



**Intendencia
Montevideo**



PROGRAMA DE MONITOREO DE AGUA Y SEDIMENTOS DE LOS HUMEDALES DEL RÍO SANTA LUCÍA INFORME ANUAL 2020

**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

Autores del Informe:

Daniel Sienna
Jimena Risso Barros
Gustavo Saona
Mary Yafalián
Cristina Cacho

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

Bruno D'Alessandro, María Mercedes De Maio, M^a Eugenia Echezarreta, Tania Hernández, 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

María Eugenia Bastarrica, Leandro Capurro, Romina Echagüe, Lucía Frones.

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



RESUMEN EJECUTIVO	4
CUENCA DEL RÍO SANTA LUCÍA	5
HUMEDALES DEL SANTA LUCÍA	9
MONITOREO REALIZADO POR EL SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL DE LA INTENDENCIA DE MONTEVIDEO.	11
OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA Y SEDIMENTOS	13
Parámetros analizados y metodología utilizada	14
Evaluación de los parámetros analizados	15
Resultados analíticos en agua	17
i. Asociados a fenómenos eutróficos	17
Índice del Estado Trófico	22
ii. Otros parámetros (microbiológicos y fisicoquímicos)	26
iii. Bioensayos	36
Resultados analíticos en sedimentos	37
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXO 1 - Índice de Estado Trófico (IET)	42
ANEXO 2 - Adaptaciones de los protocolos de bioensayos	43
ANEXO 3- Datos de Campo	46



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.

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 de este año, 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 de los sedimentos superficiales dos veces por año (invierno y verano). Se estudian diferentes parámetros: microbiológicos, fisicoquímicos y bioensayos de forma de realizar la evaluación tanto del agua como de los sedimentos. En este informe se presentan e interpretan los datos resultantes del monitoreo que realiza la Unidad Calidad de Agua de este Servicio.

En general el comportamiento del curso de agua es variable en los distintos momentos del año y a lo largo del cauce. En esto se observa un comportamiento marcadamente diferenciado en los puntos C1 y C2 y se puede ver que son los que se encuentran más afectados y que presentan mayor frecuencia de incumplimiento de la normativa aplicada para su evaluación. Respecto a los bioensayos realizados, en una valoración general, se confirma que los sitios relevados del humedal del río Santa Lucía no presentan toxicidad aguda o la presentan de forma ocasional.



CUENCA DEL RÍO SANTA LUCÍA

La cuenca del Santa Lucía abarca una superficie de 13.681 km² y se ubica al sur del Uruguay, en los departamentos de Llavalleja, 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.

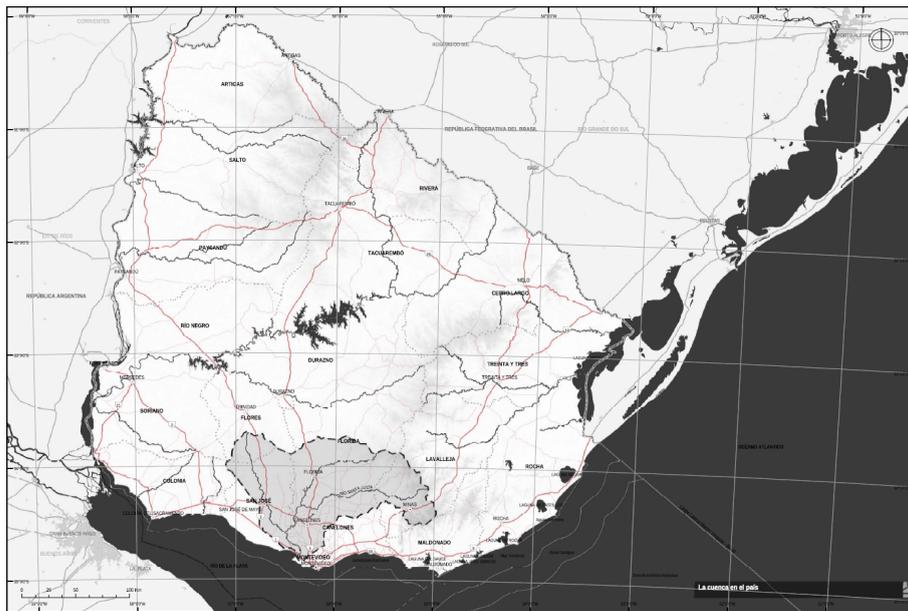


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Santa Lucía en el país. Fuente: Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente¹ (MVOTMA, 2016)

Sus principales afluentes son el río Santa Lucía Chico y el San José, así como otros tributarios importantes como el Canelón Grande, Las Brujas, Durán, Colorado, Trova Vieja, Las Piedras y Sarandí. Los ecosistemas predominantes en esta cuenca son la pradera, montes de parque, monte serrano, monte de galería 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.

Las principales fuentes de contaminación están asociadas a poblaciones que no cuentan con red de saneamiento, a la existencia de pozos negros mal contruidos 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 *feed lots* e industrias que se encuentran en la zona.

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.

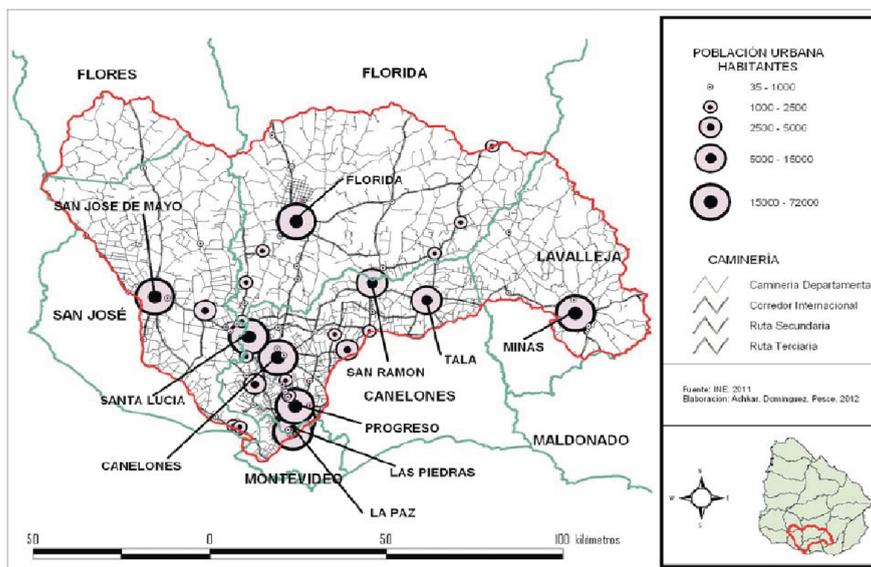


Figura 2. Ubicación de los centros poblados. Fuente: Achkar *et al.* (2012).

