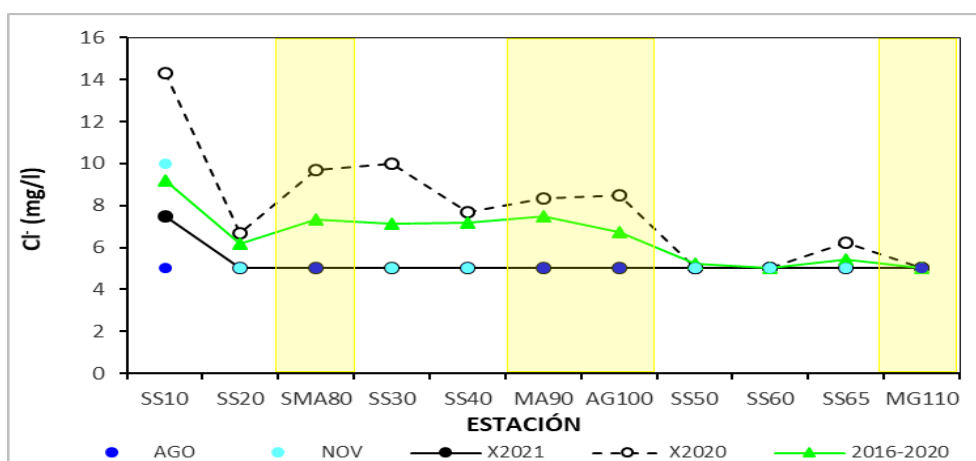


Fig. 73. Variación espacial y temporal de los Cloruros del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de Cloruros para el año 2021. X2020 = promedio de Cloruros para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de Cloruros para el quinquenio precedente. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

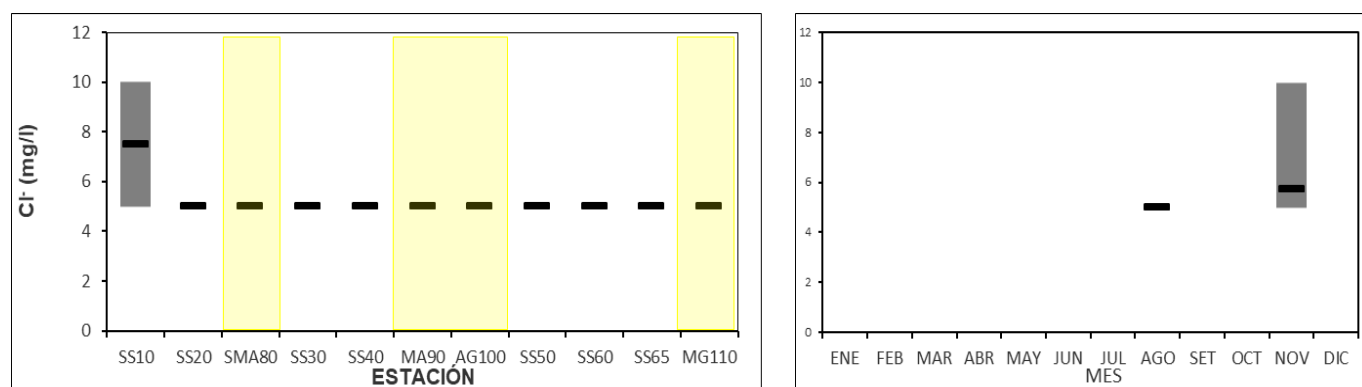


Fig. 74. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Cloruros (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.2.10.5. AOX

Tabla XLI. Estadísticas básicas de la variable. Ubicación y fecha de valores máximo y mínimo de la variable en el ciclo anual. Valor del estándar o valor guía (STD), cantidad de valores que no cumplen, % de cumplimiento e incumplimiento en relación a ese valor. STD: RFA. Min = mínimo valor cuantificable.

