



**Intendencia
Montevideo**



Fotografía: Intendencia de Montevideo

PROGRAMA DE MONITOREO DE AGUA, Y SEDIMENTOS DE LOS HUMEDALES DEL RÍO SANTA LUCÍA INFORME ANUAL 2022

**Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental
Gerencia de Gestión Ambiental
Departamento de Desarrollo Ambiental
Intendencia de Montevideo**



Intendencia
Montevideo

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

AUTORIDADES GOBIERNO DEPARTAMENTAL

Intendenta

Carolina Cosse

Secretaria General

Olga Otegui

Director General del Departamento de Desarrollo Ambiental

Guillermo Moncecchi

Gerencia de Gestión Ambiental

Verónica Piñeiro

OTRAS AUTORIDADES

Directora (i) Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental

Susana González

Directora (i) Unidad Calidad de Agua

Jimena Risso Barros

Autores del Informe:

Daniel Sienra

Jimena Risso Barros

Bruno D'Alessandro

Gustavo Saona

Mary Yafalián

Personal de la Unidad Calidad de Agua involucrado en el desarrollo del trabajo realizado:

Bruno D'Alessandro, Maria Mercedes De Maio, M^a Eugenia Echezarreta, Tania Hernández, Leticia Iribarne, Valentina Milan, Lys Viviana Perciballe, Marinela Pereira, Gustavo Saona, Gastón Varela, Martín Villanueva, Analía Urban, Mary Yafalián.

Pasantes de Facultades de Química y de Ciencias de la Unidad Calidad de Agua

Nicolás Albarenque, Guillermo Coitinho, Paulina Díaz, Romina Echagüe, Fernanda Eugui, Lucía Gómez, Pilar Jorcin, Gabriel Lobato y Milagros Valverde.

Se destaca la colaboración de los funcionarios y pasantes (estudiantes de las Facultades de Química, Ingeniería y Ciencias) de la Unidad Analítica en la realización de los análisis correspondientes.

Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental

Camino al Faro s/n, Punta Carretas

CP 11300 - Montevideo Uruguay

Teléfono 1950 9919 www.montevideo.gub.uy

Camino al Faro de Punta Carretas s/n. Montevideo, Uruguay

Tel: (598 2) 1950 9923 unidad.calidad.agua@imm.gub.uy



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

RESUMEN EJECUTIVO

La cuenca del Santa Lucía abarca una superficie de 13.681 km² y se ubica al sur del Uruguay, en los departamentos de Lavalleja, Canelones, San José, Montevideo, Flores y Florida. Se considera como cuenca estratégica para Uruguay dado que es la principal fuente de agua potable abasteciendo al 60% de la población del país. En el año 2013 y a raíz de un importante evento de floraciones que puso en riesgo la provisión de agua potable, el Gobierno Nacional definió el “Plan de Acción para la Protección de la Calidad Ambiental y la Disponibilidad de las Fuentes de Agua Potable en la Cuenca del Río Santa Lucía”. A cuatro años de su formulación, con la información y conocimiento adquirido se realizó una actualización del Plan a efectos de fortalecer y profundizar algunas líneas estratégicas, así como consolidar otras que ya se encontraban en ejecución. A la fecha se presentó el Plan de Cuenca Sostenible del río Santa Lucía, elaborado por el Ministerio de Ambiente en conjunto con el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP).

El estudio de la calidad del agua y sedimentos de los Humedales del Santa Lucía (Cuenca Baja del Río Santa Lucía) se viene realizando desde el año 2009, integrando en años anteriores el Informe Anual de Cuerpos de Agua. A partir del 2020, y debido a su importancia, se elabora en forma independiente. El monitoreo de la calidad del agua se realiza con una frecuencia de 4 veces por año (estacional) y dos veces por año (invierno y verano) el de sedimentos superficiales. Se estudian diferentes parámetros: microbiológicos, fisicoquímicos y bioensayos de forma de realizar la evaluación en las dos matrices (agua y sedimentos). En 2021 se incorpora el relevamiento de aves como parte de la caracterización del ecosistema.

En este informe se presentan e interpretan los datos resultantes del monitoreo que realiza la Unidad Calidad de Agua y la Unidad Analítica de este Servicio.

El comportamiento del curso de agua es variable en los distintos momentos del año y a lo largo del cauce. Se destacan los puntos C1 y C2 que son los que se encuentran más afectados y que presentan mayor frecuencia de incumplimiento de la normativa aplicada para su evaluación, observándose la mayor afectación en el punto C1. Al igual que en años anteriores respecto a los bioensayos realizados, en una valoración general, se confirma que los sitios relevados no presentan toxicidad aguda o la presentan de forma ocasional, con excepción de C1.

En cuanto al relevamiento de aves, se presenta un registro fotográfico de 18 especies avistadas en el área, notándose un incremento en diversidad y actividad al llegar la primavera.

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

CUENCA DEL RÍO SANTA LUCÍA

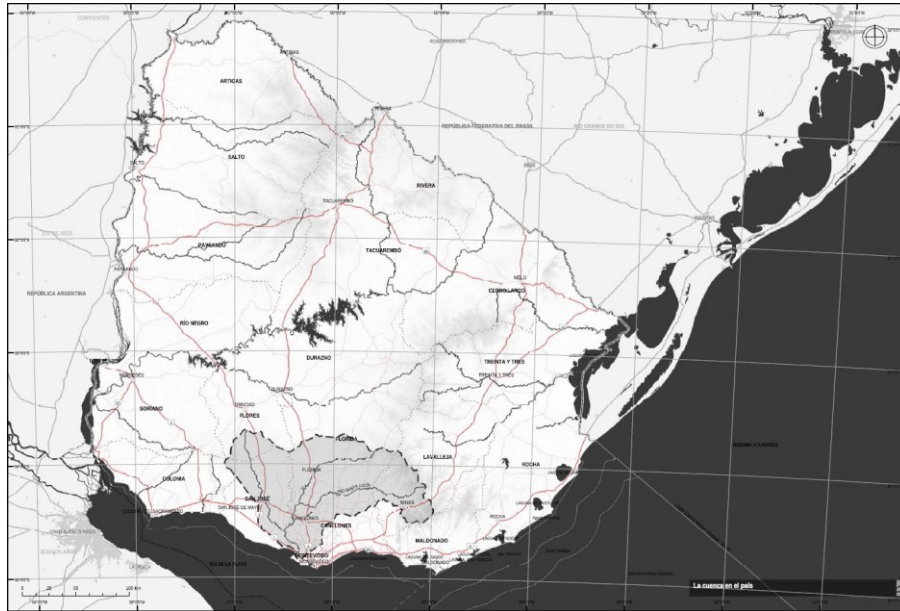


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Santa Lucía en el país. Fuente: Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente¹ (MVOTMA, 2016)

Los principales afluentes de la cuenca son el río Santa Lucía Chico y el San José, así como otros tributarios importantes como el Canelón Grande, Las Brujas, Durán, Colorado, Tropa Vieja, Las Piedras y Sarandí. Los ecosistemas predominantes en esta cuenca son la pradera, montes de parque, monte serrano, monte ribereño en la zona cercana a los cursos de agua y, en la desembocadura del río, los humedales del Santa Lucía con el crecimiento de vegetación hidrófita, ecosistemas de transición entre ambiente terrestre y acuático.

Contaminación de las aguas

Las principales fuentes de contaminación están asociadas a procesos de urbanización de la cuenca con poblaciones que no cuentan con red de saneamiento, a la existencia de pozos negros mal construidos que puedan filtrar, a aguas pluviales que pueden provocar el arrastre de material a los cuerpos de agua, y a la generación de residuos y la disposición de algunos vertederos cercanos al río. A su vez se registra contaminación proveniente de establecimientos

¹ El artículo 291 de la ley 19.889 del 2020 crea el Ministerio de Ambiente al que le transfieren las competencias relacionadas al Ambiente.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

de engorde e industrias que se encuentran en la zona (Figuras 2 y 3).

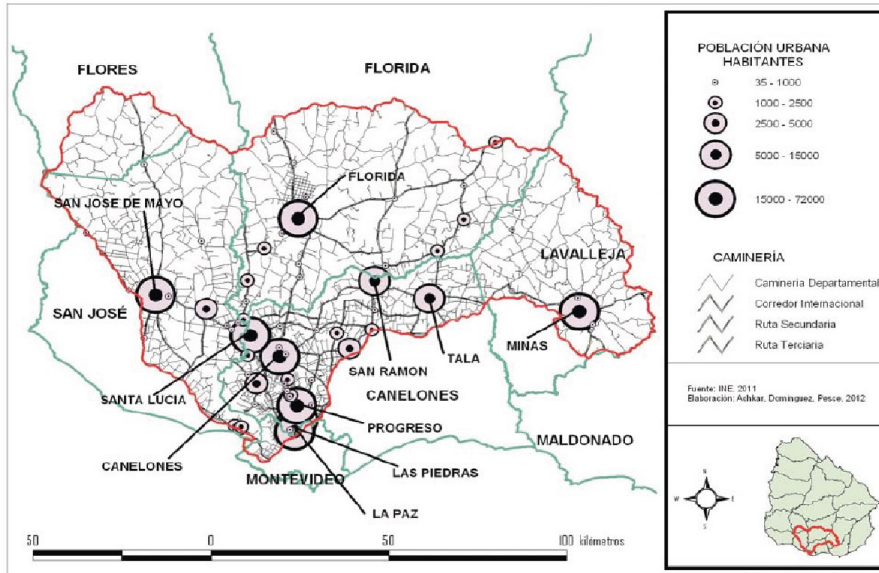


Figura 2. Ubicación de los centros poblados. Fuente: Achkar *et al.* (2012).

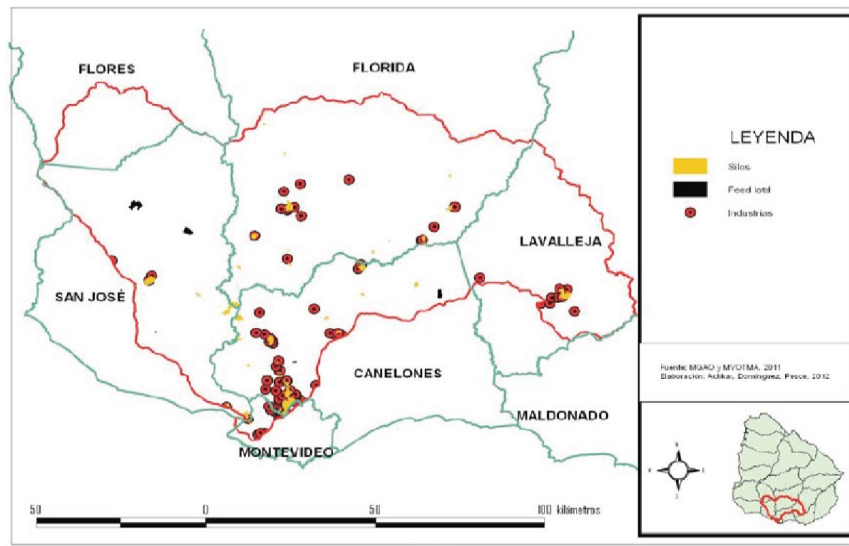


Figura 3. Ubicación de los establecimientos de engorde. Fuente: Achkar *et al.* (2012).



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Primeras medidas y medidas de segunda generación

En el año 2013 y a raíz de un importante evento de floraciones que puso en riesgo la provisión de agua potable, el Gobierno Nacional definió el “Plan de Acción para la Protección de la Calidad Ambiental y la Disponibilidad de las Fuentes de Agua Potable en la Cuenca del Río Santa Lucía”. El mismo se desarrolló con el objetivo de formular y ejecutar las acciones que permitieran controlar, detener y revertir el proceso de deterioro de la calidad del agua en la cuenca hidrográfica del Río Santa Lucía y asegurar su calidad y cantidad para el uso sustentable como abastecimiento de agua potable. A tres años de la formulación del Plan de Acción para la Protección de la Calidad Ambiental y la Disponibilidad de las fuentes de Agua Potable en la cuenca del río Santa Lucía (2013) —con la información y conocimiento adquirido— se consideró necesaria una actualización, a efectos de fortalecer y profundizar algunas líneas estratégicas, así como de consolidar otras que se encontraban en ejecución. (Ministerio de Ambiente, 2020)

En diciembre de 2019 el Ministerio de Ambiente presentó los resultados del monitoreo realizado en el 2018 del Río Santa Lucía “Monitoreo de Calidad del Agua de la Cuenca del Río Santa Lucía” (Ministerio de Ambiente, 2019). Este informe divide la región de estudio en dos zonas:

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

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

La zona que corresponde a la evaluación realizada por el Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental de la Intendencia de Montevideo es la Zona B.

Adaptación en Acción. Cuenca Santa Lucía ²

En octubre de 2021 se lanzó el proyecto “Adaptación en Acción - Cuenca Santa Lucía”. Gestión integrada de los recursos hídricos para la construcción de un futuro sostenible”. El proyecto es ejecutado por el Ministerio de Ambiente, a través de la Dirección Nacional de Aguas (Dinagua), y financiado por la Unión Europea, a través de Euroclima+. De la ejecución de este proyecto se esperan los siguientes resultados:

A partir de la ejecución de este proyecto se esperan los siguientes resultados:

- Adopción de un sistema operativo de alerta temprana en cantidad y calidad y de gestión de los recursos hídricos para sustentar la toma de decisiones en la cuenca del Río Santa Lucía.
- Sustento técnico para la definición de políticas públicas en escenarios de variabilidad climática.
- Fortalecimiento de la gobernanza de la Cuenca del Río Santa Lucía, con una comisión de cuenca donde sus actores, mujeres y hombres, ejercen sus derechos de participación y co-construyen el Plan de Cuenca y su implementación.

² <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/noticias/se-lanzo-proyecto-adaptacion-accion-cuenca-santa-lucia>



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

- Fortalecimiento de las capacidades de adaptación y resiliencia de la cuenca del Río Santa Lucía en la provisión de servicios ecosistémicos para sus habitantes.
- Ciudades sudamericanas conocen el proyecto y se nutren sobre gestión del agua y resiliencia urbana para replicar.

Plan de Cuenca Sostenible del río Santa Lucía³

A pesar de estar fuera de la fecha de evaluación de este informe si incluye, por su importancia, en lanzamiento del Plan de Cuenca Sostenible del río Santa Lucía. De acuerdo con la página del Ministerio de Ambiente (Ministerio de Ambiente, 2022), el objetivo de este Plan, que se presentó en setiembre de 2022 es:

promover y apalancar el desarrollo sostenible del sector agropecuario en esta cuenca, logrando simultáneamente el cuidado del ambiente, la valorización de la producción, beneficios económicos por alcanzar resultados de mejora de la producción, mejora de la calidad ambiental y beneficios sociales asociados.

Durante la presentación del mismo el director general de Recursos Naturales del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca sostuvo que este acuerdo “es un primer paso en gestión de efluentes para alcanzar la sostenibilidad de los productores lecheros de la cuenca”, y agregó que se prevé avanzar hacia la mejora de los “patios de alimentación, la caminería en los tambos, la eficiencia energética o la distribución de agua”.