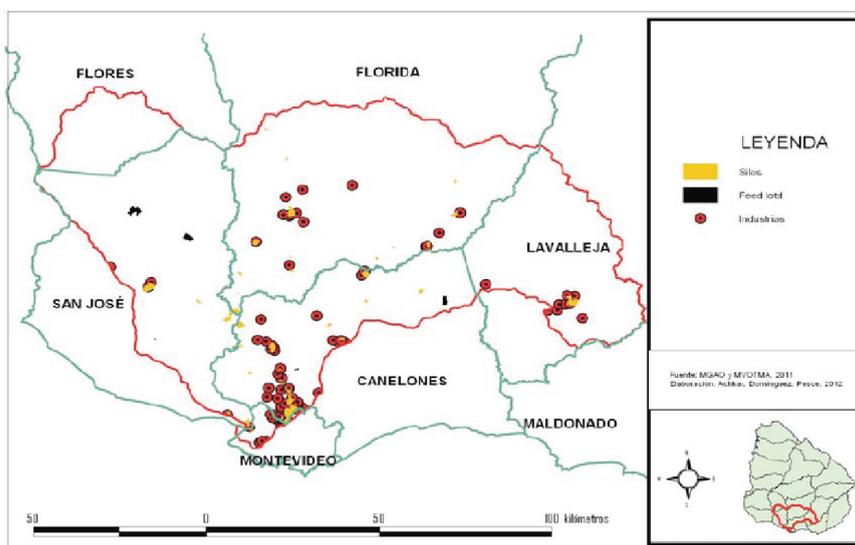


Figura 3. Ubicación de los establecimientos de engorde. Fuente: Achkar *et al.* (2012).



Primeras medidas- 10 medidas estratégicas

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.

Medidas de segunda generación²

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. Esta actualización fue encomendada por el Gabinete Nacional Ambiental al Sistema Nacional Ambiental, en agosto de 2016 y se desarrolló en un grupo de trabajo generado en el marco del Sistema Nacional Ambiental concentrando los procesos de participación en el marco de la Comisión de Cuenca del Río Santa Lucía (CCSL). En ese contexto se integró al ámbito de trabajo la Secretaría Nacional de Ambiente, Agua y Cambio Climático (SNAACC)³, iniciándose el proceso de actualización del Plan de Acción que se denominó *de segunda generación*, en el entendido que el mismo involucra la actualización y refuerza el primero teniendo en cuenta la experiencia adquirida en sus primeros años de ejecución.

Durante el año 2017 para el análisis y desarrollo de nuevas medidas se contó con la participación del experto internacional Fernando Miralles, quién desarrolló distintas instancias de consultoría y asesoramiento en el marco del Proyecto “Crecimiento Verde,” dentro de una Asistencia Técnica no reembolsable del Banco Mundial, en la que participaron el MEF, MGAP, MVOTMA, OPP y SNAACC. Asimismo en 2018 se contó con la participación del experto internacional José Luis López Sancho quien desarrolló instancias de consultoría y organizó un ciclo de talleres sobre escenarios territoriales de la cuenca del río Santa Lucía dentro de una Asistencia Técnica del BID, en las que participaron el MGAP, MIEM, MVOTMA, OPP, SNAAC, las intendencias departamentales de la Cuenca y la CCSL.

El Plan de Acción de segunda generación para la protección de la calidad ambiental de la cuenca del río Santa Lucía mantiene el objetivo del Plan original, centrado en mejorar la calidad de agua de dicha cuenca, con prioridad en los niveles de nutrientes.

Dado los avances realizados desde el 2013 y teniendo en cuenta la evaluación de mismos y el cúmulo de información recabada, el Plan de segunda generación integra ajustes a las medidas anteriores así como medidas y proyectos adicionales dirigidos a profundizar los siguientes aspectos:

²<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/plan-accion-santa-lucia-medidas-segunda-generacion>

³ La SNAACC fue creada por el artículo 33 de la ley 19.355 del 19 de diciembre de 2015 dependiente de la Presidencia de la República. Fue suprimida por el artículo 302 de la ley 19.889 del 2020 y sus recursos transferidos a la Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente.



a) Fortalecer las acciones dirigidas a disminuir el aporte de carga de nutrientes a la Cuenca del Santa Lucía, en particular la de tambos y los aportes de fuentes difusas. Dados los avances realizados a la fecha y el aporte relativo de cargas por sector de actividad, es prioritario abordar con más profundidad la disminución de los aportes de fuentes difusas.

b) Mejorar el grado de involucramiento y apropiación del sector productivo con las medidas. En particular se requerirá un mayor grado de involucramiento y apropiación de actores productivos que integran los eslabones de cada cadena asociada a los sistemas de producción asentados en la Cuenca para que efectivamente en los próximos años se pueda lograr un avance significativo en las medidas de reducción de fuentes difusas.

c) Contar con metas cuantitativas que permitan evaluar objetivamente los avances, las que deberán tener como eje metas asociadas a objetivos de calidad de agua intermedios para la cuenca, pero que a su vez están directamente relacionadas con metas asociadas a la reducción de aportes.

d) Mejorar el abordaje de estrategia de biodiversidad a efectos de considerar la integralidad del ecosistema hídrico y priorizar acciones tendientes a la conservación de la biodiversidad con foco a proteger la calidad del agua.

e) Mejorar el conocimiento y las capacidades predictivas para abordar la planificación de la Cuenca y hacer más efectivas las medidas.

f) Fortalecer los procesos de contralor y seguimiento para asegurar la efectividad de las acciones y facilitar los procesos de actualización del Plan.

El Plan de segunda generación se estructura en cuatro ejes estratégicos y cuatro programas que se detallan a continuación:

Eje 1: Asegurar la calidad del agua

Eje 2: Disminución de aportes

Eje 3: Protección y restauración ecosistémica

Eje 4: Mejora del conocimiento de la dinámica del sistema

Por cada eje estratégico, el Plan tiene un conjunto de medidas y proyectos, que serán acompañados de una serie de programas de carácter transversal. Para cada eje estratégico se definieron como medidas las que se derivaban del Plan de Acción original, con los ajustes correspondientes y las nuevas que implican una acción administrativa concreta predefinida tendiente a la protección del recurso o la ejecución de obras para mejorar la disponibilidad y calidad de agua potable.