AOX µg/l					
	San Salvador	San Martín	Maciel	del Águila	Magallanes
n	13	2	2	2	2
Cuantificados	13	2	2	2	2
MIN	23	23	32	28	15
MAX	54	48	45	38	37
PROM	39	36	39	33	26
MEDIANA	37	36	39	33	26
MIN > Estación - Mes	SS65 - AGO	SMA80 - FEB	MA90 - FEB	AG100 - FEB	MG110 - FEB
MAX > Estación - Mes	SS10 - FEB	SMA80 - AGO	MA90 - AGO	AG1200 - AGO	MG110 - AGO
STD	25	25	25	25	25
No cumplen STD (n)	12	1	2	2	1
No cumple - Cumple (%)	92 - 8	50 - 50	100 - 0	100 - 0	50 - 50

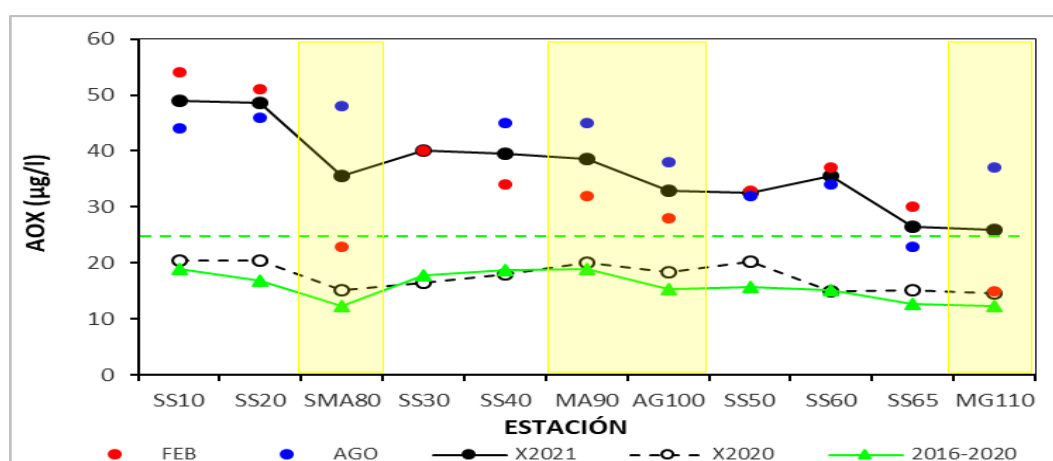


Fig. 75. Variación espacial y temporal de los AOX del agua a lo largo del río San Salvador en las campañas de monitoreo del año 2021. X2021 = promedio de AOX para el año 2021. X2020 = promedio de AOX para el año 2020. X2016-2020 = Promedio de AOX para el quinquenio precedente. La línea verde punteada representa el estándar tomado de la RFA. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca. Se utiliza como "mínimo" el menor valor cuantificable.

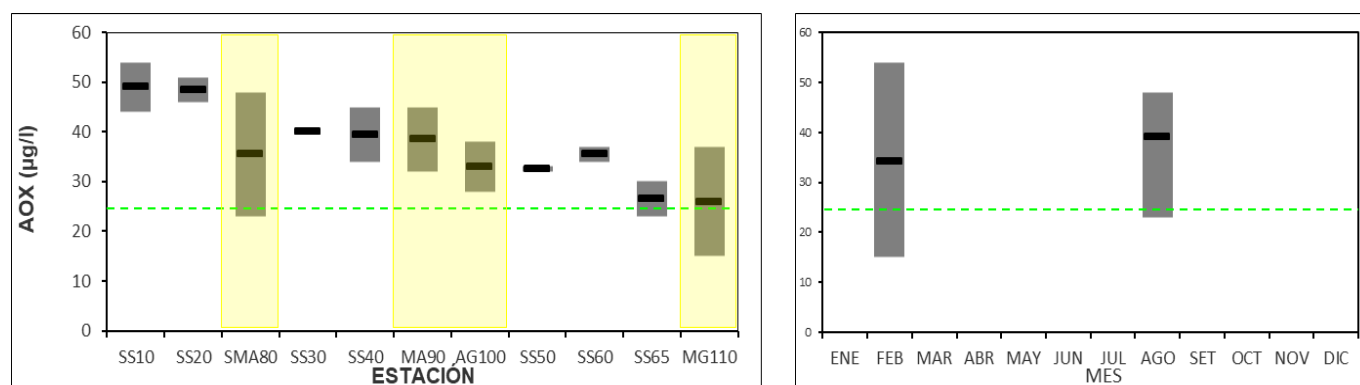


Fig. 76. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los AOX (promedio y rango de variación) en el río San Salvador durante 2021. Las áreas sombreadas marcan las estaciones de los tributarios, ubicados según su posición en la cuenca.