³ <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/noticias/acuerdos-para-cuenca-sostenible>



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

1 HUMEDALES DEL SANTA LUCÍA

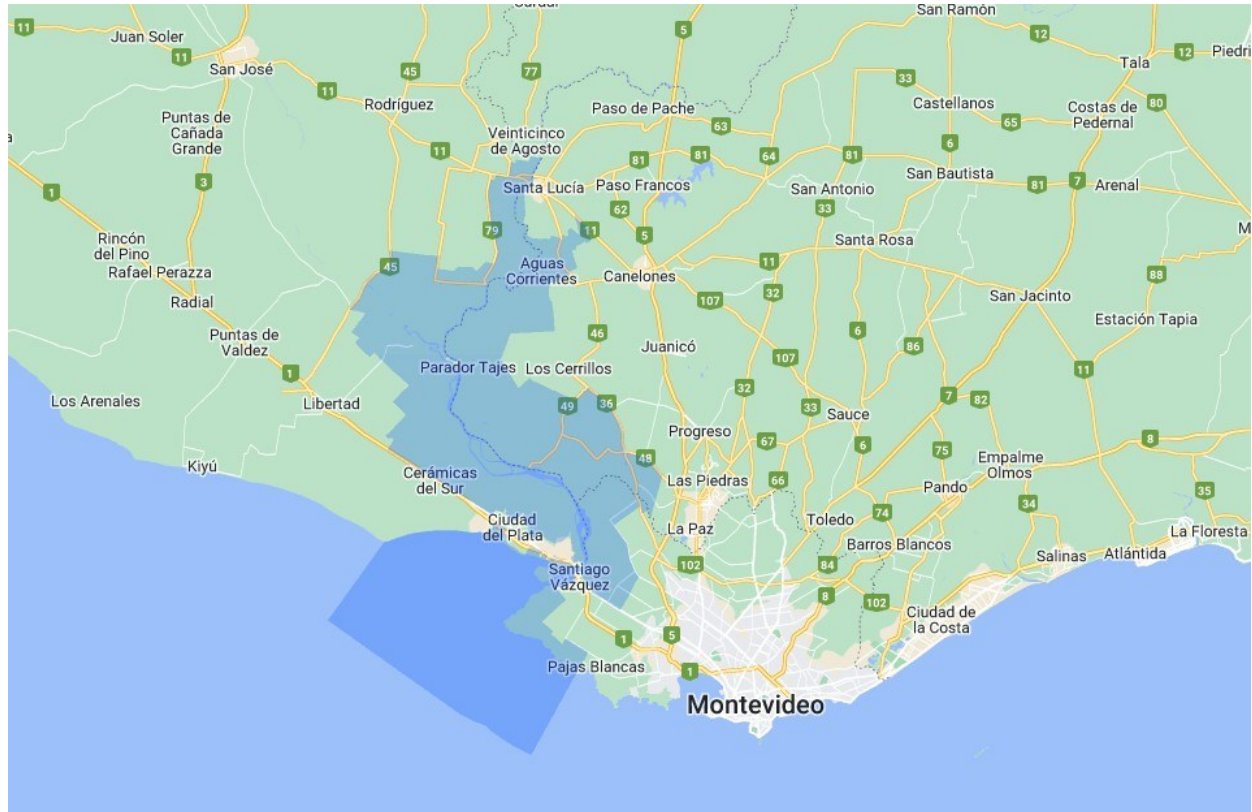


Figura 4. Desarrollo de los Humedales del Santa Lucía. Fuente: Ministerio de Ambiente: <https://www.ambiente.gub.uy/oan/snap/humedales-de-santa-lucia/>

Los humedales del Santa Lucía acompañan el corredor natural que genera el Río Santa Lucía entre la ciudad de Santa Lucía, aguas arriba, y el Río de la Plata en donde desemboca. Son

86.517 hectáreas de los departamentos de Canelones, San José y Montevideo que se desarrollan entre las latitudes $34^{\circ} 33' 28.18''$ y $34^{\circ} 52' 10.43''$ S, y entre las longitudes $56^{\circ} 15' 46.83''$ y $56^{\circ} 35' 40.03''$ W. Dentro de ese total 2.500 hectáreas están en el departamento de Montevideo y de éstas 800 son administradas por la Intendencia de Montevideo. (<http://www.montevideo.gub.uy>). A partir de febrero 2015 con el Decreto 55/015, los Humedales del Santa Lucía pasan a formar parte del SNAP como Área Protegida con Recursos Manejados Humedales de Santa Lucía (Canelones, Montevideo, San José).

El humedal juega un papel relevante como filtro biológico, reteniendo un porcentaje importante de la carga contaminante que el río Santa Lucía aporta al Río de la Plata. Asimismo esta zona constituye un ambiente único en el país para el cumplimiento del ciclo reproductivo de especies marítimas de valor para el sector pesquero. Su relevancia no se limita a sus destacados valores

Camino al Faro de Punta Carretas s/n. Montevideo, Uruguay
Tel: (598 2) 1950 9923 unidad.calidad.agua@imm.gub.uy



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

ecológicos y económicos, constituye también un área ideal para realizar actividades recreativas y deportivas ya que cuenta con servicios y equipamiento que facilitan su desarrollo.

Además de los humedales el área presenta formaciones vegetales nativas, monte ribereño y monte parque, así como playas arenosas, puntas rocosas e islas fluviales. Esta diversidad de ambientes provee el hábitat para numerosas especies animales, incluyendo una gran variedad de aves migratorias.

La zona recibe el impacto del área metropolitana, donde habita casi el 60% (1.947.595 hab.) de la población total del país. Los centros poblados de influencia para el área son: en Montevideo, Santiago Vázquez y el área rural conocida como Melilla; en Canelones, Aguas Corrientes, Cerrillos, Campo Militar y Santa Lucía; y en San José, Ciudad del Plata –que incluye a las localidades de Delta El Tigre, Playa Penino, Playa Pascual– y villas como Rodríguez, Itzaingó y Libertad .

Las principales actividades realizadas en la zona del humedal son la producción agropecuaria e industrial (fábricas de fertilizantes, curtiembres, empresas lácteas, frigoríficos, etc.) y la extracción de áridos, juncos y madera. (Ministerio de Ambiente, 2020)



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

2 MONITOREO REALIZADO POR EL SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL DE LA INTENDENCIA DE MONTEVIDEO.

En el año 2009 se inicia por parte de este Servicio el estudio de la calidad del agua y sedimentos de los Humedales del Santa Lucía (Cuenca Baja del Río Santa Lucía). Con el apoyo de la Prefectura de Santiago Vázquez, con personal y embarcación, se extraen muestras de agua con una frecuencia de 4 veces por año (estacional) y de los sedimentos superficiales dos veces por año (invierno y verano), en un total de 10 puntos (Figura 6 y Tabla 2).

El área de estudio se ubica en el curso principal del Río Santa Lucía en su tramo inferior y desembocadura, así como también en dos sitios sobre uno de sus tributarios, el arroyo Colorado, que atraviesa las ciudades de Las Piedras y La Paz. A su vez, se ubicó un sitio en la pista de regatas (SLU4), que recibe las aguas del A° San Gregorio, el cual atraviesa varios barrios de Montevideo.

La caracterización de los arroyos Las Piedras y San Gregorio son realizadas dentro del Programa de Monitoreo de Cuerpos de Agua de Montevideo. (<https://montevideo.gub.uy/areas-tematicas/ambiente/calidad-de-agua/cursos-de-agua>).



Figura 5. Humedales del Santa Lucía (Fotografía: Lic. Gastón Varela, MSc)



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua



Figura 6. Estaciones de monitoreo de la cuenca del Río Santa Lucía (SLU: Santa Lucía, C: A° Colorado). Fuente: Google Earth®

Punto de muestreo	Coordenadas
C1	34° 42' 54.00"S 56° 20' 16.05"W
C2	34° 43' 27.68"S 56° 21' 7.38"W
SLU1	34° 43' 30.08"S 56° 21' 20.63"W
SLU2	34° 43' 46.45"S 56° 21' 13.00"W
SLU2b	34° 44' 30.40"S 56° 20' 56.70"W
SLU3	34° 46' 20.70"S 56° 20' 35.20"W
SLU4	34° 46' 52.10"S 56° 19' 53.70"W
SLU5	34° 47' 2.80"S 56° 21' 7.00"W
SLU6	34° 47' 14.30"S 56° 22' 14.00"W
SLU7	34° 46' 57.24"S 56° 23' 0.42"W

Tabla 2. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua



Figura 7. Toma de muestras en el Río Santa Lucía.

En este informe se presentan los resultados correspondientes a las 4 campañas de muestreo realizadas en el año 2022: **8/2/22, 26/4/22, 16/8/22, 30/11/22**

Objetivos del estudio de calidad del agua y sedimentos

- Realizar un diagnóstico amplio de la calidad del agua del Río Santa Lucía y sus afluentes en la zona de los humedales dentro del departamento de Montevideo, identificando vulnerabilidades y áreas de actuación, evaluando su conformidad con la legislación ambiental.
- Evaluar la calidad del agua y sedimentos de forma espacial y temporal del Río Santa Lucía y A° Colorado desde el punto de vista microbiológico, fisicoquímico y ecotoxicológico (bioensayos).
- Presentar a la sociedad, de forma transparente, los resultados del monitoreo.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Parámetros analizados y metodología utilizada en los estudios de agua y sedimentos

Agua		Método de Referencia
Parámetros físico-químicos	pH	SMEWW, 24th Ed. Met. 4500-H+
	Conductividad	SMEWW, 24th Ed. Met. 2510 B.
	Oxígeno Disuelto	SMEWW, 24th Ed. Met. 4500-O G.
	Salinidad	SMEWW, 24th Ed. Met. 2520 B.
	Temperatura	SMEWW, 24th Ed. Met. 2550 B.
	Turbiedad	SMEWW, 24th Ed. Met. 2130B
	Nitrógeno Total	Kalf & Bentzen, 1984; Valderrama, 1981
	Fósforo Total	Valderrama J.C. (1981) SMEWW, 24th Ed. Met. 4500-PD
	Amonio	SMEWW, 24th Ed. Met. 4500-NH3-F
		ASTM D 6919-03
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW, 24th Ed. Met. 5210 B
	Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW, 24th Ed. Met. 2540 D.
	Cromo Total	SMEWW, 24th Ed. Met. 3111
Plomo Total	SMEWW, 24th Ed. Met. 3111	
Parámetro microbiológico	Coliformes Fecales	SMEWW, 24th Ed. Met. 9222 D
Parámetro biológico	Clorofila a	SMEWW, 24th Ed. Met. 10200 H
Parámetros Ecotoxicológicos	Vibrio fischeri	EPS (1992); SDI Microtox (2009)
	Hydra attenuata	Trottier <i>et al.</i> (1997); Castillo-Morales (2004)
	Daphnia magna	ISO 6341 (2013); Castillo-Morales (2004)
	Artemia Franciscana	Protocolo ARTOXKIT M® (MicroBioTests Inc.)
Sedimentos		
Parámetros Ecotoxicológicos	Vibrio fischeri	EPS (1992); SDI Microtox (2009)
Parámetros químicos	Cromo Total	EPA Method 3051 A (Digestión ácida asistida por microondas, de sedimentos, suelos y lodos). SMEWW, 23rd Ed.. Mét. 3111 B.
	Plomo Total	EPA Method 3051 A. (Digestión ácida asistida por microondas, de sedimentos, suelos y lodos). SMEWW, 23rd Ed.. Mét. 3111 B

Tabla 3. Parámetros analizados en agua y sedimentos y metodología de referencia.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Evaluación de los parámetros analizados

Para cada variable se presentan dos tipos de gráficos, uno con los resultados de los muestreos realizados en el año 2022 evaluando los sitios ubicados en la cuenca principal del Río Santa Lucía y los sitios en los afluentes. En éstos se muestran, a su vez, los resultados obtenidos en superficie y en profundidad. Por otra parte se muestran gráficos de cajas y líneas (Box plot) en donde se representa para cada sitio un resumen de todos los datos desde el comienzo del monitoreo en el 2009.

En los gráficos de cajas y líneas se presentan los siguientes elementos: la mediana (línea central), el percentil 25 (límite inferior de la caja), el percentil 75 (límite superior de la caja), el mínimo (extremo de la línea inferior) y el máximo (extremo de la línea superior). Los puntos aislados son valores extremos. Para el procesamiento de los datos se utiliza el programa Stata/SE versión 12.1.

Para el caso de la evaluación de los parámetros Ecotoxicológicos (Bioensayos) los resultados se expresan en forma de tabla, de acuerdo a las guías utilizadas siguiendo el criterio adoptado por MVOTMA (2017, 6059UY).



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Normativas y guías de referencia

Agua

Los parámetros coliformes fecales, fósforo total ⁴, oxígeno disuelto, pH, turbiedad, amoníaco (que se calcula a partir del amonio según <https://floridadep.gov/sites/default/files/unnh3sop.pdf>), DBO⁵, plomo y cromo total se evalúan de acuerdo a la Clase 3 del Decreto 253/79 (Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica) de acuerdo a clasificación definida en la Resolución Ministerial 99/2005 del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA).

Las variables nitrógeno total y clorofila *a*, que no están contempladas en el anterior Decreto, se evalúan de acuerdo a los límites propuestos en la Mesa Técnica del Agua (Ministerio de Ambiente, 2017) para cursos de agua mayores a orden 3 (método basado en la cantidad de afluentes. (Strahler, 1957). Para la evaluación Ecotoxicológica, se utiliza el criterio adoptado por MVOTMA (2017, 6059UY).

Parámetro	Unidad	Valor/Categoría	Referencia
Coliformes fecales	ufc/100 mL	≤2000*	Decreto 253/79
Fósforo Total	mg/L	≤0.025	
Oxígeno Disuelto	mg/L	>5.0	
pH	-	6.5 – 8.5	
Turbiedad	NTU	≤50	
Amoníaco	mg/L	≤0.02	
DBO5	mg/L	Máx. 10	
Plomo Total	mg/L	Máx. 0.03	
Cromo Total	mg/L	Máx. 0.05	

⁴ El Fósforo Total se evalúa además de acuerdo a la Mesa Técnica del Agua



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Parámetro	Unidad	Bueno	Aceptable	No Aceptable	Referencia
Nitrógeno Total	mg/L	≤0.65	0.66-1.00	>1.00	Mesa Técnica de Agua (MVOTMA DINAMA 2017)
Fósforo Total	mg/L	≤0.05	0.051-0.07	>0.07	
Clorofila a	µg/L	≤8	8.1-25	>25	

Concentración Letal 50%	Unidad de Toxicidad	Categoría Toxicológica	Referencia
CL50 ≤ 25	UT ≥ 4	Muy Tóxico	MVOTMA (2017) Manual de procedimientos analíticos para muestras ambientales. Tercera edición, 2017 6159UY
25 < CL50 ≤ 50	2 ≤ UT < 4	Tóxico	
50 < CL50 ≤ 75	1,33 ≤ UT < 2	Moderadamente Tóxico	
75 < CL50 < 100	1,0 < UT < 1,33	Levemente Tóxico	
CL50 ≥ 100	UT ≤ 1	No Tóxico	

Tabla 4. Normativas y guías de referencia

Sedimentos

A efectos de realizar la evaluación de los metales Pb y Cr, y debido a que no existe hasta el momento reglamentación nacional, se han tomado como referencia los niveles guía establecidos por Canadá, para la protección de la vida acuática en las *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*⁵, en donde se establecen dos niveles de concentración, ISQG (Interim Sediment Quality Guidelines/ Guías Provisorias de Calidad de Sedimentos) y PEL (Probable Effect Levels/ Niveles de Efecto Probable), quedando definidos los siguientes tres niveles:

- concentraciones menores de ISQG, raramente asociadas a efectos biológicos adversos;
- concentraciones entre ISQG y PEL, ocasionalmente asociadas a efectos biológicos adversos;
- concentraciones superiores a PEL, frecuentemente asociadas a efectos biológicos adversos

⁵ https://elaw.org/es/system/files/sediment_summary_table.pdf



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

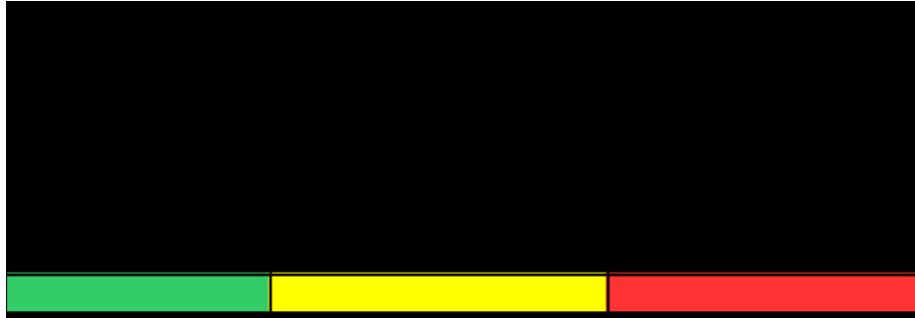


Tabla 5. Valores guía de cromo y plomo para sedimentos de cursos de agua dulce “Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life”.