P1: Programa de comunicación y gestión de la información

P2: Programa de seguimiento y control de las medidas del Plan

P3: Programa de evaluación de la calidad del agua

P4: Programa de educación y participación en la gestión sustentable del agua



HUMEDALES DEL SANTA LUCÍA

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° 33' 28.18" y 34° 52' 10.43" S, y entre las longitudes 56° 15' 46.83" y 56° 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).

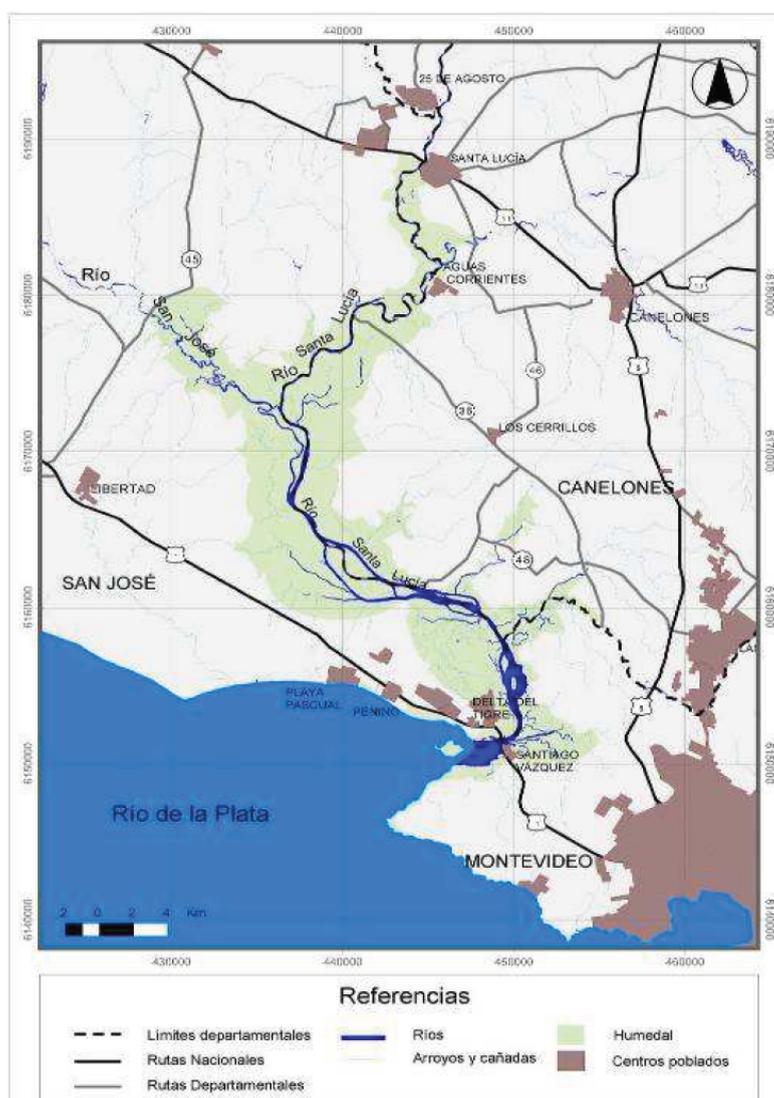


Figura 4. Desarrollo de los Humedales del Santa Lucía. Fuente: DINAMA – PNUD – GEF (2008)

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



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

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 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, Ituzaingó 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.



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). En el mismo se plantea el monitoreo de la calidad del agua con una frecuencia de 4 veces por año (estacional) y de los sedimentos superficiales dos veces por año (invierno y verano).



Figura 5. Humedales del Santa Lucía

En este informe se presentan los resultados correspondientes a las 4 campañas de muestreo realizadas en el año 2020. Las fechas se presentan en la Tabla 1.

Año	Fechas de muestreos
2020	26/2/20, 20/5/20, 28/7/20, 27/10/20

Tabla 1. Fechas de los muestreos en año 2020

Para el diseño de muestreo se tomó como base el curso principal del Río Santa Lucía en su tramo inferior y desembocadura, así como también dos sitios (C1 y C2) sobre uno de sus tributarios - el arroyo Colorado que atraviesa las ciudades de Las Piedras y La Paz - y también un sitio en la pista de regatas (SLU4), que recibe las aguas del A° San Gregorio el cual atraviesa varios barrios de Montevideo. En total se monitorean 10 puntos (Figura 2) cuyas coordenadas se presentan en la Tabla 2. Los muestreos se realizan con la colaboración de la Prefectura de Santiago Vázquez. 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 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.



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

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 espacial y temporalmente 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.

Para realizar la evaluación se utilizan una serie de parámetros que sirven como indicadores ambientales, herramientas utilizadas para realizar el seguimiento de la calidad del agua, la salud de los ecosistemas y su evolución en el tiempo.



Parámetros analizados y metodología utilizada

	AGUA	Método de referencia
Parámetros físico-químicos	pH	SMEWW, 23rd Ed. Met. 4500-H+ B.
	Conductividad	SMEWW, 23rd Ed. Met. 2510 B.
	Oxígeno Disuelto	SMEWW, 23rd Ed. Met. 4500-O G.
	Salinidad	SMEWW, 23rd Ed. Met. 2520 B.
	Temperatura	SMEWW, 23rd Ed. Met. 2550 B.
	Turbiedad	SMEWW, 23rd Ed. Met. 2130B
	Nitrógeno Total	Kalf & Bentzen, 1984; Valderrama, 1981
	Fósforo Total	Valderrama J.C. (1981) SMEWW, 23rd Ed. Met. 4500-P E
	Amonio	SMEWW, 23rd Ed. Met. 4500-NH3-F ASTM D 6919-03
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW, 23rd Ed. Met. 5210 B
	Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW, 23rd Ed. Met. 2540
	Cromo Total	SMEWW, 23rd Ed. Met. 3111
	Plomo Total	SMEWW, 23rd Ed. Met. 3111
	Parámetro microbiológico	Coliformes Fecales
Parámetro biológico	Clorofila <i>a</i>	SMEWW, 23rd 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)
SEDIMENTOS		
Parámetros Ecotoxicológicos	Vibrio fischeri	EPS (1992); SDI Microtox (2009)
	Cromo Total	EPA Method 3051 A SMEWW, 23rd Ed.. Mét. 3111 B.
	Plomo Total	EPA Method 3051 A SMEWW, 23rd Ed.. Mét. 3111 B.