4.3. Plaguicidas

En este ciclo anual no fueron tomadas muestras de plaguicidas

4.4. 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. Son considerados también los valores guía propuestos por el grupo GESTA Agua y, posteriormente, por la Mesa Técnica del Agua.

De las 37 variables analizadas en este curso de agua durante 2021, sólo 17 se encuentran reguladas en la legislación nacional. Una más será contrastada con la regulación extranjera: AOX (República Federal de Alemania)

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 6 de estas variables- se cumplen los criterios de calidad para el 100% de los registros (pH, NO_3^- , Pb, Cr, Se y Clo *a*).

Para el caso del Cu y el Cd, dado que el límite de detección analítico es mayor que el valor del Decreto, no se puede concluir respecto a su cumplimiento.

Se detecta incumplimiento del decreto en 11 variables contempladas en el Decreto 253 y modificativos:

- OD: 2 valores inferiores al estándar (≤ 5 mg/l) en SS20 y SS50 en febrero,
- Turbidez: 5 valores superiores al estándar (50 NTU), en SS10, SS20, SMA80, MA90 y MG10 en agosto,
- NO_2^- : 11 valores superiores al estándar (≤ 0.1 mg/l), representando un 39 % del total de muestras,
- NH_4^+ : 4 muestras superan el estándar sugerido por la MTA (0.5 mg/l), en SS10, SS20, SMA80 y MG110 en agosto,
- NH_3 : 2 valores superan el estándar (0.02 mg/l), en SS65 en febrero y SS60 en noviembre,
- NT: 19 muestras superan el estándar sugerido por la MTA (1 mg/l), representando el 70% de las muestras analizadas,
- PT: las 27 muestras tomadas superan el estándar fijado por el decreto 253 (≤ 25 µg/l). Si consideramos el valor sugerido por el grupo GESTA Agua (≤ 70 µg/l), este es superado en 25 de las 27 muestras (93%),
- Zn: 2 resultados superan el valor estándar (30 µg/l), en MG110 en febrero y SS20 en noviembre,
- As: 22 valores superiores al estándar fijado (≤ 5 µg/l), alcanzando un 79 % de incumplimiento de la norma,
- AOX, que incumplieron la norma (≤ 25 µg/l) en 18 ocasiones, un 86 % de las muestras analizadas.

4.5. Índices de Calidad de Agua

Se describen los resultados obtenidos del cálculo del Índice de Estado Trófico (IET). En el ciclo 2021 no se pudo calcular el Índice de Calidad de Agua (IQA) a consecuencia de la ausencia de datos en algunas variables.

4.5.1. Índice de Estado Trófico (IET)

La aplicación del IET para las estaciones del río San Salvador durante 2021 muestra un río en situación de Supereutrofia en la mayor parte del curso principal, con excepción de las estaciones de cabecera, SS10 (Mesotrófica) y SS65 (Eutrófica). Los tributarios que desembocan en el curso medio (MA90 y AG100) presentan niveles de Supereutrofia, mientras que los que desembocan en el curso alto (SMA80) y bajo (MG110) muestran niveles de Eutrofia (Figs. 77 y 79).