Resultados analíticos en agua

Nitrógeno Total

El nitrógeno desempeña un papel crucial en la vida acuática, siendo fundamental para el desarrollo de algas y plantas. Se encuentra naturalmente en diversas formas, como NH_4^+ , NH_3 , NO_2^- y NO_3^- . Aunque en bajas concentraciones puede limitar la vida, su exceso puede tener efectos perjudiciales en el equilibrio ambiental. El ingreso de nitrógeno al medio acuático puede ocurrir de manera natural a través de las lluvias y el aire, o de forma antropogénica mediante vertidos puntuales (caños, vertederos, etc.) o aportes difusos (escorrentía).

El nitrógeno total es un indicador ampliamente utilizado en el análisis de muestras de agua, ya que refleja la suma de todas las formas de nitrógeno presentes. Dependiendo de la fuente de nitrógeno, su asimilación en el ecosistema acuático requiere varias etapas de reducción (mediadas por enzimas como la nitrato y nitrito reductasa) para finalmente convertirlo en amonio (NH_4^+). Este último es la forma de nitrógeno de menor costo energético para su asimilación, lo que lo convierte en un aspecto de gran importancia en el estudio de las floraciones y otros fenómenos acuáticos.

En resumen, el nitrógeno es esencial para la vida acuática, pero su presencia en el agua debe mantenerse en equilibrio, ya que tanto la escasez como el exceso pueden tener efectos significativos en el medio ambiente. El monitoreo del nitrógeno total y la comprensión de las diversas formas en las que se presenta son fundamentales para gestionar adecuadamente los ecosistemas acuáticos.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

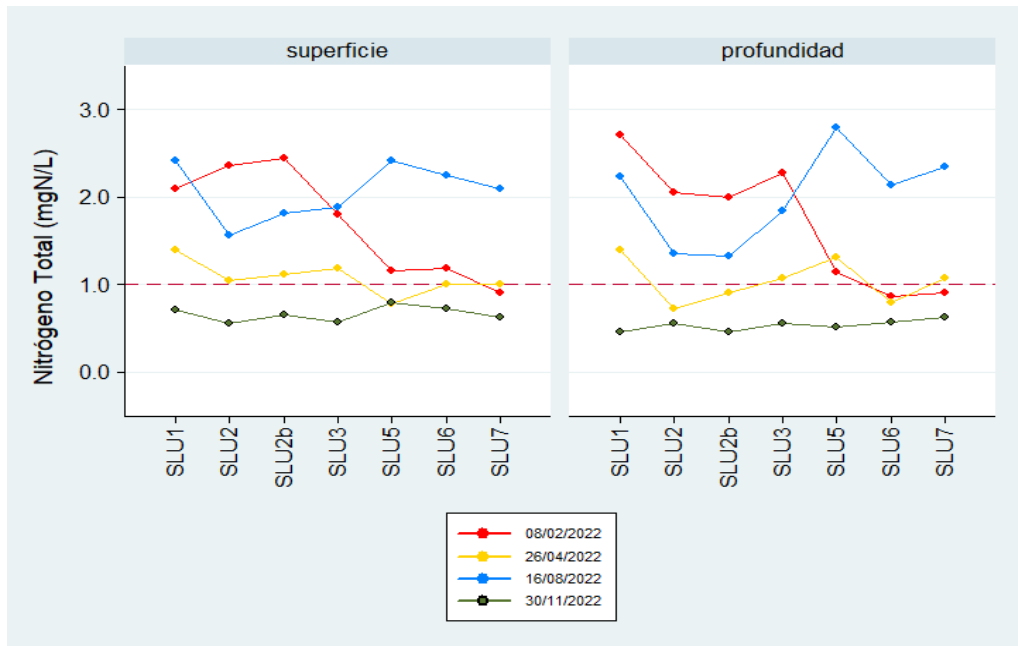


Figura 8. Nitrógeno Total río Santa Lucía en los muestreos del año 2022. La línea roja punteada representa el valor de 1,0 mg N/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

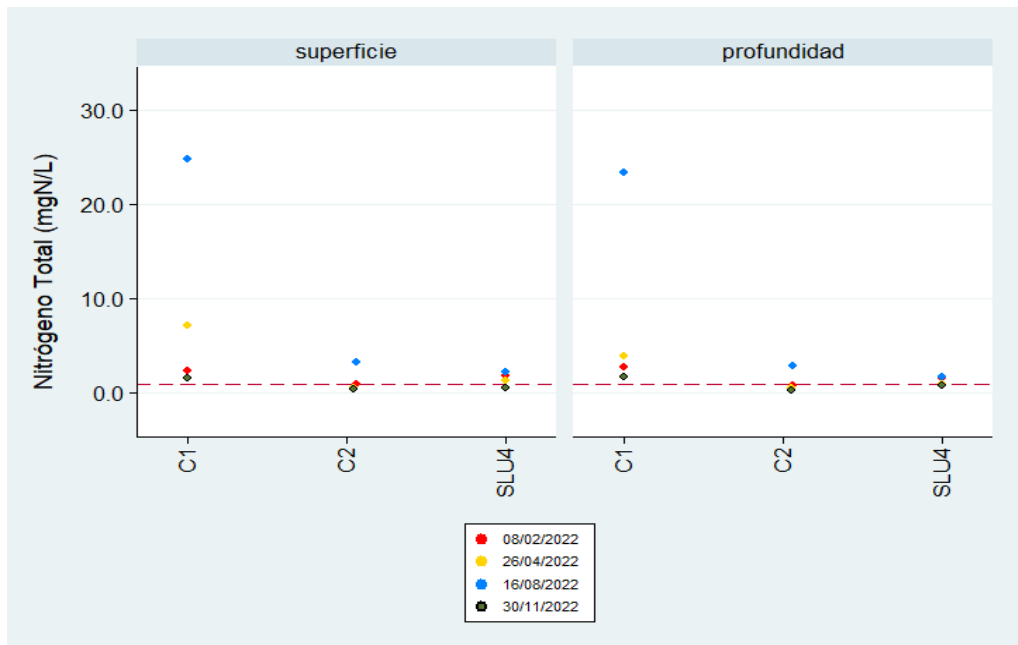


Figura 9. Nitrógeno Total Afluentes del río Santa Lucía en los muestreos del año 2022. La línea roja punteada representa el valor de 1,0 mg N/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

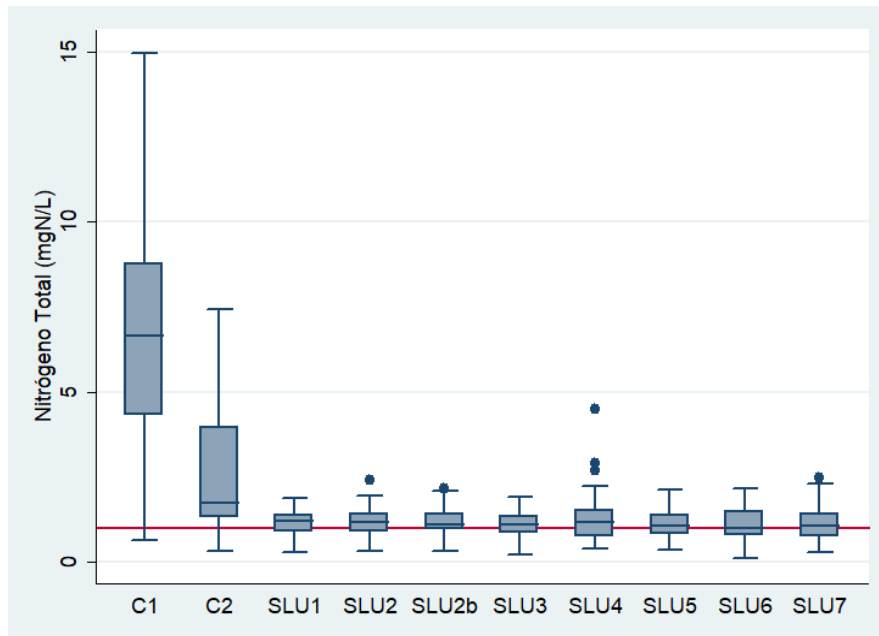


Figura 10. Nitrógeno Total río Santa Lucía y afluentes en todos los muestreos 2009 – 2022. La línea roja representa el valor de 1,0 mg N/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

Durante el año 2022 las concentraciones más bajas de nitrógeno total se observaron en el Río Santa Lucía durante los muestreos realizados en noviembre, y también en algunos sitios durante el mes de abril. En contraste con esto, los meses de febrero y agosto mostraron la mayoría de los valores por encima del límite propuesto para estos niveles de nitrógeno.

Además, se pudo apreciar que los sitios ubicados en los afluentes del río presentaron los mayores valores registrados. Esto indica que éstos podrían estar actuando como fuentes importantes de nitrógeno que contribuyen al aumento de los niveles de este componente en el río principal.

Amonio-Amoníaco

El equilibrio entre el amonio (NH_4^+) y el amoníaco (NH_3^-) es un proceso químico importante en la química del nitrógeno y la química del agua. Este equilibrio se ve influenciado por factores como el pH y la temperatura, desplazándose hacia la formación de uno u otro.

La mayoría de los resultados de amonio obtenidos fueron menores que 0.2mg/L lo que implica valores de amoníaco inferiores al límite que exige la normativa. Fueron registrados tres valores puntuales de amonio que superan el límite de amoníaco, ellos son: C1 con 0,036 el 26/4 y 0,097 el 16/8 y en SLU 7 0,031 el 30/11.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Fósforo Total

El aumento de la carga de nutrientes en los sistemas acuáticos tiene un efecto significativo en el aumento de la abundancia de productores primarios, como plantas acuáticas, algas y cianobacterias. Estas cargas de nutrientes se evalúan utilizando el fósforo total, que es el principal indicador utilizado en la actualidad.

El fósforo, al igual que el nitrógeno, es un factor limitante crucial para la productividad de los organismos que habitan en el medio acuático. Es responsable de regular el crecimiento y desarrollo de estas formas de vida acuática. Sin embargo, cuando hay un exceso de fósforo en el agua, puede desencadenar el proceso de eutrofización.

La eutrofización es un fenómeno en el cual el agua se enriquece en nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno, provocando un crecimiento descontrolado de algas y cianobacterias. Este crecimiento excesivo de productores primarios puede agotar el oxígeno en el agua y alterar el equilibrio del ecosistema acuático. Como resultado, puede haber problemas graves para la vida acuática, como la muerte de peces y otros organismos, y la pérdida de biodiversidad.

Por lo tanto, es de vital importancia controlar y gestionar adecuadamente las cargas de nutrientes, especialmente el fósforo, en estos sitios. Esto ayudará a preservar la salud y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, asegurando una sostenibilidad a largo plazo para la vida que depende de ellos.

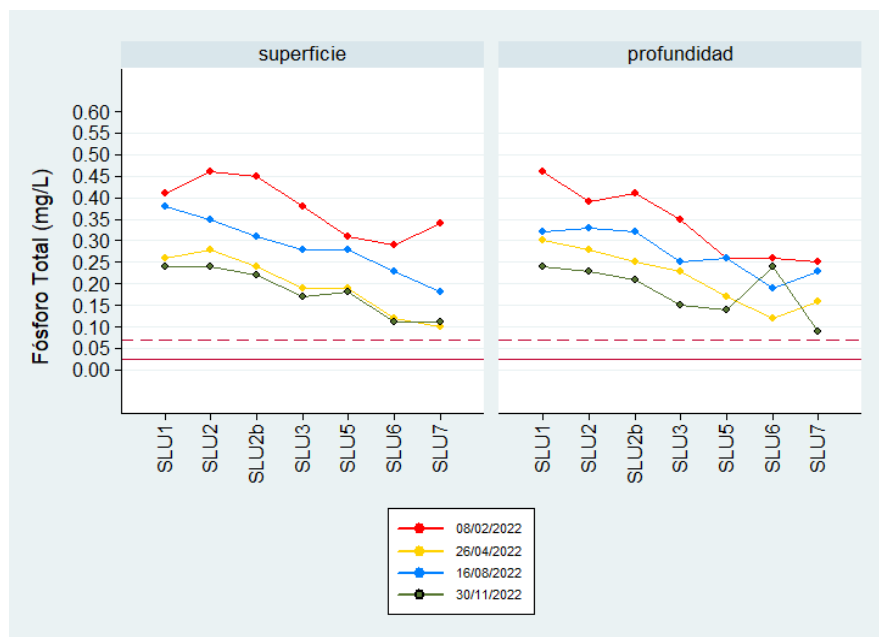


Figura 11. Fósforo Total río Santa Lucía en los muestreos del año 2022. La línea roja continua representa el valor de 0,025mg/L, límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3 y la línea roja punteada representa el valor de 0,07mg/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