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



Evaluación de los parámetros analizados

Para cada variable se presentan dos tipos de gráficos, uno con los resultados de los muestreos realizados en el 2020, presentados espacialmente para cada sitio y otro con gráficos de cajas y líneas (Box plot) en donde se representan para cada sitio el promedio 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.

En todos los análisis de agua se promedian los resultados de las muestras extraídas en superficie y en profundidad.

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).

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 (NT) y Clorofila *a* (*Clo a*), que no están contempladas en el anterior Decreto, se evalúan de acuerdo a los límites propuestos en la Mesa Técnica del Agua (Mesa Técnica de Agua MVOTMA DINAMA, 2017) para cursos de agua mayores a orden 3 (método basado en la cantidad de afluentes. (Strahler, 1957). Para la evaluación Ecotoxicológica, como se mencionó en el párrafo anterior, se utiliza el criterio adoptado por MVOTMA (2017, 6059UY).

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

Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos

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	mg/L	Máx. 0.03			
Cromo Total	mg/L	Máx. 0.05			
		Bueno	Aceptable	No Aceptable	
Nitrógeno Total	mg/L	≤0.65	0.66-1.00	>1.00	Mesa Técnica de Agua (MVOTMA DINAMA 2017)
Clorofila a	µg/L	≤8	8.1-25	>25	

Bioensayos

	Valor/ Categoría					Referencia
	No Tóxico	Levemente Tóxico	Moderadamente Tóxico	Tóxico	Muy Tóxico	
Concentración Letal 50%	CL50 ≥ 100	75 < CL50 < 100	50 < CL50 ≤ 75	25 < CL50 ≤ 50	CL50 ≤ 25	MVOTMA (2017, 6059UY)
Unidad de Toxicidad	UT ≤ 1	1,0 < UT < 1,33	1,33 ≤ UT < 2	2 ≤ UT < 4	UT ≥ 4	

Tabla 4. Normativas y valores de referencias utilizados.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

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: "Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life", en donde se establecen dos niveles de concentración, ISQG (Interim Sediment Quality Guidelines) y PEL (Probable Effect Levels), 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

Concentraciones raramente asociadas a efectos adversos	Concentraciones ocasionalmente asociadas a efectos adversos	Concentraciones frecuentemente asociadas a efectos adversos
Pb (mg/kg)		
< 35,0	> 35,0 < 91,3	> 91,3
Cr (mg/kg)		
< 37,3	> 37,3 < 90,0	> 90,0

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

i. Asociados a fenómenos eutróficos

Nitrógeno Total (NT)

El nitrógeno es uno de los principales componentes de la vida acuática (principalmente para las algas y plantas) y se encuentra presente de forma natural bajo diferentes formas (NH_4^+ , NH_3 , NO_2^- , NO_3^-). En bajas concentraciones puede actuar como limitante para la vida pero en exceso puede ser perjudicial para el equilibrio del ambiente. Ingresa al medio acuático de forma natural



(lluvias, aire) o de forma antropogénica con aportes puntuales (caños, vertederos, etc) o aportes difusos (escorrentía). El Nitrógeno Total es un indicador ampliamente utilizado en muestras de agua ya que refleja la suma del N en todas sus formas. Dependiendo de la fuente de N, la asimilación requiere de varias etapas para reducirlo (nitrato reductasa y nitrito reductasa, para formar finalmente amonio). El NH_4^+ es entonces la fuente de N energéticamente menos costosa de asimilar y por eso de gran importancia en el estudio de las floraciones.

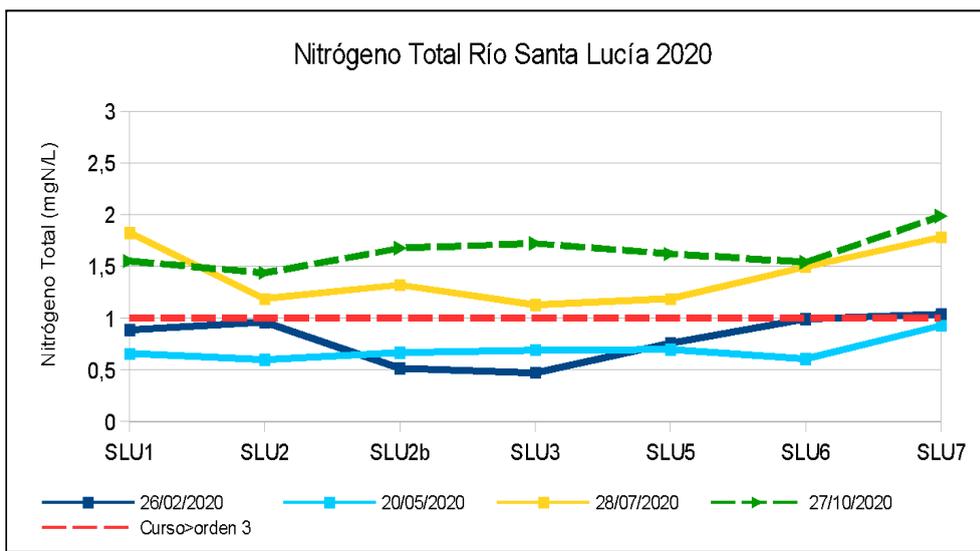


Figura 8. Nitrógeno Total Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020. La línea roja punteada representa el valor de 1,0 mg N/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

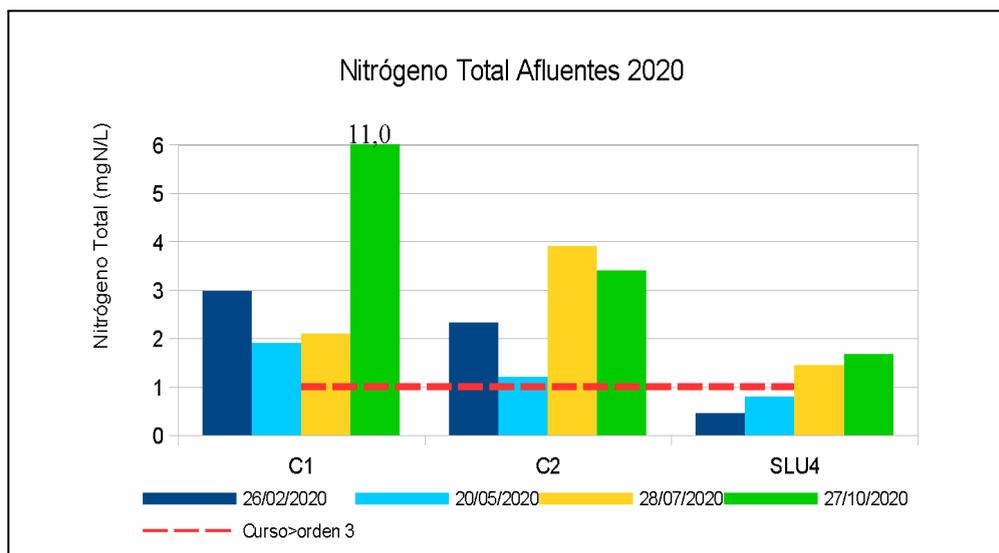


Figura 9. Nitrógeno Total Afluentes del Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020. La línea roja punteada representa el valor de 1,0 mg N/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