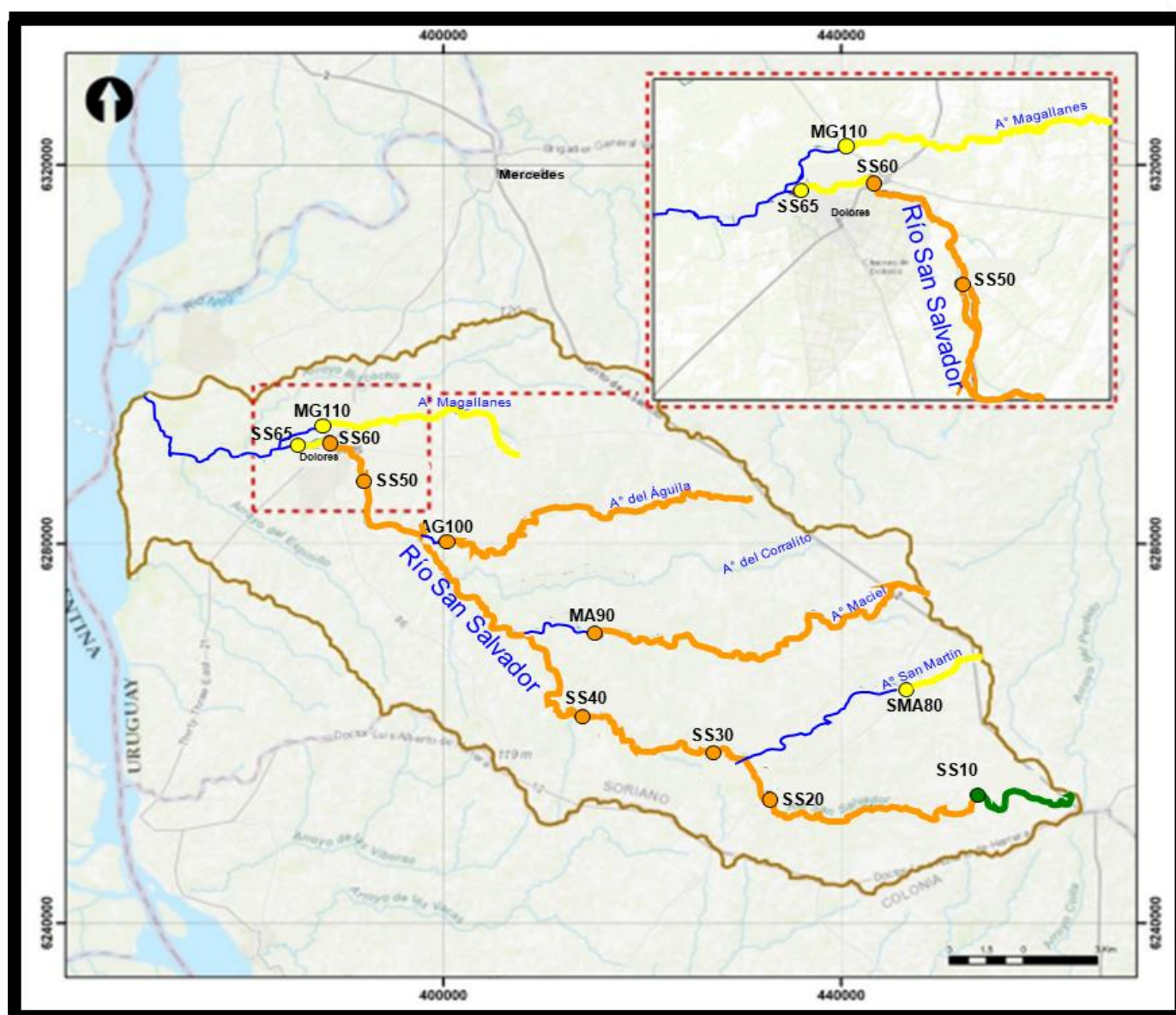
SS10	SS20	SMA80	SS30	SS40	MA90	AG100	SS50	SS60	SS65	MG110
56,32	64,03	61,75	63,56	64,06	64,61	64,64	63,80	63,19	62,87	60,30

Fig. 77: Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo del río San Salvador y tributarios en 2021.