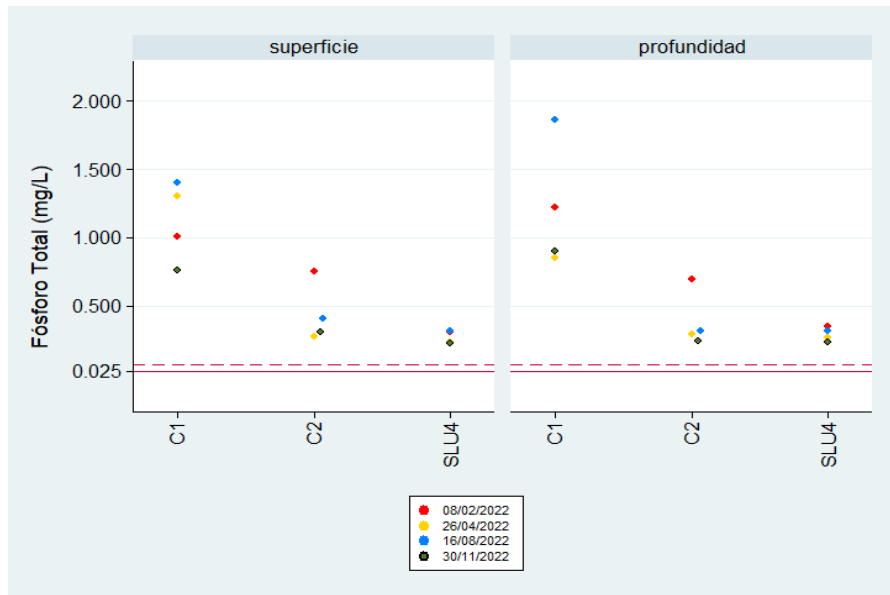


Figura 12. Fósforo Total Afluentes del río Santa Lucía en los muestreos del año 2022. La línea roja continua representa el valor de 0,025 mg P/L, límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3 y la línea roja punteada representa el valor de 0,07 mg P/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

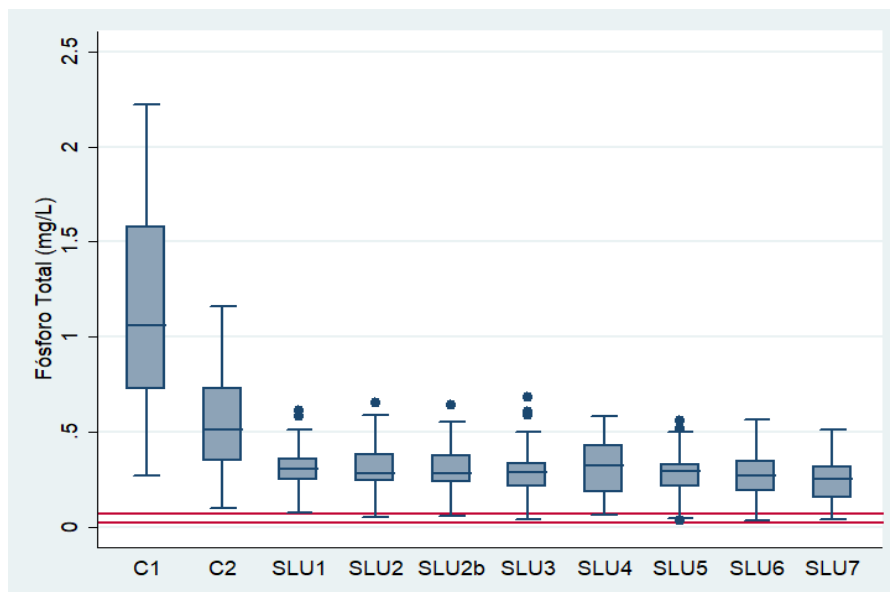


Figura 13. Fósforo Total río Santa Lucía y afluentes en todos los muestreos 2009-2022. La línea roja inferior representa el valor de 0,025mg/L, límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3 y la línea roja superior representa el valor de 0,07 mg/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

Durante el año 2022, se encontró que la concentración de fósforo total en el Río Santa Lucía y sus afluentes superó significativamente los límites establecidos en el Decreto 253/79 para la



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

clase 3 de agua (0,025 mg P/L), así como los límites propuestos por la Mesa Técnica del Agua. Esto indica que los niveles de fósforo presentes en el agua exceden los niveles considerados seguros para el ambiente acuático.

En cuanto a la variación espacial, se observó que sus concentraciones fueron mayores en el arroyo Colorado que en el propio Río Santa Lucía. En el río principal, la concentración de PT se mantuvo prácticamente constante hasta su desembocadura.

Los resultados de los muestreos mostraron que los mayores valores en el Río Santa Lucía se registraron durante el muestreo de febrero, mientras que los menores se encontraron en el mes de noviembre.

Estos hallazgos son preocupantes y sugieren que la calidad del agua en el Río Santa Lucía y sus afluentes está siendo afectada negativamente por la presencia excesiva de fósforo. Es importante tomar medidas urgentes para reducir la carga de nutrientes en el agua y controlar la eutrofización, con el objetivo de proteger y preservar la salud de los ecosistemas acuáticos en esta importante cuenca.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Índice del Estado Trófico

Este índice (Lamparelli, 2004) se puede calcular basado en la concentración de clorofila *a*, nitrógeno total, fósforo total y/o transparencia del agua. En el caso de los Humedales del Santa Lucía se calcula solamente en base a la concentración de fósforo total debido a que en los sistemas acuáticos del Uruguay el fósforo ha mostrado ser la variable crítica de la calidad del agua. Evaluando de esta forma se está considerando el peor escenario o la condición más conservadora para la determinación del estado trófico.

Para el cálculo se utiliza la media geométrica por estación de monitoreo y por año de muestreo. (Anexo 1).

Nivel trófico	IET	Color Indicador
Ultraoligotrófico	≤ 47	Cyan
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	Blue
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	Green
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	Yellow
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	Orange
Hipereutrófico	> 67	Red

Tabla 6. Índice de Estado Trófico (IET) (Lamparelli, 2004).

SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO	SUPER	SUPER
SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	SUPER
SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER
EUTRO	EUTRO	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO	EUTRO	EUTRO
SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER
EUTRO	EUTRO	EUTRO	EUTRO	SUPER	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO	EUTRO	EUTRO
EUTRO	EUTRO	EUTRO	EUTRO	SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO	EUTRO	EUTRO
EUTRO	EUTRO	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO	EUTRO	EUTRO
HIPER	HIPER	HIPER	SUPER	HIPER	HIPER	HIPER	HIPER	HIPER	HIPER	SUPER	HIPER	HIPER
SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	HIPER	HIPER	HIPER	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER

Tabla 7. Evaluación del Índice de Estado Trófico de todos los sitios de muestreo en el período 2010 – 2022.

Se observa que el sitio **C1** es el que presenta mayores niveles de IET a lo largo del monitoreo en todos los años.

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Clorofila *a* (C_{lo a})

La clorofila *a* es un pigmento fotosintético que se encuentra tanto en las plantas como en el fitoplancton, que comprende a las algas microscópicas y las cianobacterias. Se emplea como un indicador global y no específico de la concentración de fitoplancton en un cuerpo de agua.

La medición de la clorofila *a* es una herramienta importante para evaluar el estado trófico de un ecosistema acuático. El estado trófico hace referencia al nivel de nutrientes y materia orgánica presentes en el agua, y está estrechamente relacionado con la productividad biológica y la capacidad del agua para mantener vida acuática. La concentración de clorofila *a* está directamente relacionada con la cantidad de biomasa de fitoplancton presente, y un aumento en su concentración puede indicar una mayor productividad y posibles problemas de eutrofización en el ecosistema.

Es relevante tener en cuenta que la clorofila *a* es un indicador inespecífico, lo que significa que su concentración puede estar influenciada por diversos factores, como la disponibilidad de nutrientes (por ejemplo, nitrógeno y fósforo), la temperatura, la intensidad de la luz solar y otros factores ambientales. Por lo tanto, para obtener una evaluación completa del estado trófico de un cuerpo de agua, es necesario considerar otros parámetros asociados, tales como los niveles de nutrientes, la turbidez y la presencia de otras especies de fitoplancton y algas. Combinar estos indicadores proporciona una visión más precisa y detallada del estado del ecosistema acuático.

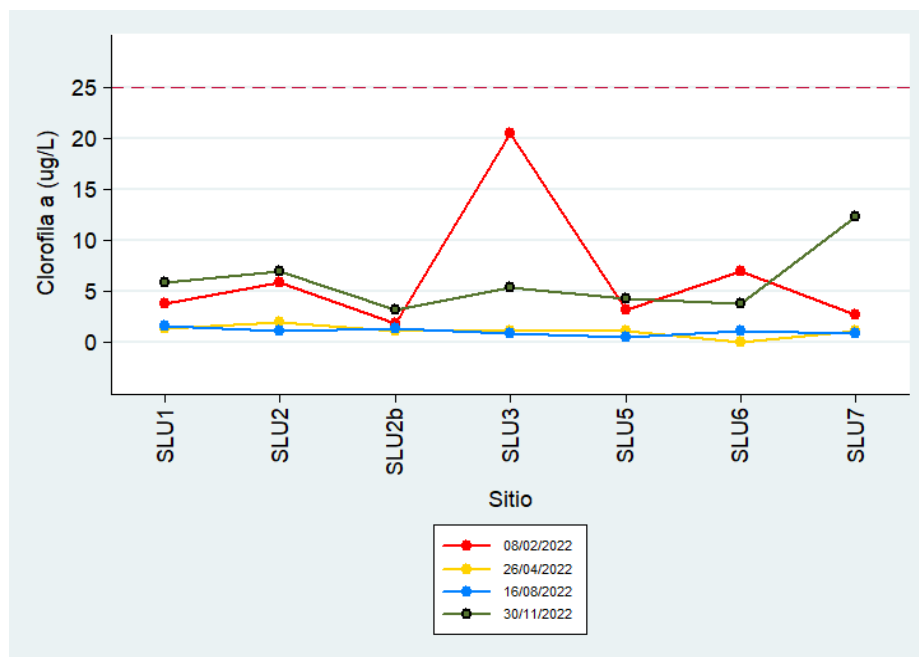


Figura 14. Clorofila *a* río Santa Lucía en los muestreos del año 2022. La línea roja punteada representa el valor de 25 $\mu\text{g/L}$, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

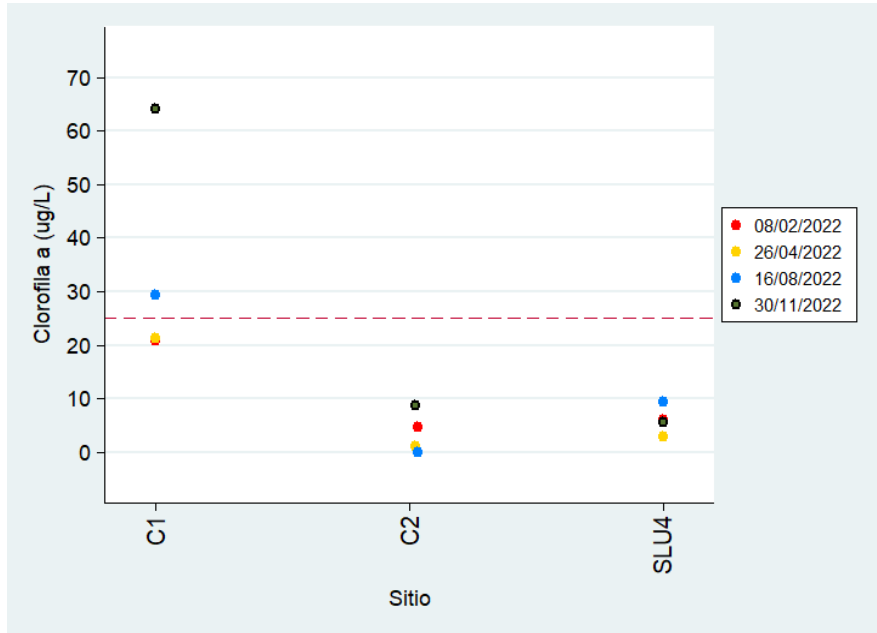


Figura 15. Clorofila a en los Afluentes del río Santa Lucía en los muestreos del año 2022. La línea roja punteada representa el valor de 25 µg/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

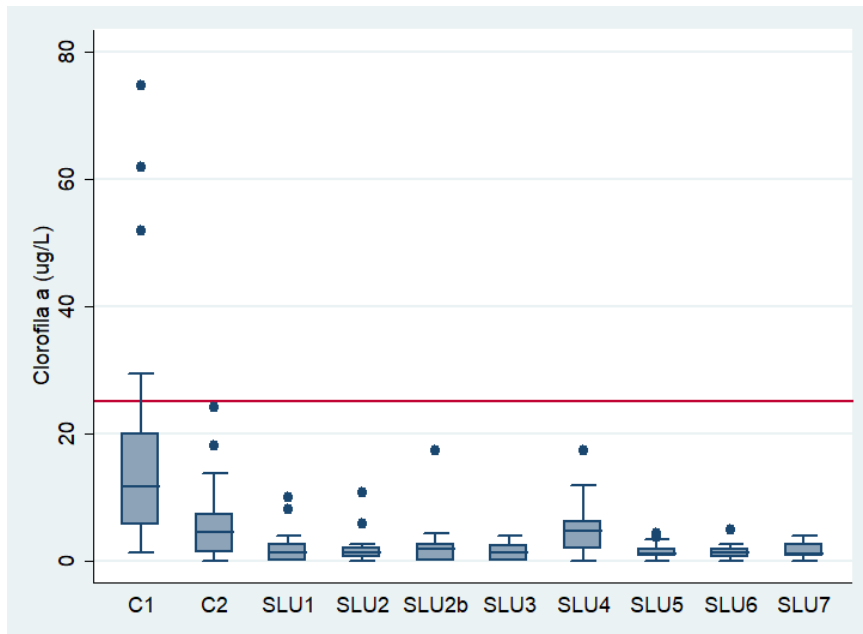


Figura 16. Clorofila a río Santa Lucía y afluentes en todos los muestreos 2009-2022. La línea roja representa el valor de 25 µg/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

Durante todo el año 2022, se registraron valores de clorofila a en el Río Santa Lucía que se



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

mantuvieron por debajo del límite establecido por la Mesa Técnica del Agua para cursos de agua mayores a orden 3. Esto indica que la concentración de éste indicador en el río principal se mantuvo dentro de los niveles considerados aceptables para la calidad del agua.

Sin embargo, en los afluentes del río principal, específicamente en el sitio C1, se superó el límite establecido en los muestreos de invierno y primavera. Esto sugiere que en esos momentos y en esa ubicación en particular, la concentración de fitoplancton, representada por la clorofila *a*, estuvo por encima de lo deseado.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Coliformes fecales

Los coliformes fecales son un grupo de bacterias intestinales que se utilizan como indicador de contaminación fecal en el ambiente acuático.

Para evaluar los resultados de los coliformes fecales, se aplica el criterio de la clase 3 establecido por el Decreto 253/79 y sus modificaciones posteriores. Este criterio establece que el límite puntual no debe exceder las 2000 unidades formadoras de colonias (ufc) por cada 100 mililitros en al menos 5 muestras.

En las Figuras 17 y 18 se presentan los valores registrados durante los muestreos llevados a cabo en el año 2022, mientras que en la figura 19 se muestra un resumen de todos los datos recopilados desde el inicio del monitoreo.

El seguimiento y análisis de los coliformes fecales son fundamentales para evaluar la calidad del agua y la presencia de posibles fuentes de contaminación fecal en el ambiente acuático. Al comparar los resultados con los límites establecidos, se puede tomar acción en caso de que se superen los valores permitidos, con el objetivo de mantener y proteger la salud del ecosistema acuático y garantizar la seguridad del agua para diversos usos, como recreación y abastecimiento.