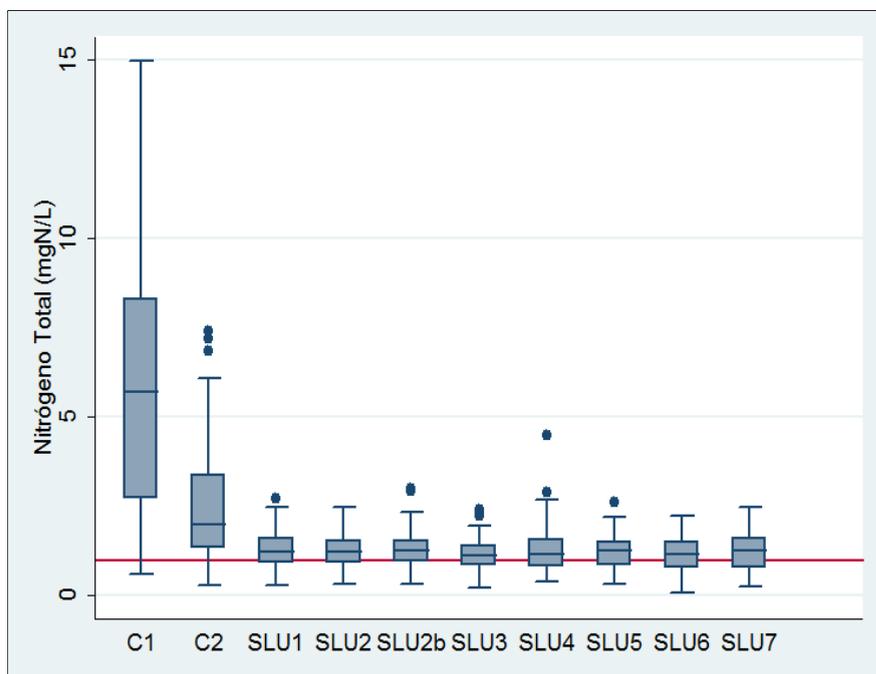


Figura 10. Nitrógeno Total. Río Santa Lucía y afluentes en todos los muestreos 2009 - 2020. La línea roja representa el valor de 1,0 mg N/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

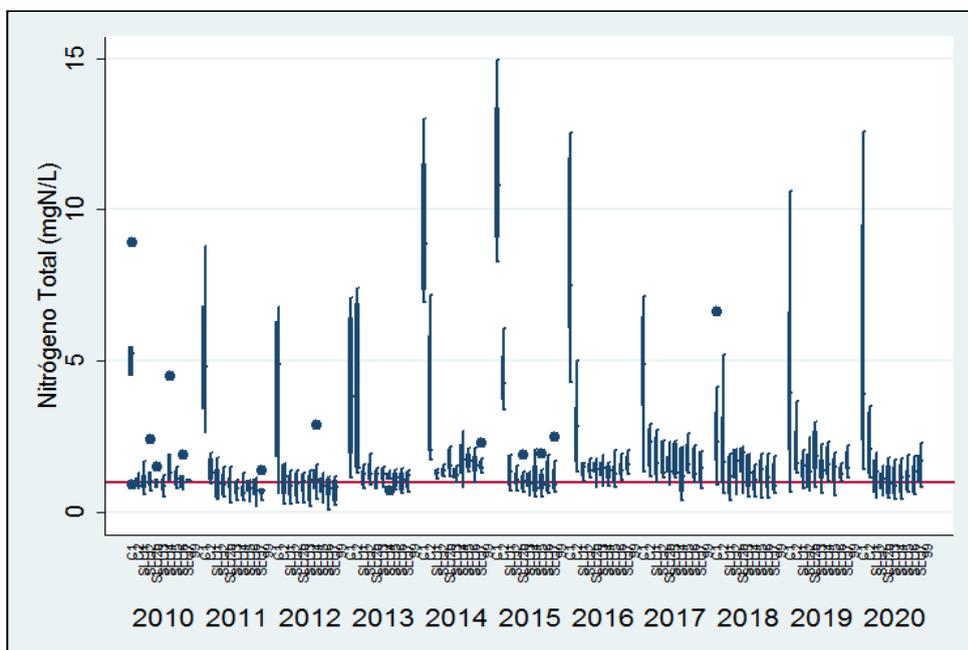


Figura 11. Nitrógeno Total Río Santa Lucía y afluentes (años y sitios) período 2010 - 2020. La línea roja representa el valor de 1,0 mg N/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Durante el año 2020 en los muestreos realizados en julio y octubre, se superó el límite para todos los puntos estudiados. En los muestreos realizados en los meses de febrero y mayo, en el cauce del Río Santa Lucía no se superó el límite del valor guía; en los afluentes solamente SLU4 estuvo por debajo del valor de referencia.

El valor mínimo fue de 0,42 y el máximo de 12,58 mgN/L en C1 superficie (promedio de 11 entre superficie y profundidad).

Amonio-Amoniaco

Todos los resultados de Amonio obtenidos fueron menores que 0.2mg/L, a excepción de los del muestreo del 26/2 que fueron menores que 0.5 mg/L. A su vez, el 28/7/20 se obtuvo un valor puntual de 0,36 mgN/L. Ninguno de esos valores superaría el límite de 0,02 mg/L de Amoníaco libre.

El único valor que supera ese límite establecido fue el 27/10/20 en C1 con 0,082 mgN/L

Fósforo Total (PT)

El aumento de la carga de nutrientes en los sistemas acuáticos genera un marcado incremento de la abundancia de productores primarios, o sea plantas acuáticas, algas y/o cianobacterias. Estas cargas son evaluadas a partir del principal indicador utilizado hoy en día, el Fósforo Total.