La comparación del IET con los resultados de 2020 (Fig. 78) muestra una ligera mejoría de la calidad del agua en todo el curso principal del río. En todas las estaciones se observa una leve disminución del índice IET, alcanzando en dos de ellas (SS10 y SS65) un cambio de categoría (SS10 de Eutrófico a Mesotrófico y SS65 de Supereutrófico a Eutrófico). En las estaciones situadas en los tributarios se observa una leve mejoría en SMA80, MA90 y MG110. En SMA80 y MG110 se llega a un cambio de categoría (de Supereutrófico a Eutrófico). La estación AG100 es la única de la cuenca que muestra un desmejoramiento, con aumento del valor del índice.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
SS10	63,00	63,12	61,25	63,01	60,32	62,55	56,32	Mesotrófico
SS20	65,00	65,18	63,45	65,46	64,62	65,07	64,03	Supereutrófico
SMA80					63,62	63,05	61,75	Eutrófico
SS30	66,00	65,20	64,74	66,66	66,22	63,89	63,56	Supereutrófico
SS40	66,00	65,86	64,95	66,72	65,67	64,67	64,06	Supereutrófico
MA90					64,93	65,14	64,61	Supereutrófico
AG100					62,49	64,54	64,64	Supereutrófico
SS50	63,00	67,38	64,86	65,92	64,28	65,40	63,80	Supereutrófico
SS60	65,00	66,84	64,56	67,15	64,42	65,62	63,19	Supereutrófico
SS65		67,29	65,28	67,33	65,47	65,80	62,87	Eutrófico
MG110					60,85	63,59	60,30	Eutrófico

Fig. 78: Resultado comparativo de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo de la cuenca del río San Salvador en 2021 y años precedentes.



Ministerio
de Ambiente

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

Nivel trófico	Fósforo total (mg/L)	IET
Ultraoligotrófico	≤ 13	≤ 47
Oligotrófico	$13 < PT \leq 35$	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$35 < PT \leq 137$	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$137 < PT \leq 296$	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$296 < PT \leq 640$	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	> 640	> 67



Elaboración: GERENCIA INFORMACIÓN,
PLANIFICACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL -
(D.I.A.) División Información Ambiental.
Fuente: División Calidad Ambiental - Departamento
Evaluación Calidad del AGUA - DINAMA - MYOTMA.

Fecha: 15/05/2019	Proyección: UTM 21 S	Lamina: 1
Escala: 1:500.000	Datum: WGS 1984	

Fig. 79: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación del Índice de Estado Trófico (IET).

5. SÍNTESIS

En este informe se procesaron los resultados de 37 variables, consideradas las más relevantes para este objetivo, de las cuales 17 tienen valores de referencia estándar en el Decreto 253/79 y modificativos y 1, no reglamentada en la legislación nacional, se contrasta con el valor guía establecido: en la República Federal de Alemania (AOX ($\leq 25 \mu\text{g/l}$)).

De las 18 variables con valores de referencia, 6 tuvieron un cumplimiento del 100% de los registros con respecto al estándar fijado (pH, NO_3^- , Pb, Cr, Se y Clo $_2$), 3 con un cumplimiento superior al 90 % (OD, NH_3 y Zn); 3 con cumplimiento entre 50 y 90 % (Turbidez, NO_2^- y NH_4^+ ; 4 con cumplimiento inferior al 50% (NT, PT, As y AOX). Para el caso del Cd y Cu el límite de detección de la técnica es superior al valor del decreto por lo que no es posible sacar conclusiones respecto al cumplimiento.

El PT arrojó resultados promedialmente mayores a los reportados en el ciclo 2020 (\bar{X} 2020 = 267 $\mu\text{g/l}$ --- \bar{X} 2021 = 300 $\mu\text{g/l}$). Como ha ocurrido sistemáticamente, el valor estándar fijado en el decreto 253 y modificativos ($\leq 25 \mu\text{g/l}$) fue superado en todas las muestras analizadas. Si se contrastan las concentraciones medidas con el valor guía sugerido por el grupo GESTA Agua ($\leq 70 \mu\text{g/l}$), este valor es superado en el 97 % de las muestras analizadas.

El As es naturalmente alto en los ríos uruguayos, pero en el caso del San Salvador las concentraciones de As son muy altas, superando frecuentemente el estándar, por lo cual, se sugiere poner una atención especial en esta variable.

No se colectaron muestras de plaguicidas en todo el ciclo 2021.

El Índice de Estado Trófico (IET) muestra un río Supereutrófico en todo su curso (a excepción de las cabeceras, SS10, que tiene nivel Mesotrófico y SS65 con nivel Eutrófico). Dos tributarios (SMA80 y MG110) presentan nivel eutrófico, mientras que los dos restantes (MA90 y AG100) presentan nivel Supereutrófico

El IET muestra una leve mejoría en el estado trófico de la cuenca del San Salvador entre 2020 y 2021.