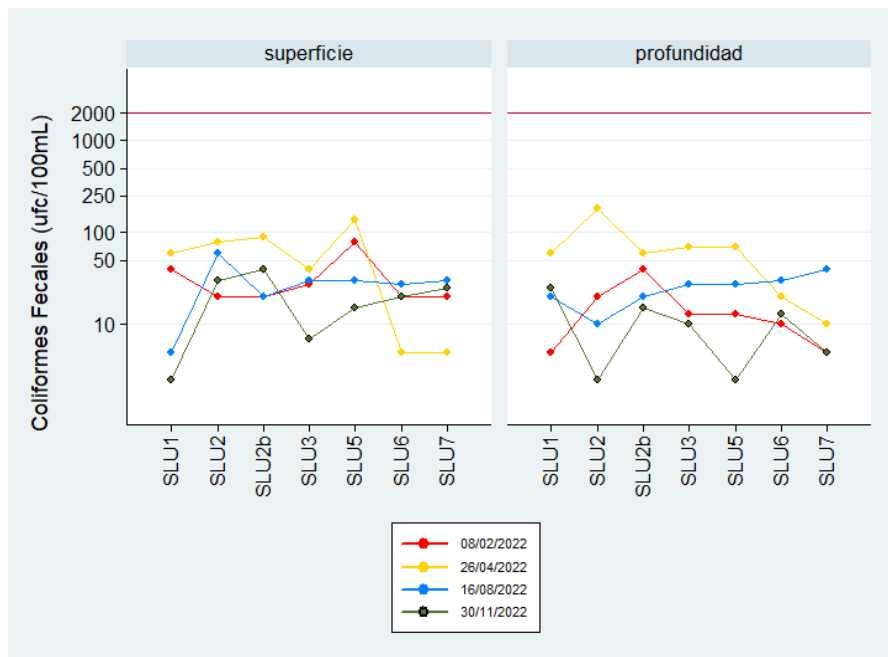


Figura 17. Coliformes Fecales en río Santa Lucía en los muestreos del año 2022. La línea roja indica el valor máximo (2000 ufc/100mL) límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

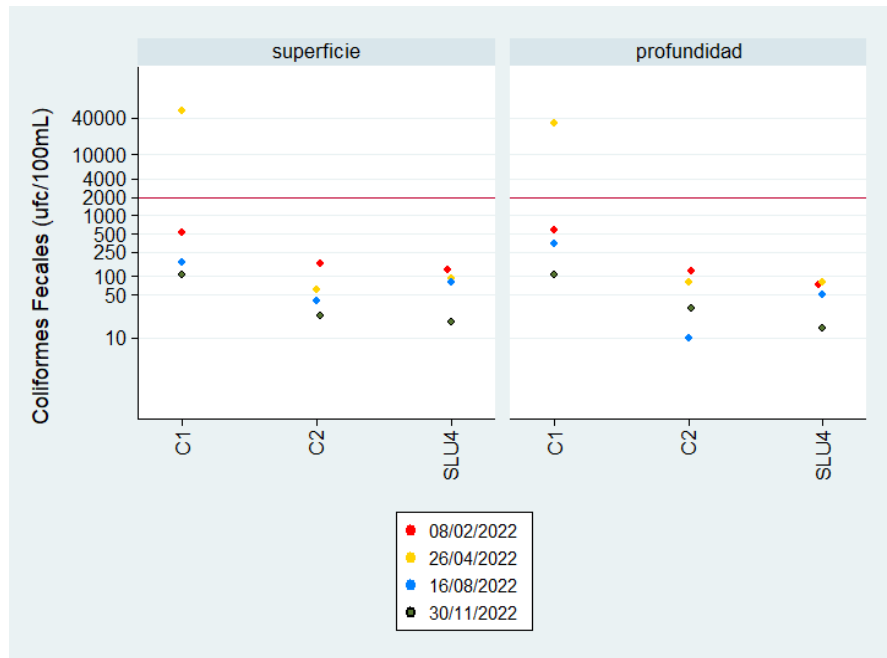


Figura 18. Coliformes Fecales en en los Afluentes del río Santa Lucía en los muestreos del año 2022. La línea roja indica el valor máximo (2000 ufc/100mL) límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

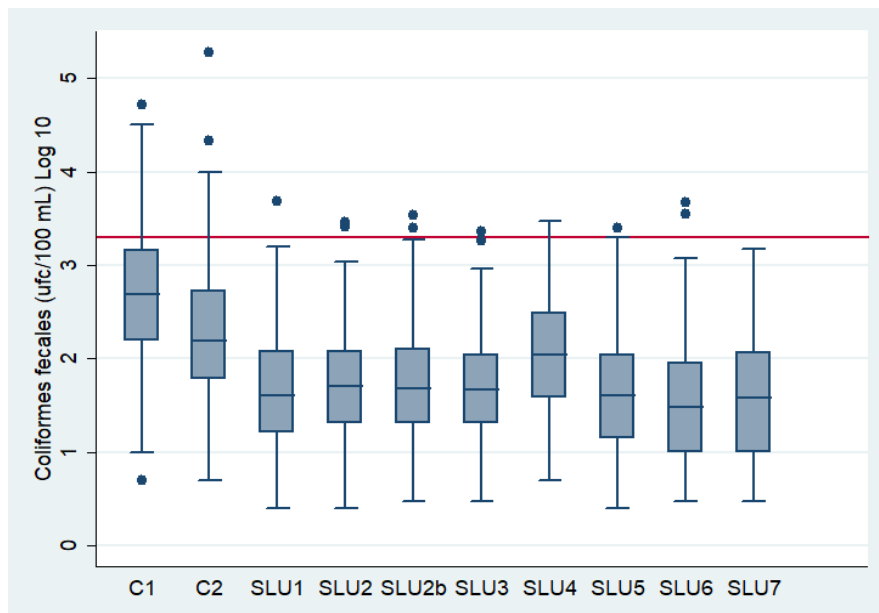


Figura 19. Coliformes Fecales en río Santa Lucía y Afluentes en todos los muestreos 2009 - 2022. La línea roja indica el valor máximo (2000 ufc/100mL), límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Durante todo el año 2022, todos los análisis de coliformes fecales realizados en el río Santa Lucía mostraron resultados por debajo del límite establecido en el Decreto 253/79, que es de 2000 unidades formadoras de colonias (ufc) por cada 100 mililitros.

Sin embargo, en sus afluentes se registró un caso excepcional en el que se superó este umbral. El sitio C1, en el muestreo de abril, presentó una concentración que excedió el límite establecido.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Oxígeno Disuelto (OD)

La materia orgánica presente en el agua es descompuesta por microorganismos como bacterias y algas en un proceso que implica el consumo de oxígeno. Cuando hay una gran cantidad de materia orgánica, estos microorganismos pueden consumir una cantidad significativa de oxígeno, lo que puede llevar a niveles muy bajos en el agua.

El oxígeno disuelto en el agua es un indicador importante de su calidad y es vital para la vida en el medio acuático. Los organismos acuáticos dependen de éste para llevar a cabo sus funciones vitales, como la respiración. Niveles bajos de oxígeno pueden resultar en condiciones adversas para la vida acuática y pueden llevar a la muerte de peces y otros organismos.

Por lo tanto, el monitoreo del oxígeno disuelto en el agua es esencial para evaluar la salud del ecosistema acuático y para tomar medidas adecuadas en caso de que se detecten bajos valores. Mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto es crucial para proteger y preservar la vida en los cuerpos de agua y para asegurar la sostenibilidad del medio acuático en general.

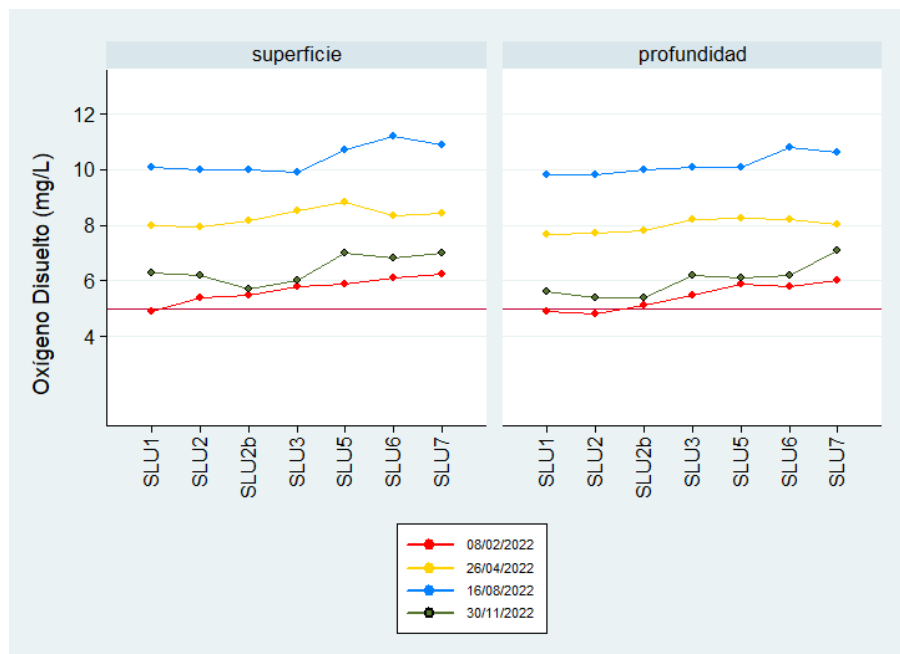


Figura 20. Oxígeno Disuelto en río Santa Lucía en los muestreos del año 2022. La línea roja indica el valor mínimo (5 mg/L) límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

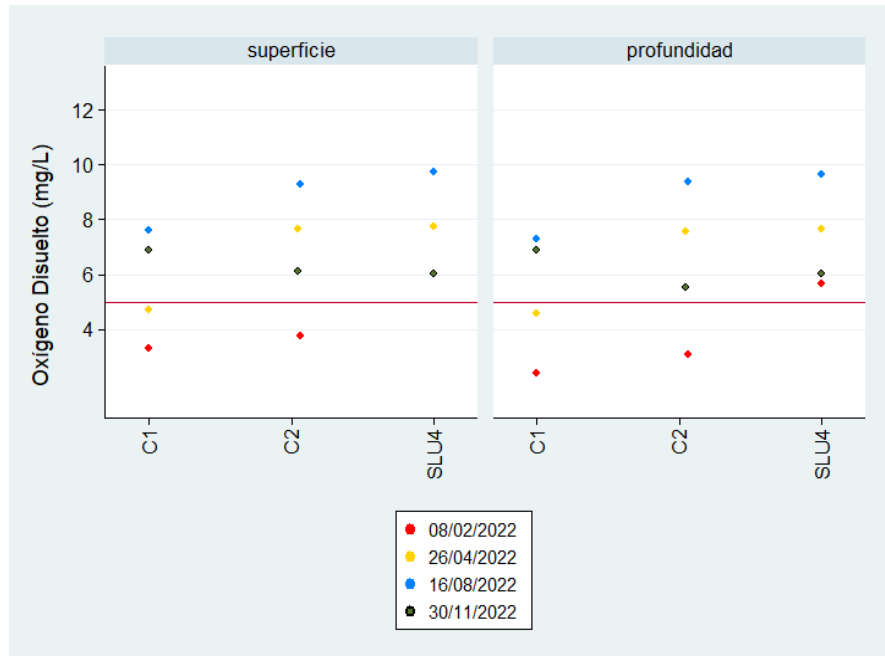


Figura 21. Oxígeno Disuelto en Afluentes del río Santa Lucía en los muestreos del año 2022. La línea roja indica el valor mínimo (5 mg/L) límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

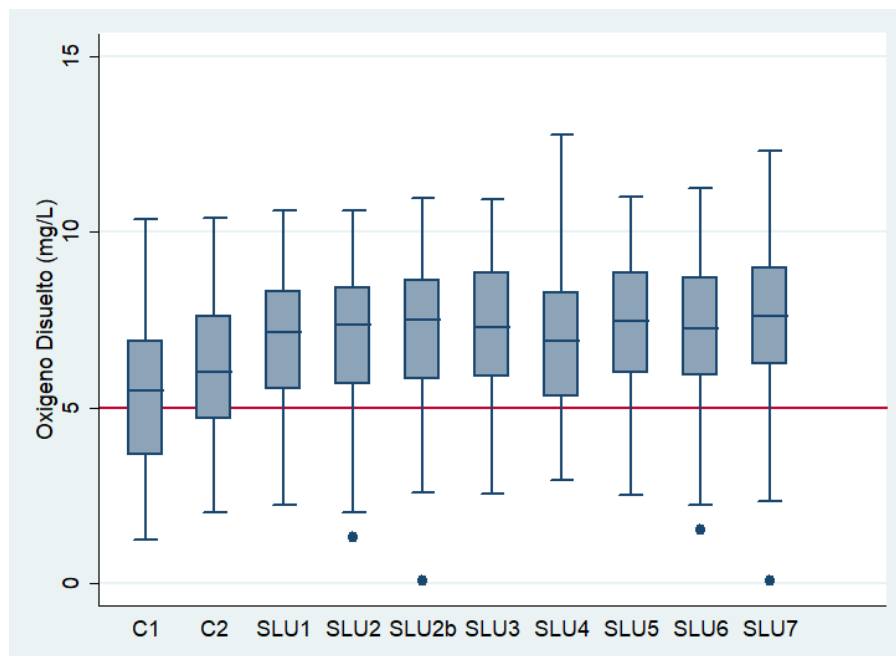


Figura 22. Oxígeno Disuelto en río Santa Lucía y Afluentes en todos los muestreos 2009 - 2022. La línea roja indica el valor mínimo (5 mg/L), límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

Durante el año 2022, la gran mayoría de los valores de oxígeno registrados en los muestreos del Río Santa Lucía y sus afluentes se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

normativa aplicable. Esto indica que en general, los niveles de oxígeno disuelto en el agua se encontraron en rangos adecuados para el buen funcionamiento del ecosistema acuático.

Sin embargo, se identificaron bajos valores en los registros de verano en C1 y C2 y en otoño en C1. En esta ocasión, se detectaron valores de oxígeno que estuvieron fuera de los límites establecidos por la normativa. Esta situación puede ser un indicativo de condiciones ambientales particulares o de factores específicos que afectaron los niveles de oxígeno en esa ubicación y período.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

pH

El pH es una medida que indica la concentración de iones H^+ y OH^- en un medio acuoso y es ampliamente utilizado para evaluar la calidad de un curso de agua.

En general, en las aguas naturales, el pH tiende a variar entre 6 y 9. Estas fluctuaciones pueden atribuirse a diversos factores, tales como la temperatura del agua, la descomposición de la materia orgánica presente, los desechos provenientes de actividades agrícolas, los drenajes ácidos o la presencia de sitios eutrofizados. En este último caso, las altas tasas de fotosíntesis generadas por las floraciones de algas y cianobacterias pueden influir en los niveles de pH del agua.

El control y seguimiento del pH en el agua son fundamentales para entender el estado del ecosistema acuático y detectar posibles alteraciones en su equilibrio. Los cambios significativos en el pH pueden tener efectos negativos en la vida acuática, ya que algunos organismos son altamente sensibles a las variaciones de acidez o alcalinidad. Por lo tanto, mantener un pH dentro de los rangos naturales adecuados es esencial para garantizar la salud del ecosistema acuático y la protección de la biodiversidad que depende de él.