El fósforo, al igual que el nitrógeno, es el principal factor limitante de la productividad de los seres vivos que habitan en el medio acuático y es el principal responsable de la eutrofización de los ecosistemas.

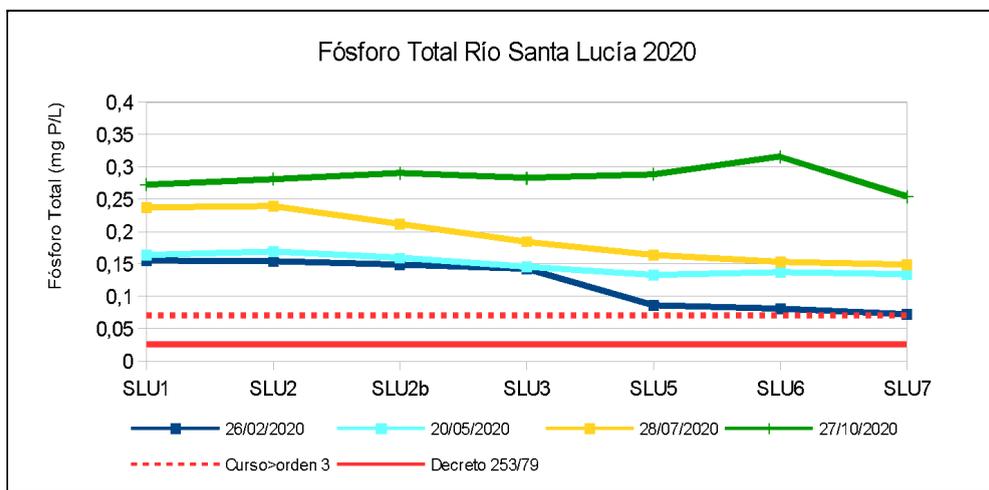


Figura 12. Fósforo Total Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020. La línea roja continua representa el valor de 0,025mg/L, límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3 y la línea roja punteada representa el valor de 0,07mg/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

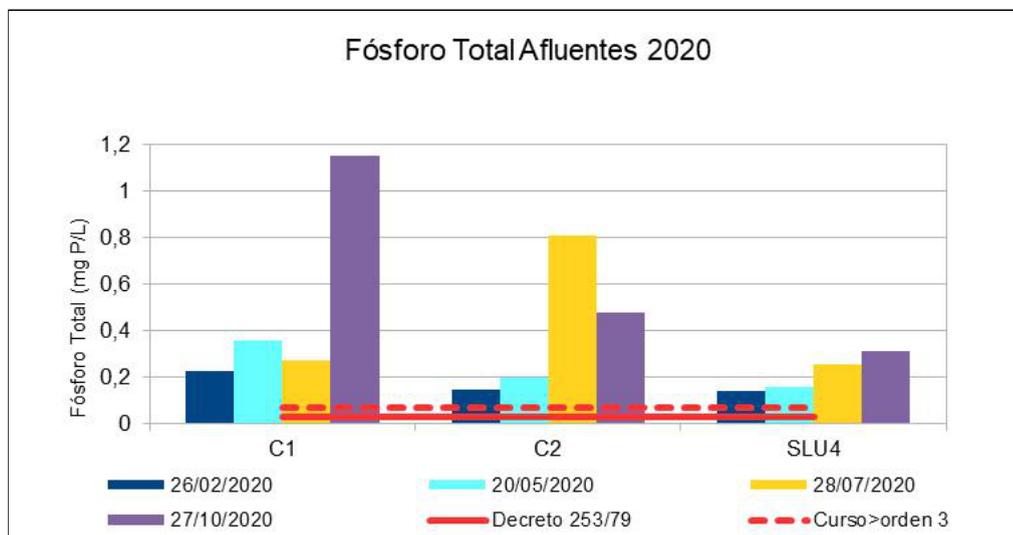


Figura 13. Fósforo Total Afluentes del Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020. La línea roja continua representa el valor de 0,025 mg P/L, límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3 y la línea roja punteada representa el valor de 0,07 mg P/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

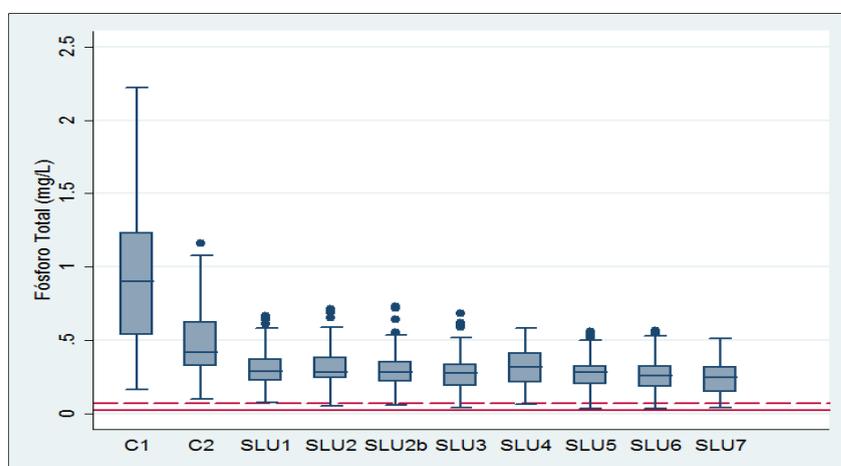


Figura 14. Fósforo Total Río Santa Lucía y afluentes en todos los muestreos 2009-2020. La línea roja continua representa el valor de 0,025mg/L, límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3 y la línea roja punteada representa el valor de 0,07 mg/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

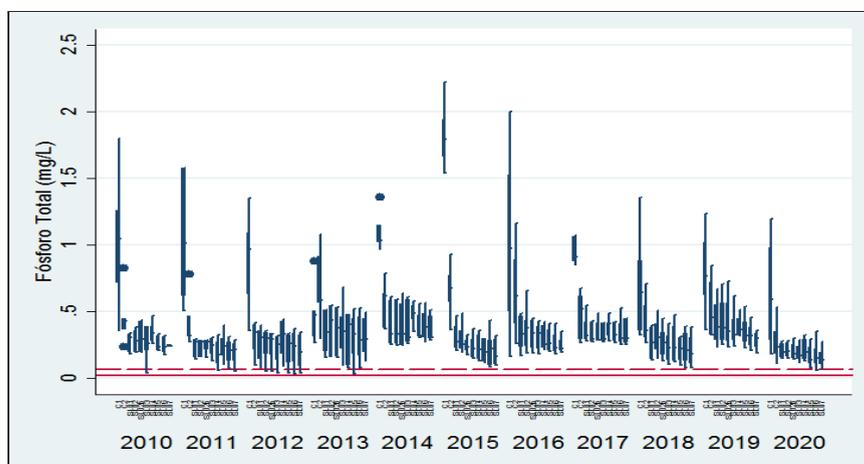


Figura 15. Fósforo Total Río Santa Lucía y afluentes (años y sitios) período 2010 - 2020. La línea roja continua representa el valor de 0,025mg/L, límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3 y la línea roja punteada representa el valor de 0,07 mg/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

El valor mínimo para este período fue de 0,061 y el máximo de 1,196 mgP/L el 27/10 (C1 profundidad).