6. BIBLIOGRAFÍA

- CAMPBELL, G. & S. WILDBERGER, 1992. The monitor's handbook. LaMotte Company, Chestertown, United States. 71 p.
- CERVETTO, G., 2021. Plan de monitoreo del río San Salvador. Informe de actividades y presentación de resultados. Año 2020. Informe Interno DINAMA: 71 pp.
- CERVETTO, G., 2020. Plan de monitoreo del río San Salvador. Informe de actividades y presentación de resultados. Año 2019. Informe Interno DINAMA: 74 pp.
- CERVETTO, G., 2019. Plan de monitoreo del río San Salvador. Informe de actividades y presentación de resultados. Año 2018. Informe Interno DINAMA: 80 pp.
- CERVETTO, G., 2018. Plan de monitoreo del río San Salvador. Informe de actividades y presentación de resultados. Año 2017. Informe Interno DINAMA: 77 pp.
- CERVETTO, G., 2017. Plan de monitoreo del río San Salvador. Informe de actividades y presentación de resultados. Año 2016. Informe Interno DINAMA: 89 pp.
- CHAPMAN, D. and V. KIMSTACH, 1992. The selection of water quality variables. p 51-119. En: Chapman, D. (ed.). Water Quality assessments. A guide to the use of biota, sediments and environmental monitoring. Chapman & Hall. 585 p.
- DÍAZ ALVAREZ, M., GARRIDO, S. & R. HIDALGO, 1989. Contaminación agraria difusa. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Centro de Publicaciones. Madrid. 98 p.
- EPA, 2012. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/ecoli.pdf>
- EPA, 1986. Quality criteria for water 1986: 395 pp.
- GEMS/Agua. 1994. Guía operativa. 3a Edición. PNUD-OMS-UNESCO-OMM.
- GESTA Agua, 2008. Borrador de trabajo GESTA Agua. Propuesta de modificación del Decreto 253/979 y modificativos. Manuscrito: 1-19
- 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.
- LAWA, 1998. LAWA-Verfahren zur "Chemischen Gewässerklassifikation" [LAWA procedure for "chemical classification of bodies of water"], 1998
- McNEELY, R. N.; NEIMANIS, V. P. & L. DWYER. 1979. Water Quality Sourcebook. A guide to water quality parameters. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch. Canadá.
- Mesa Técnica del Agua, 2017. Documento técnico N° 1. Establecimiento de niveles guía de indicadores de estado trófico en cuerpos de agua superficiales. Inf. Tec.: 48 pp.

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 Nº 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

SAWYER, C.N., 1960. Chemistry for monitory engineers. McGraw-Hill Book Co, New York.

Anexo 1: Cuadro sinóptico de los porcentajes de cumplimiento (celeste) e incumplimiento (rojo) de cada variable con respecto a su valor estándar (o sugerido) en las diferentes estaciones muestreadas en el río San Salvador y sus principales emisarios durante 2021 En naranja, variables cuyos estándares son superiores al límite de la técnica

	SS10	SS20	SMA80	SS30	SS40	MA90	AG100	SS50	SS60	SS65	MG110	TOTAL DE LA CUENCA
pH												
OD												
TURB.												
NO3												
NO2												
NH4												
NH3												
Nt												
Pt												
Zn												
Pb												
As												
Cd												
Cr												
Se												
Cu												
Clo a												
AOX												

Anexo 3: Variables consideradas en los muestreos del río San Salvador y principales tributarios durante 2021.
Carbono orgánico total, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, Amonio libre, Nitrógeno total, Fósforo total, Dureza, Alcalinidad, Cloruro, AOX, Sólidos totales, Sólidos totales fijos, Sólidos totales volátiles, Sólidos suspendidos totales, Sólidos suspendidos fijos, Sólidos suspendidos volátiles y Sólidos disueltos totales. En rojo se remarcan los valores que incumplen con el estándar. En amarillo se remarcan los valores por debajo de los límites de la técnica.