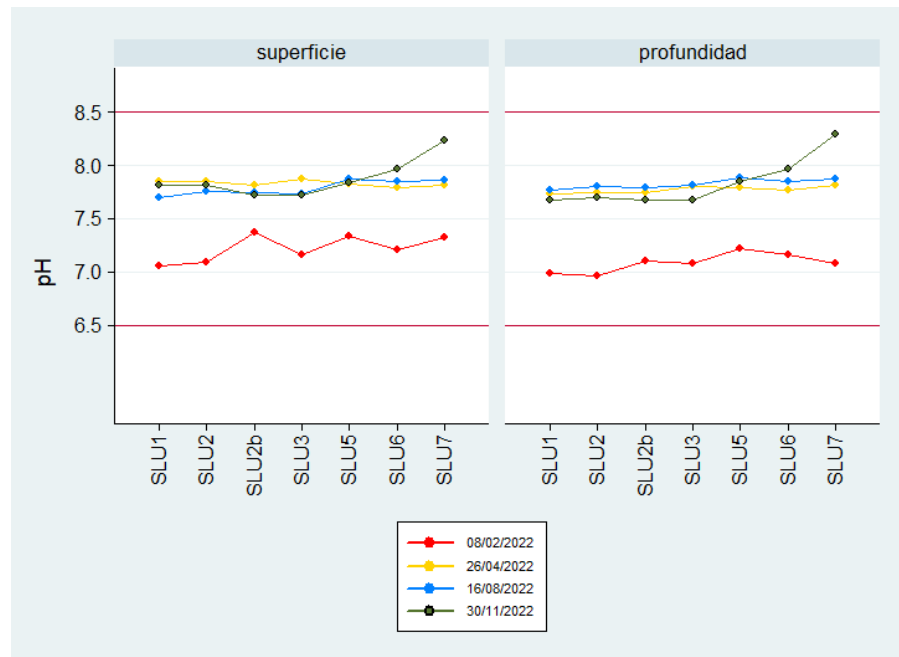


Figura 23. pH en río Santa Lucía en los muestreos del año 2022. Las líneas rojas indican el valor mínimo (6,5) y el máximo (8,5), límites establecidos en el Decreto 253/79 para la Clase 3.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

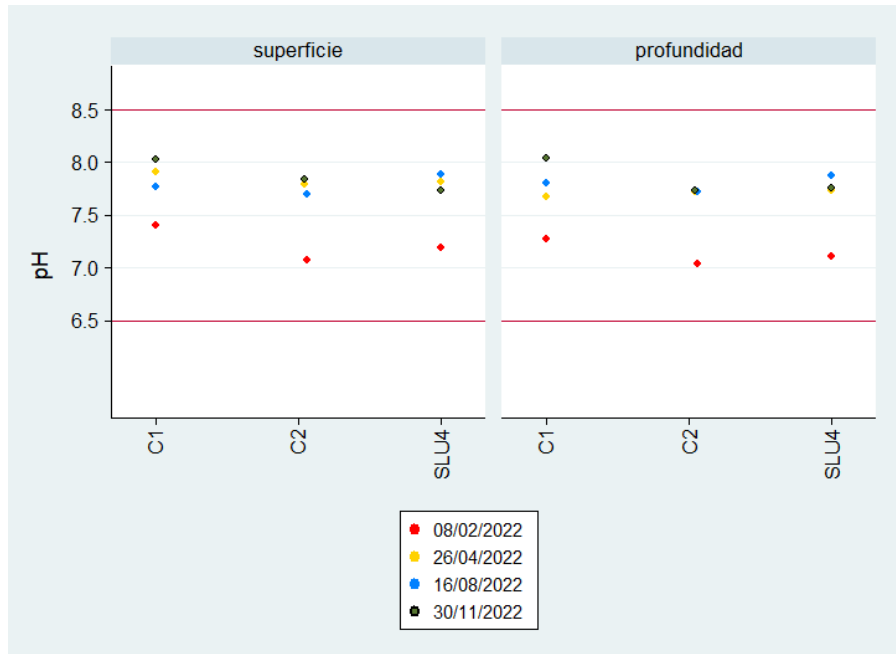


Figura 24. pH en Afluentes del río Santa Lucía en los muestreos del año 2022. Las líneas rojas indican el valor mínimo (6,5) y el máximo (8,5), límites establecidos en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

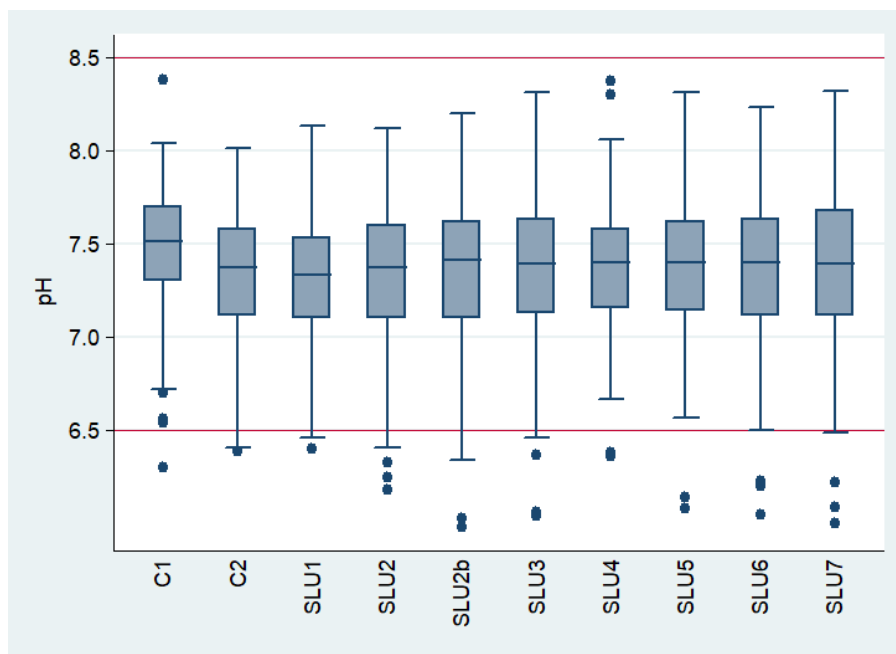


Figura 25. pH en río Santa Lucía y Afluentes en todos los muestreos 2009 – 2022. Las líneas rojas indican el valor mínimo (6,5) y el máximo (8,5), límites establecidos en el Decreto 253/79 para la Clase 3. Durante el año 2022 se realizaron registros de los valores de pH tanto en el cauce principal del



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Río Santa Lucía como en sus afluentes. Los resultados obtenidos demostraron que todos los valores se mantuvieron dentro de los límites permitidos por la normativa establecida en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

De acuerdo con dicha normativa, los niveles de pH considerados aceptables se encuentran entre 6,5 y 8,5.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Conductividad

La conductividad del agua refleja la capacidad que tiene la misma de conducir la corriente eléctrica y ésta varía en función de la presencia de iones. Los factores que la modifican pueden ser el ingreso de agua salada por estar cerca de un estuario, presencia de contaminantes con el aumento de la carga de iones entre otros.

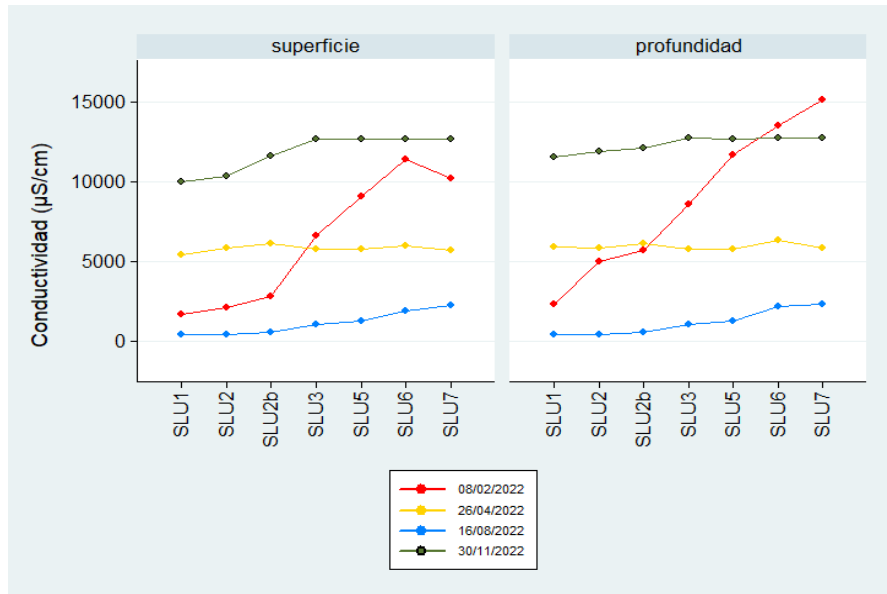


Figura 26. Conductividad en río Santa Lucía en los muestreos del año 2022.

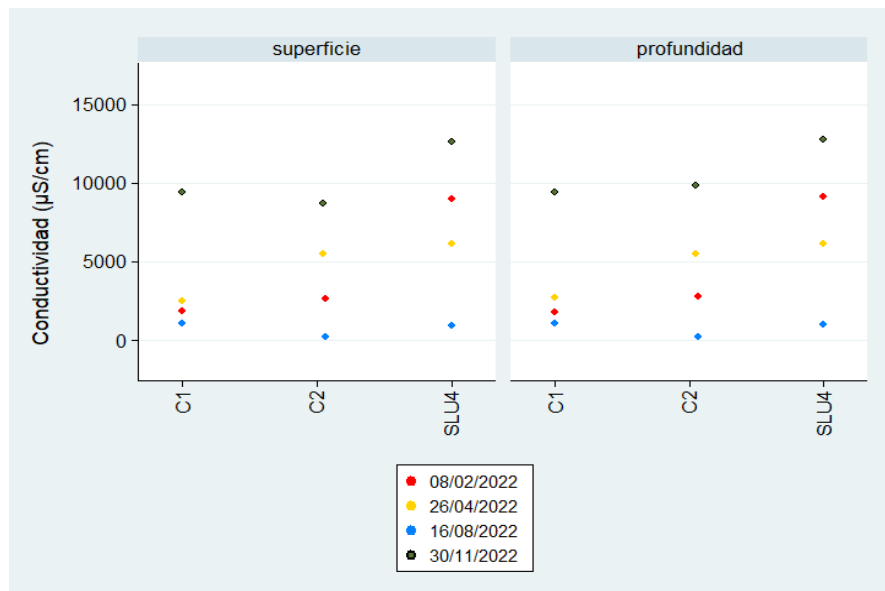


Figura 27. Conductividad en Afluentes del río Santa Lucía en los muestreos del año 2022.

La conductividad del agua en el Río Santa Lucía muestra una tendencia creciente a medida que



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

se acerca a su desembocadura, alcanzando sus valores máximos en ese punto. Sin embargo, durante el muestreo realizado en agosto, se observaron los valores más bajos registrados, casi cercanos a cero.

Este patrón sugiere que la influencia del Río de la Plata es evidente, ya que el ingreso de agua salada proveniente del Océano Atlántico contribuye a aumentar la conductividad en la zona cercana a la desembocadura. Este fenómeno de mezcla de aguas dulces y saladas puede generar cambios significativos en la composición química del agua y afectar la conductividad eléctrica.

El hecho de que en agosto se hayan registrado los valores más bajos de conductividad podría estar relacionado con condiciones climáticas, cambios en el flujo del río, o incluso con eventos específicos que afectaron la salinidad en la zona.

Salinidad

La salinidad refleja directamente el contenido de sales minerales disueltas siendo la principal en el agua marina el cloruro de sodio.

Al igual que la conductividad, en el Río Santa Lucía se observa su incremento en los sitios más cercanos al contacto con el Río de la Plata.

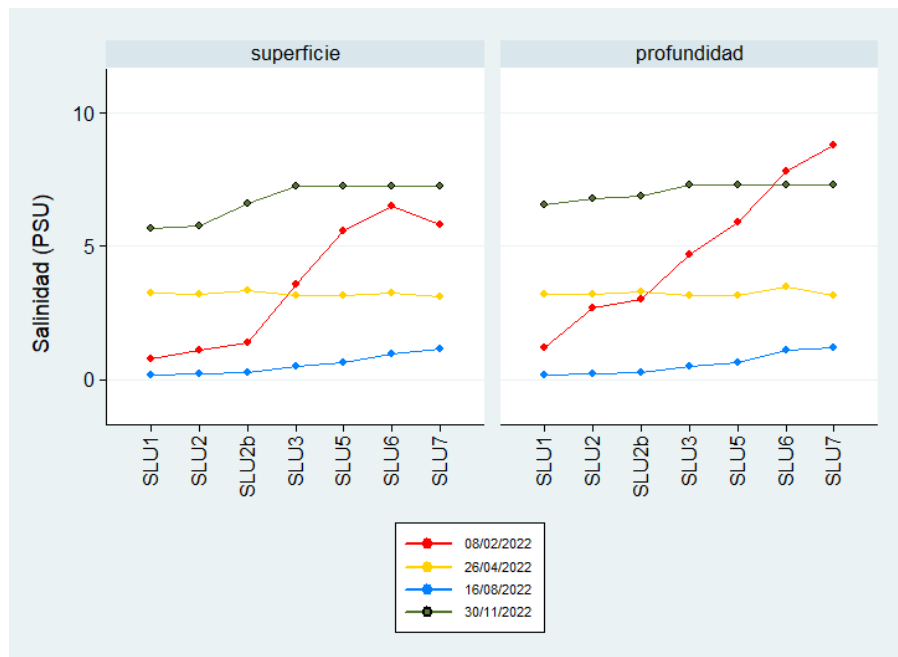


Figura 28. Salinidad en río Santa Lucía en los muestreos del año 2022.

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

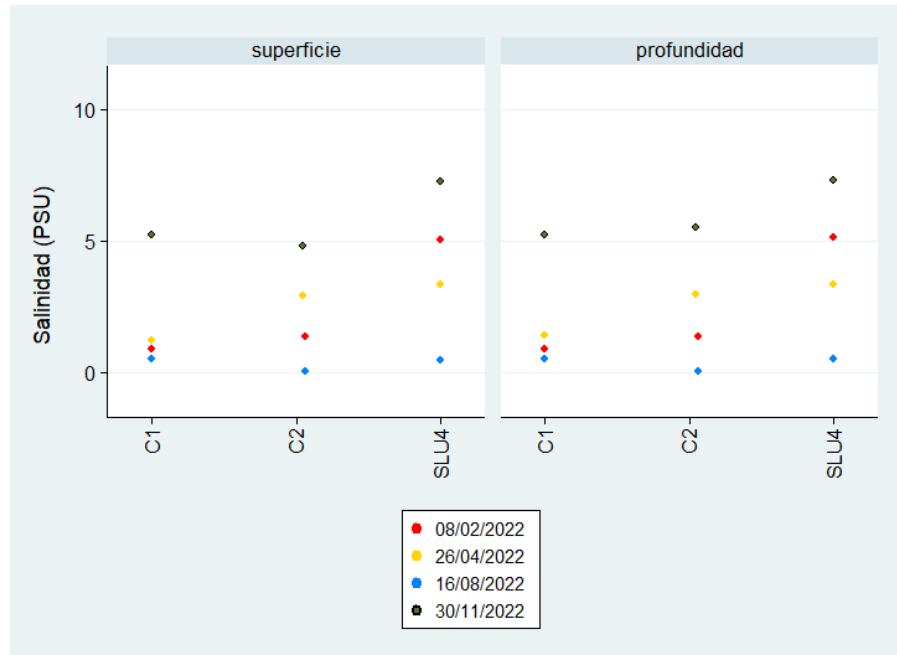


Figura 29. Salinidad en Afluentes del río Santa Lucía en los muestreos del año 2022.