En el 2020, la concentración de PT, tanto en el SL como en los afluentes, superan ampliamente el límite establecido en el Decreto 253/79 para la clase 3 (0,025 mg P/L) al igual que el límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua.

Índice del Estado Trófico

Este índice (Lamparelli, 2004) 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 y por ende 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	
Oligotrófico	47 < IET = 52	
Mesotrófico	52 < IET = 59	
Eutrófico	59 < IET = 63	
Supereutrófico	63 < IET = 67	
Hipereutrófico	> 67	

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

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
SLU1	SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO
SLU2	SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER	EUTRO						
SLU2b	SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO
SLU3	EUTRO	EUTRO	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO
SLU4	SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO
SLU5	EUTRO	EUTRO	EUTRO	EUTRO	SUPER	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO
SLU6	EUTRO	EUTRO	EUTRO	EUTRO	SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO
SLU7	EUTRO	EUTRO	EUTRO	SUPER	SUPER	EUTRO	EUTRO	SUPER	EUTRO	SUPER	EUTRO
C1	HIPER	HIPER	HIPER	SUPER	HIPER	HIPER	HIPER	HIPER	HIPER	HIPER	SUPER
C2	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER	HIPER	HIPER	SUPER	SUPER	SUPER	SUPER

Tabla 7. Evaluación del Índice de Estado Trófico de todos los sitios de muestreo en el período 2010 - 2020

Se observa que en todos los años de monitoreo, el sitio con peores condiciones de IET es el C1 (Hipereutrófico).

Clorofila a (Clo a)

La clorofila a es el principal pigmento presente en las algas y cianobacterias que realizan fotosíntesis para su crecimiento y es por ello que su medición se utiliza como indicador indirecto de la concentración de estos organismos en el medio acuático. Puede utilizarse como indicador del estado trófico, considerando otros parámetros asociados.

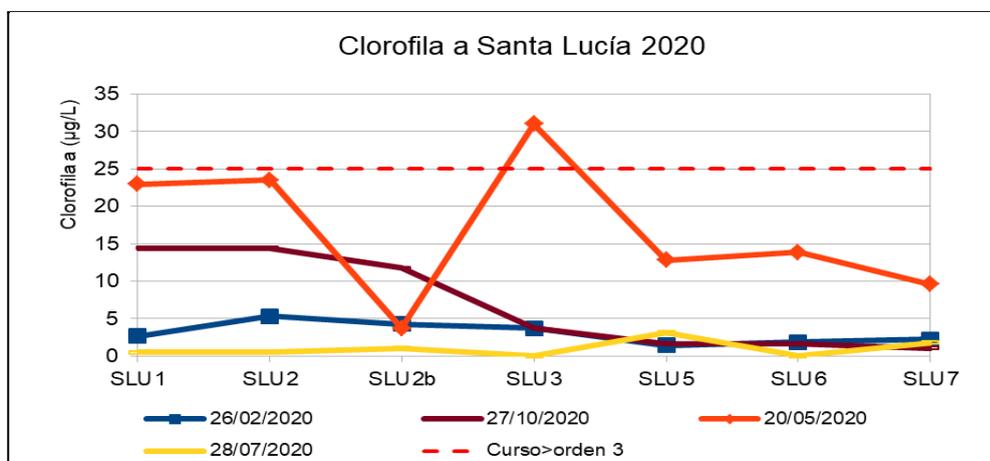


Figura 16. Clorofila a Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020. La línea roja punteada representa el valor de 25 µg/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

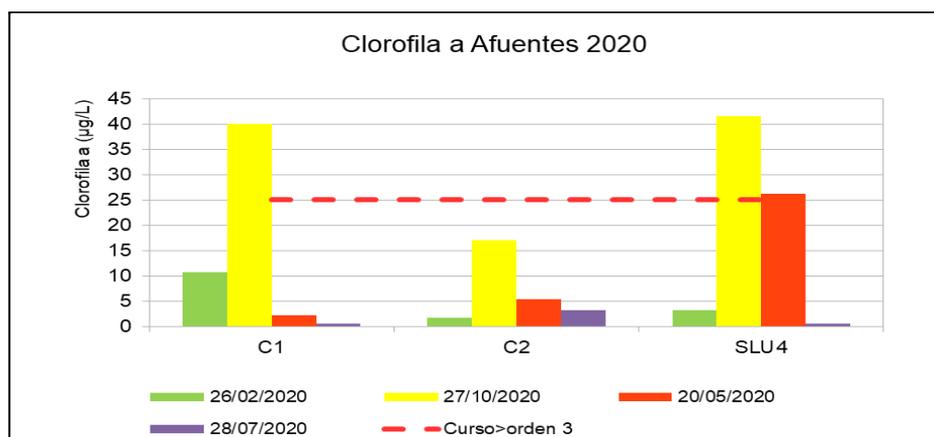


Figura 17. Clorofila a en los Afluentes del Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020. La línea roja punteada representa el valor de 25 µg/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

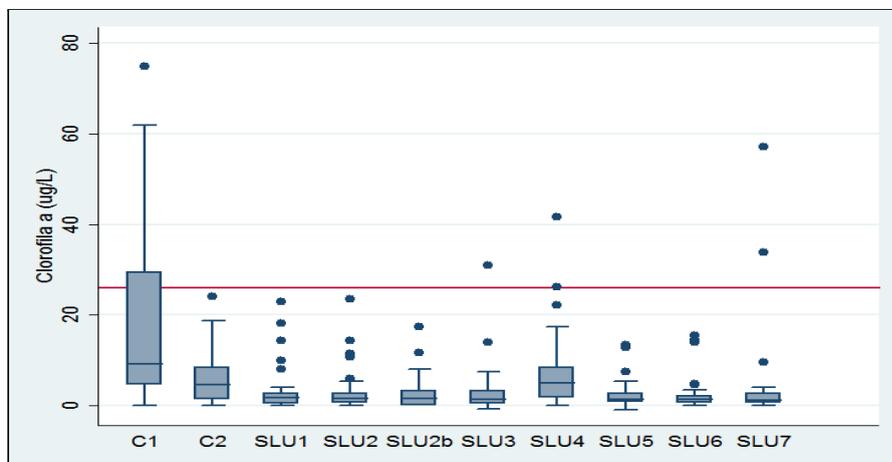


Figura 18. Clorofila a Río Santa Lucía y afluentes en todos los muestreos 2009-2020. La línea roja punteada representa el valor de 25 µg/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