ESTACIÓN	AÑO	MES	DÍA	TOC	NO3	NO2	NH4	NH3	Nt	Pt	Dureza	Alcalinidad	Cl⁻	AOX	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	SDT
				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
SS10	2021	FEB	23	14	0,5	0,01	0,2	0,00538	1	35		237		54	450	240	210	4,6	4,6	4,6	410
SS20	2021	FEB	23	16	0,5	0,11	0,2	0,00354	1,6	480		165		51	350	230	120	4,6	4,6	4,6	360
SMA80	2021	FEB	23	8,4	0,5	0,03	0,2	0,00937	0,9	100		288		23	450	330	120	4,6	4,6	4,6	440
SS30	2021	FEB	23	13	0,5	0,04	0,2	0,00957	1,5			216		40	400	220	180	14	12	4,6	390
SS40	2021	FEB	23	16	0,5	0,04	0,2	0,00976	1,3	440		195		34	380	270	110	28	26	4,6	410
MA90	2021	FEB	23		0,5	0,08	0,2	0,00793		450		215		32	400	300	98	4,6	4,6	4,6	380
AG100	2021	FEB	23	11	1,2	0,14	0,2	0,00673	1,9	530		142		28	290	200	95	21	16	4,6	270
SS50	2021	FEB	23	9,5	1,1	0,34	0,2	0,00292	1,9	600		129		33	270	170	94	12	10	4,6	260
SS60	2021	FEB	23	10	0,5	0,37	0,2	0,01045	2	530		177		37	350	200	140	4,6	4,6	4,6	310
SS65	2021	FEB	23	9,4	0,5	0,16	0,2	0,02298	1,4	250		232		30	350	260	90	12	4,6	4,6	380
MG110	2021	FEB	23	6,1	0,5	0,08	0,2	0,00846	1,1	110		304		15	540	300	240	48	33	15	410
SS10	2021	AGO	10	18		0,09	0,63	0,00460	3,8	400	58	64	5	44	290	180	110	65	50	15	190
SS20	2021	AGO	10	22		0,13	0,79	0,01023	4,7	340	98	107	5	46	350	220	130	85	65	20	210
SMA80	2021	AGO	10	15		0,14	0,8	0,00967	3,3	470	112	145	5	48	370	250	120	66	49	17	260
SS30	2021	AGO	10					0,00000													
SS40	2021	AGO	10	14		0,06	0,2	0,00307	2,8	280	139	167	5	45	370	260	110	65	52	13	280
MA90	2021	AGO	10	15		0,13	0,2	0,00296	4	300	96	103	5	45	340	230	110	73	59	14	240
AG100	2021	AGO	10	13		0,18	0,2	0,00485	4,2	260	165	190	5	38	360	260	98	50	39	11	290
SS50	2021	AGO	10	11		0,07	0,2	0,00683	2,5	220	190	239	5	32	390	300	88	44	36	4,6	330
SS60	2021	AGO	10	9,5		0,05	0,2	0,00905	3	200	200	242	5	34	480	260	210	21	16	4,6	350
SS65	2021	AGO	10	7,4		0,04	0,2	0,00656	2,3	220	204	246	5	23	370	290	78	11	4,6	4,6	340
MG110	2021	AGO	10	14		0,2	0,81	0,01780	6,1	220	137	141	5	37	370	270	99	84	68	15	290
SS10	2021	NOV	23	7,5	0,5	0,01	0,2	0,00737	0,8	35	198	386	10								
SS20	2021	NOV	23	6,7	0,5	0,01	0,2	0,00854	0,8	200	221	316	5								
SMA80																					
SS30	2021	NOV	23	6,5	0,5	0,01	0,2	0,00988	0,7	300	209	301	5								
SS40	2021	NOV	23	6,5	0,5	0,01	0,2	0,01143	0,8	320	214	300	5								
MA90																					
AG100																					
SS50	2021	NOV	23	5,7	0,5	0,02	0,2	0,01060	1	280	221	301	5								
SS60	2021	NOV	23	5	0,5	0,02	0,2	0,02010	1	210	217	289	5								
SS65	2021	NOV	23	5,3	0,5	0,14	0,2	0,01223	1,3	330	220	290	5								
MG110																					

Anexo 6: Valor de la calidad del agua según el IET en cada estación analizada de la cuenca del río San Salvador en 2021