La salinidad medida en el Río Santa Lucía y sus afluentes exhibe un comportamiento similar al de la conductividad. En ambos casos, se observa un patrón de variación que sigue una tendencia paralela.

La influencia del Río de la Plata, con su aporte de agua salada proveniente del Océano Atlántico, parece ser un factor determinante en esta relación. A medida que nos acercamos a la desembocadura del río, tanto la salinidad como la conductividad tienden a aumentar, mostrando un incremento significativo en los sitios cercanos al contacto con el Río de la Plata.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Turbiedad

La turbiedad o turbidez del agua de un río es una medida que indica el grado de opacidad o claridad del agua debido a la presencia de partículas suspendidas en ella. Estas partículas pueden ser sedimentos, arcillas, materia orgánica, microorganismos u otras sustancias que no están disueltas en el agua y que la hacen parecer turbia o poco transparente.

La turbiedad se evalúa generalmente midiendo la cantidad de luz que se dispersa o bloquea debido a las partículas presentes en el agua. Se expresa en unidades nefelométricas de turbidez (NTU), que es una medida estándar aceptada para cuantificarla.

La presencia de una alta turbiedad en el agua puede deberse a diversas razones, como actividades humanas que erosionan el suelo, descargas de aguas residuales, deforestación, entre otras. La turbiedad no solo afecta la apariencia visual del agua, sino que también puede tener implicaciones ambientales y ecológicas.

Una elevada turbiedad puede reducir la penetración de la luz solar en el agua, lo que afecta la fotosíntesis de las plantas acuáticas y la producción de oxígeno. Además, las partículas suspendidas pueden transportar nutrientes y contaminantes, lo que puede tener impactos negativos en la vida acuática y la calidad del agua.

El monitoreo de la turbiedad es una herramienta valiosa para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos y tomar medidas adecuadas para mitigar los efectos negativos de la turbiedad excesiva. Además, también es útil en la gestión del agua para diferentes usos, como el suministro de agua potable, la agricultura y la industria donde puede influir en la eficiencia de los procesos de tratamiento y utilización del agua.

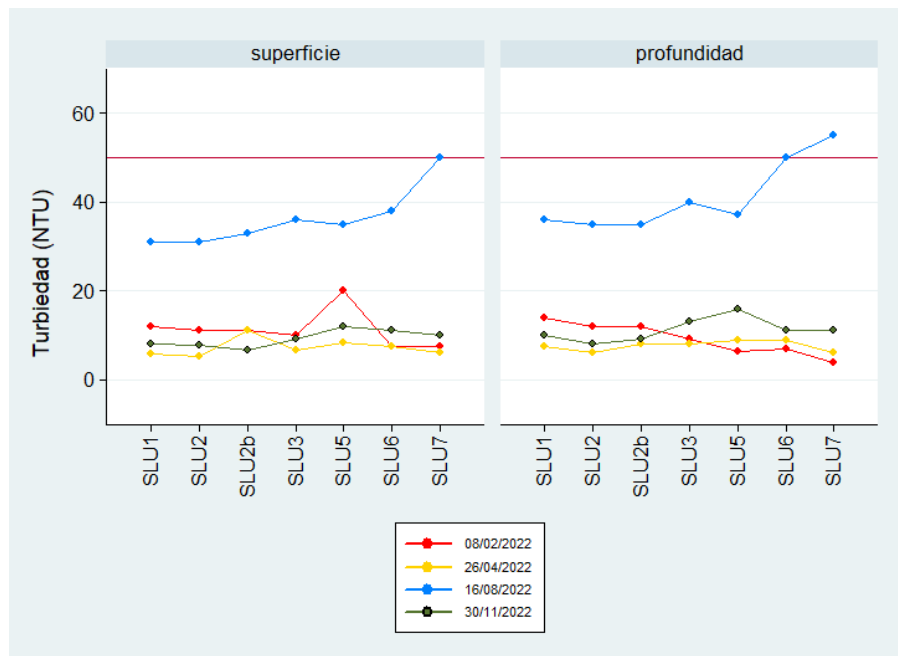


Figura 30. Turbiedad en río Santa Lucía en los muestreos del año 2022.

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

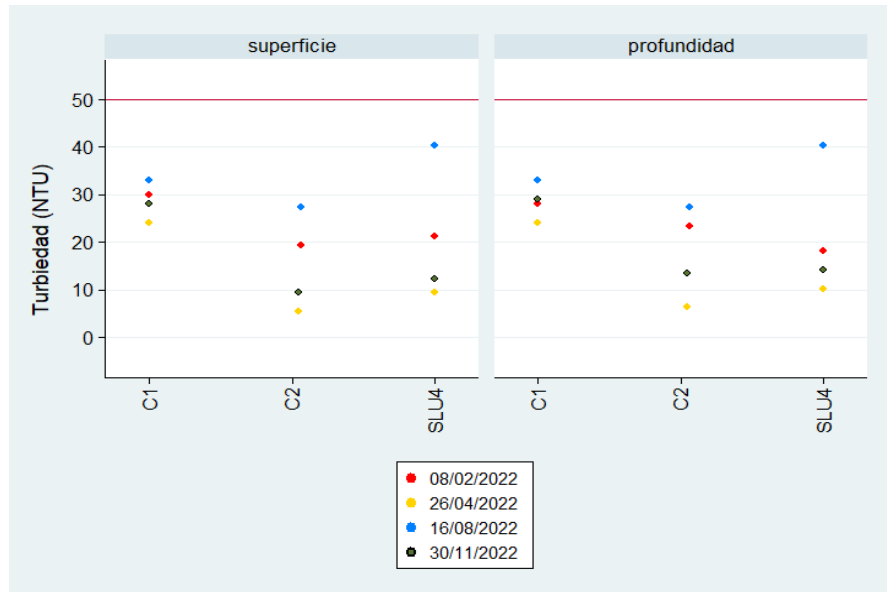


Figura 31. Turbiedad en Afluentes del río Santa Lucía en los muestreos del año 2022.

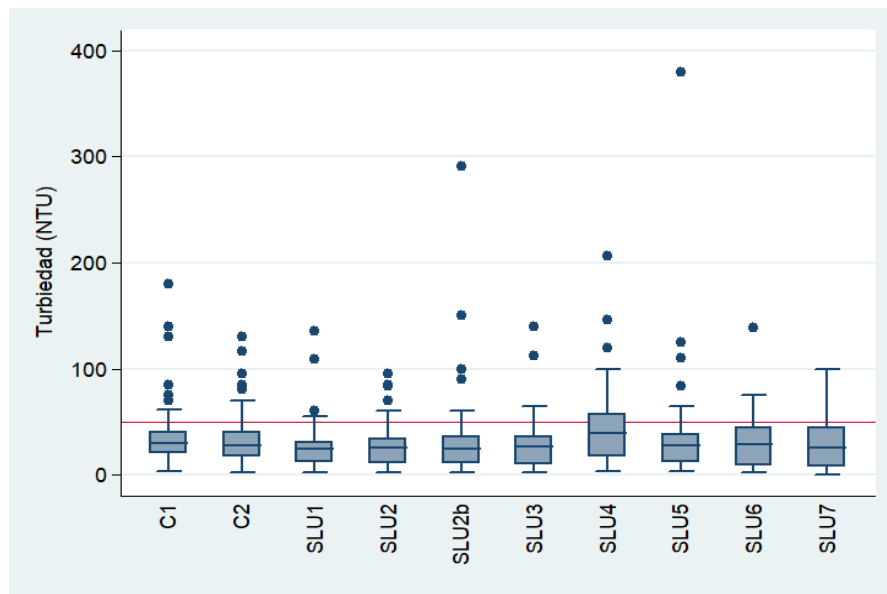


Figura 32. Turbiedad en río Santa Lucía y Afluentes en todos los muestreos 2009 - 2022. La línea roja indica el valor de 50 NTU, límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

En los muestreos del año 2022 solamente un registro de turbiedad superó el límite establecido por el Decreto (muestreo de agosto en SLU 7 profundidad).

La turbiedad del agua de toda la cuenca baja del río Santa Lucía es muy variable y ocasionalmente se registran valores por encima a los 50 NTU (límite del Decreto 253/79). En esta situación, el viento juega un papel preponderante (principalmente los del sector SW) ya que el mismo mezcla la columna de agua y resuspende el sedimento.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Metales pesados (plomo y cromo)

Los metales pesados son compuestos inorgánicos que pueden ingresar a los cuerpos de agua a través de vertidos industriales, agrícolas, domésticos o por deposición atmosférica. Es esencial monitorear sus concentraciones en el agua para evaluar su impacto ambiental.

En el caso específico del Río Santa Lucía, se realizaron análisis de Plomo y Cromo en las muestras de agua. **Los resultados mostraron que todas las concentraciones de Plomo estuvieron por debajo de 0.03 mg/L, y las concentraciones de Cromo se mantuvieron por debajo de 0.01 mg/L.** Estos valores se encuentran significativamente por debajo de los límites establecidos en la normativa de referencia.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Bioensayos

Los bioensayos son herramientas ecotoxicológicas que permiten determinar el riesgo por agentes contaminantes presentes en el ambiente, sean estos conocidos o no (Castillo-Morales, 2004). Estos ensayos, permiten evaluar los efectos de sustancias tóxicas, independientemente de si estas están o no identificadas.

Dado que cada especie presenta características biológicas particulares, ellas le pueden otorgar una sensibilidad diferencial a los distintos contaminantes y por ello es recomendable utilizar más de un bioensayo que se corresponda con distintos organismos de prueba.

Los organismos utilizados en los bioensayos del presente estudio son: *Vibrio fischeri* (bacteria), *Hydra attenuata* (cnidario), *Artemia franciscana* (crustáceo) y *Daphnia magna* (crustáceo).

Particularmente, la bacteria (*V. fischeri*) es muy sensible a la contaminación por detergentes e hidrocarburos, en tanto que los crustáceos son muy sensibles a los metales pesados e *H. attenuata* ha mostrado una gran sensibilidad frente a la contaminación producto de la degradación de la materia orgánica.

Métodos de Bioensayos

El ensayo de *Daphnia magna* es un test de toxicidad estático y agudo (48 horas) que se ha implementado con adaptaciones del protocolo de la norma ISO 6341 (UNE-EN ISO 6341, 2013) y siguiendo recomendaciones de la red WaterTox (Castillo-Morales, 2004; Espínola *et al.*, 2005).

El ensayo de *Hydra attenuata* es un test de toxicidad estático y agudo (48 horas) que se ha implementado con adaptaciones del protocolo de Trottier *et al.* (1997) y siguiendo recomendaciones de la red WaterTox (Castillo-Morales, 2004; Espínola *et al.*, 2005).

Ambos bioensayos son adecuados para muestras líquidas de salinidad menor a 1 UPS.

En el Anexo 2 se detallan las adaptaciones de los protocolos y se dan referencias sobre la sensibilidad de estos ensayos.

El ensayo *Vibrio fischeri* se realiza con un organismo procarionta mediante el Sistema Microtox®. Este ensayo examina el efecto tóxico de las muestras, tanto en agua como en sedimento de salinidad variable, basándose en la reducción de la bioluminiscencia natural de la bacteria marina *Vibrio fischeri* (EPS, 1992; SDI Microtox, 2009).

En el presente estudio se aplicaron los protocolos “81,9% Screening test” y “81,9% Basic test”. Se adopta como límite umbral de toxicidad el valor 17% de inhibición de emisión de luz (%IEL), correspondiente al límite de cuantificación (EPS, 1992).

A partir de diciembre de 2021, dado que las salinidades medidas fueron mayores a 1UPS se comenzó a implementar el testeado mediante el bioensayo de *Artemia franciscana* por ser una especie eurihalina. Este ensayo es un test de toxicidad estático y agudo (24 horas) y se realiza con larvas de estadio II-III. Su implementación contempló las pautas del protocolo ARTOXKIT M® (MicroBioTests Inc.).



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Se realiza un análisis descriptivo de los resultados de los ensayos durante todo el período de monitoreo y además se comentan particularmente los resultados del último año. Para representar la frecuencia relativa (expresada en porcentaje) de las categorías toxicológicas se utilizan gráficos de barra. Los gráficos en el caso de las muestras de agua se hace por año, en tanto que para los sedimentos se realizan por períodos de tres años.

-*Daphnia magna*

Se presentan los resultados del año 2022 y cinco años previos (2017 a 2021) para el monitoreo del humedal del Río Santa Lucía y el Arroyo Colorado donde se observa un predominio de resultados no tóxicos en agua con el ensayo de *Daphnia* (Figura 33). Por otra parte, ocasionalmente se observa toxicidad leve pero no consecutiva en el tiempo ni sistemática de uno o más sitios de muestreo.

Particularmente, en los años 2020 a 2022 se presentaron eventos de intrusión salina que pueden ser los responsables de los efectos leves registrados. En tal sentido los valores de toxicidad de 2022 no superan el umbral de 1,1 UT en ninguna de las muestras.

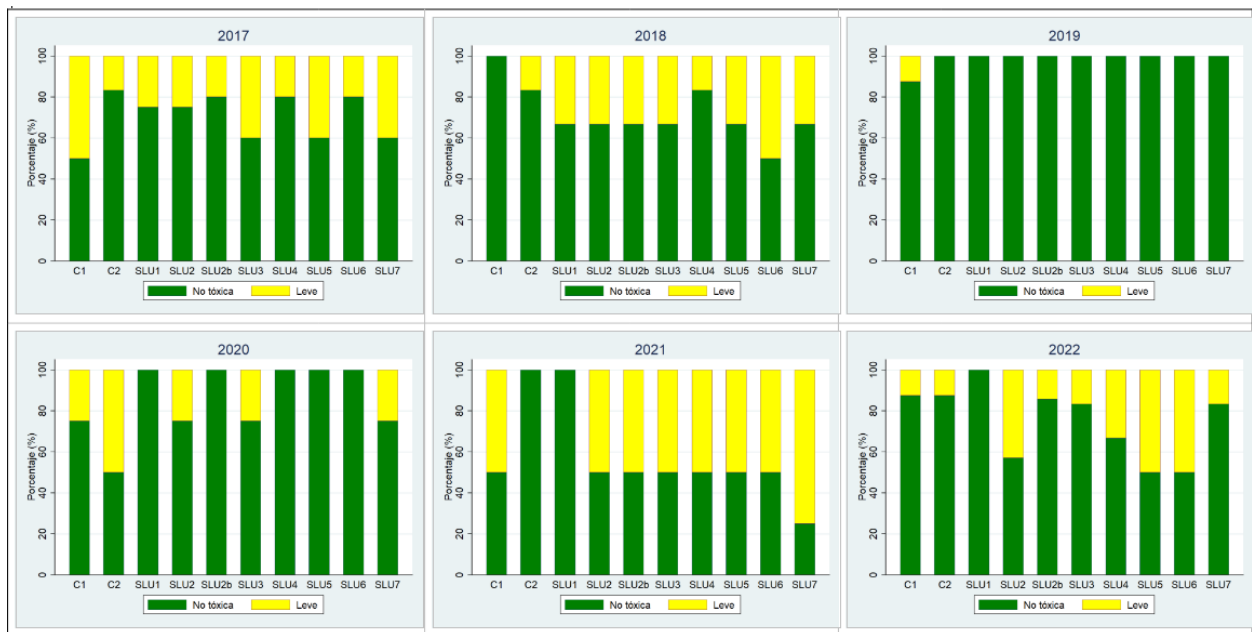


Figura 33. Distribución de la categoría toxicológica en el bioensayo de *D. magna* en agua para cada sitio de muestreo y por año.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

- *Hydra attenuata*

Se muestran los análisis de las muestras del humedal con el ensayo de Hydra para el periodo 2017 a 2022. Los resultados para Hydra son semejantes a los de Daphnia en el sentido de que predominan los valores no tóxicos (Figura 34). Sin embargo, se observan con muy baja frecuencia resultados de toxicidad moderada a muy tóxicos que particularmente predominan en el sitio C1. En los años 2020 y 2022 los mayores niveles de toxicidad se dan en dicho sitio del arroyo Colorado (Figura 2).

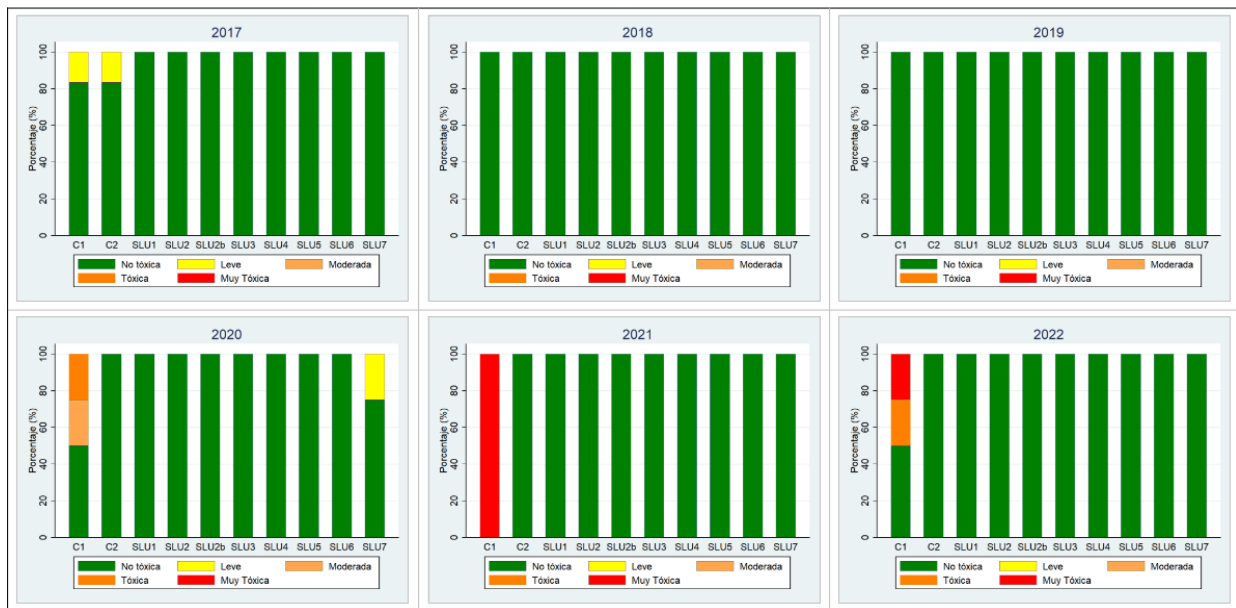


Figura 34. Distribución de la categoría toxicológica en el bioensayos de *H. attenuata* en agua para cada sitio de muestreo y por año.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

- *Vibrio fischeri*

Al considerar el año 2022 y cinco años previos (2017 a 2021) del monitoreo de la toxicidad con *Vibrio fischeri* los resultados presentan un predominio de valores no tóxicos (Figura 35). Al igual que en el caso de *Daphnia*, cuando se observa toxicidad es de categoría leve y ocasional.

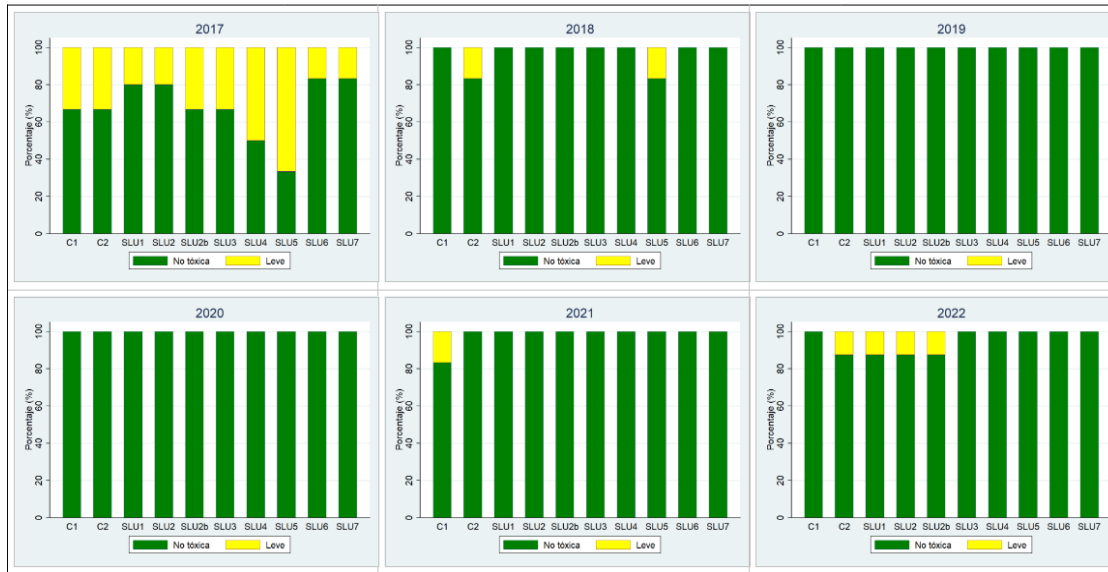


Figura 35. Distribución de la categoría toxicológica en el bioensayo de *V. fischeri* en agua para cada sitio de muestreo y por año.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

- *Artemia franciscana*

A partir del año 2022 el ensayo de *Artemia* se realiza en todas las muestras del humedal dado que se presentaron eventos con alta salinidad (> 3 UPS).

Aún no se cuenta con un registro histórico que permita hacer comparaciones con otros años, pero se esperan resultados semejantes a *Daphnia* por su proximidad en la escala zoológica. Particularmente, los resultados en 2022 confirman lo esperado, siendo obtenidos valores levemente tóxicos o no tóxicos en la mayoría de los puntos de muestreo (Figura 36).

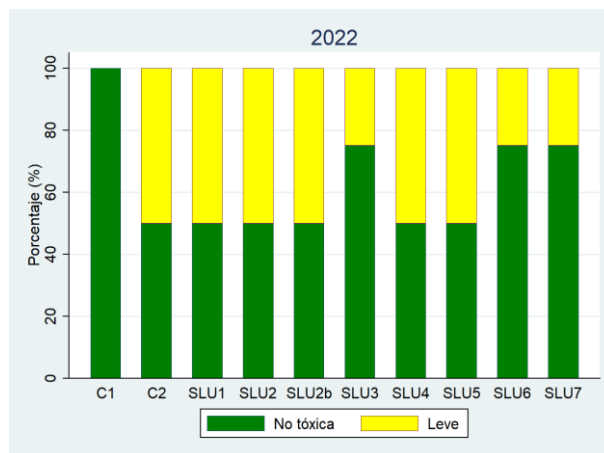


Figura 36. Distribución de la categoría toxicológica en el bioensayos de *A. franciscana* en agua para cada sitio de muestreo, para el año 2022.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Resultados analíticos en Sedimentos

Plomo y Cromo

La concentración de metales pesados en el sedimento pueden ser varios órdenes de magnitud mayor que en la columna de agua, lo que permite su uso como indicador de la contaminación del ambiente. Presentan una elevada capacidad para adsorberse en el material particulado y, cuando disminuye la energía del curso de agua, este material se deposita como parte de los sedimentos. El proceso de adsorción está influenciado, entre otras cosas, por características de los sedimentos y del medio, por los procesos de difusión y mezcla, por la actividad de los organismos bentónicos y por la resuspensión. De hecho los sedimentos son a su vez reservorios de metales pesados que pueden actuar como una fuente no puntual, liberar metales y otros contaminantes a las aguas (Fuentes-Hernández y otros, 2019). Los metales pesados presentan gran relevancia debido a su toxicidad y permanencia en el ambiente y los organismos, pudiendo desencadenar efectos adversos en los humanos y animales (alteraciones en el desarrollo, reproducción, neurológicos etc), ocurriendo incluso bioacumulación y biomagnificación.

En particular el cromo y el plomo precipitan y se adsorben con facilidad, asociándose mayormente a las partículas de menor tamaño, como los limos y arcillas.

Todos los resultados obtenidos de Plomo y Cromo en sedimentos se encuentran dentro del rango de valores "concentraciones menores de ISQG, raramente asociadas a efectos biológicos adversos" según las guías canadienses utilizadas: Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (2001).

	Fecha	SLU1	SLU2	SLU2b	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	C1	C2
Pb (mg/kg)	08/02/22	7	6	17	15	11	8	3	0	0	2
	16/08/22	8	12	11	8	10	17	9	-	8	9
Cr (mg/kg)	08/02/22	13	13	17	21	12	18	16	14	13	13
	16/08/22	14	19	17	15	15	39	17	-	15	19

Tabla 8. Resultados de Pb y Cr (mg/k de sólido seco) de los sedimentos.

La muestra de Cromo del 16/8/22 en SLU 5 alcanzó los 39 mg/kg, catalogada como "ocasionalmente asociada a efectos adversos".



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Bioensayos

- *Vibrio fischeri*

En este sistema los bioensayos se aplican sobre un elutriado (10g sedimento / 50ml diluyente 2%NaCl).

Se registraron niveles leves o no tóxicos durante el periodo 2017 a 2022. En los últimos tres años se observa una leve mejora con una menor frecuencia de resultados levemente tóxicos.

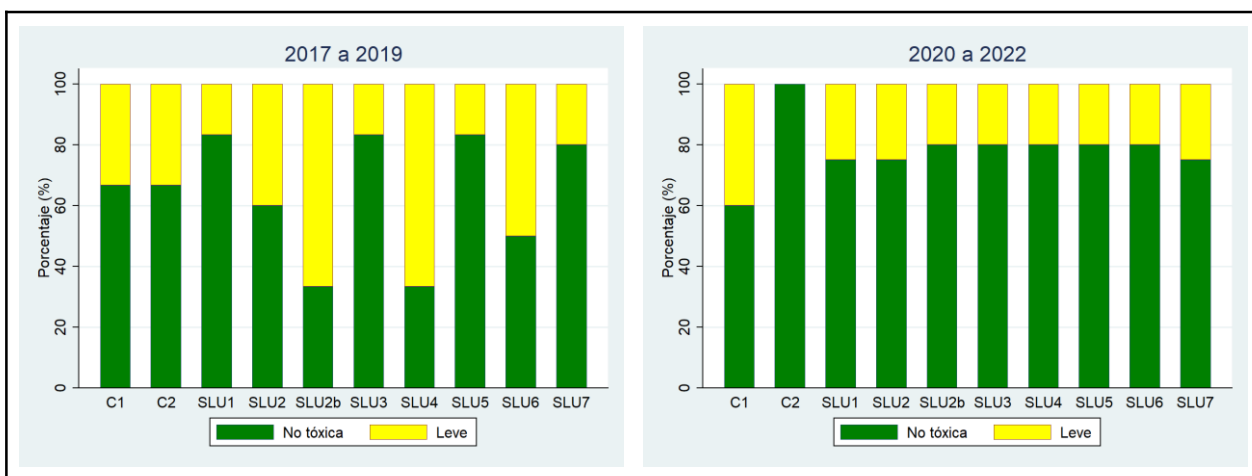


Figura 37. Distribución de la categoría toxicológica en el bioensayos de *V. fischeri* en sedimento para cada sitio de muestreo y por trienios.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

CONCLUSIONES

La variación de los parámetros estudiados está determinada principalmente por el ingreso de agua oceánica que pueda ocurrir desde la desembocadura del río, en dirección sur-norte, la cual dependerá de varios factores como son: descarga del Río de la Plata, descarga de la cuenca del Santa Lucía, marea y vientos. En términos generales en la zona de estudio se observa una diferencia marcada entre los sitios que son afluentes del río Santa Lucía (A° Colorado y pista de regatas que proviene del A° San Gregorio) y los ubicados en el mismo río.

Por un lado, los parámetros analizados en el río Santa Lucía presentan, en términos generales, un comportamiento uniforme desde el sitio ubicado más al norte (SLU1) hasta el más al sur (SLU7) y por otro lado, los parámetros analizados en el A° Colorado y la pista de regatas indican un mayor deterioro de la calidad de sus aguas (principalmente en los sitios C1 y C2).

Como resumen de los distintos parámetros estudiados:

- El nitrógeno total en el río Santa Lucía superó el límite en los muestreos de febrero y agosto y en la mayoría de los afluentes .
- Se detectó la presencia de Amoníaco Libre (NH_3) en tres muestras puntuales que superan el límite de referencia (en C1 el 26/4 y el 16/8 alcanzando los 0,036 y 0,097 mg/L respectivamente y en SLU 7 con 0,031 mg/L) .
- El fósforo total supera significativamente los límites establecidos en todos los sitios y todos los años desde el comienzo del monitoreo y especialmente se observa que se mantiene estable a lo largo de todo el curso hasta su desembocadura. Los sitios C1 y C2 son los que presentan mayores concentraciones.
- La clorofila a (indicador indirecto de presencia de algas y cianobacterias) superó el límite establecido en el sitio C1 en los muestreos de agosto y noviembre.
- Los valores de coliformes fecales en las muestras del año 2022 estuvieron todas por debajo del límite puntual exigido por la normativa de referencia excepto en C1 en abril.
- La turbiedad del sistema depende principalmente de los sedimentos en suspensión, por eso ocasionalmente se registran valores que superan el límite del Decreto.
- Los niveles de cromo y plomo presentes en agua y sedimentos son aceptables para las normativas aplicadas.

En cuanto a los bioensayos en agua y sedimento, los niveles de toxicidad aguda son bajos para la mayoría de los organismos utilizados y ocasionalmente más altos con Hydra. En tal sentido, los registros indican ausencia de toxicidad o niveles leves para *D. magna*, *A. franciscana* y *V. fischeri*, mientras que con muy baja frecuencia niveles tóxicos o muy tóxicos con *H. attenuata*.

Siendo Hydra el organismo más sensible a la contaminación orgánica, se sospecha que pueda ser ésta la principal fuente de contaminación correspondiente a los efectos tóxicos registrados.