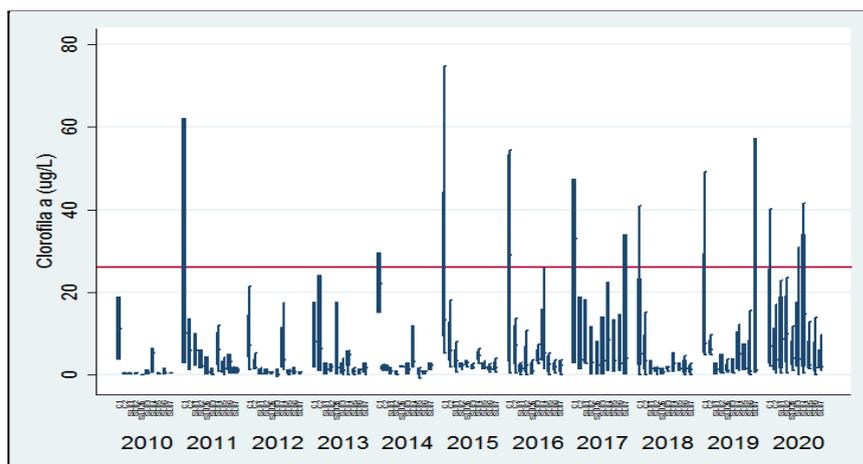


Figura 19. Clorofila a Río Santa Lucía y afluentes (años y sitios) período 2010 - 2020. La línea roja punteada representa el valor de 25 µg/L, límite propuesto en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

El mínimo valor registrado fue de 0 y el máximo de 41,6 µg/L en SLU4.

Todos los valores de clorofila a en el Río Santa Lucía (excepto uno en SLU3 en mayo) estuvieron por debajo del límite exigido en la Mesa Técnica del Agua para cursos mayores a orden 3.

En los afluentes, este límite se superó en C1 y SLU4.



ii. Otros parámetros (microbiológicos y fisicoquímicos)

Coliformes fecales (CF)

Los coliformes fecales son un grupo de bacterias gram negativas muy utilizados para poder caracterizar un ambiente acuático por su posible presencia de contaminación de origen fecal. Estas están presentes en el intestino de organismos de sangre caliente y dentro de estos, *E. Coli* es la especie que mejor indica la contaminación fecal y la posible presencia de patógenos entéricos.

La Clase 3 del Decreto 253/79 exige no exceder el límite puntual de 2000 ufc/100 mL en ninguna de al menos 5 muestras. En las Figuras 20 y 21 se indican los valores registrados durante los muestreos realizados en el año 2020 y en las figuras 22 y 23 se representa el promedio de todos los datos recabados desde el inicio del monitoreo.

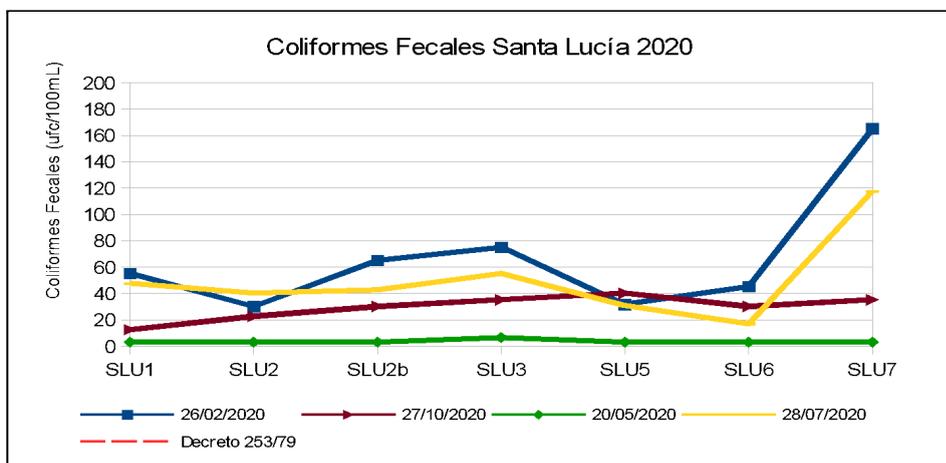


Figura 20. Coliformes Fecales en Río Santa Lucía, valores puntuales en los muestreos del año 2020.

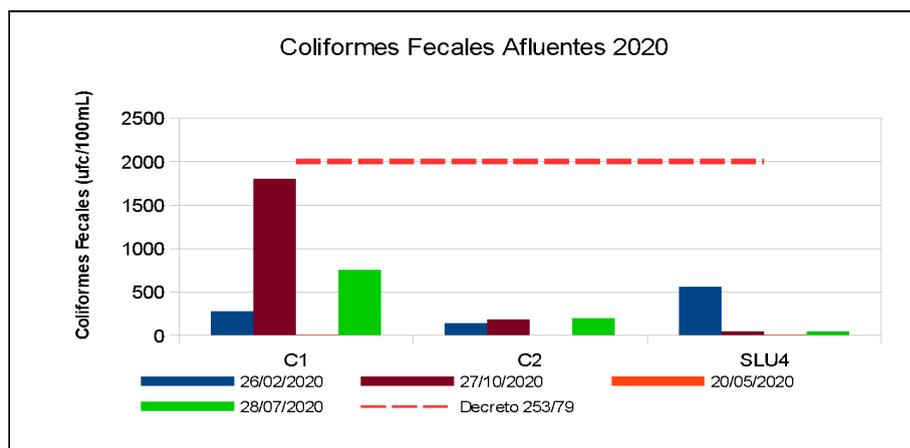


Figura 21. Coliformes Fecales en Afluentes del Río Santa Lucía, valores puntuales en los muestreos del año 2020. La línea roja punteada indica el valor máximo (2000 ufc/100mL) límite establecido en el Decreto



253/79 para la Clase 3.

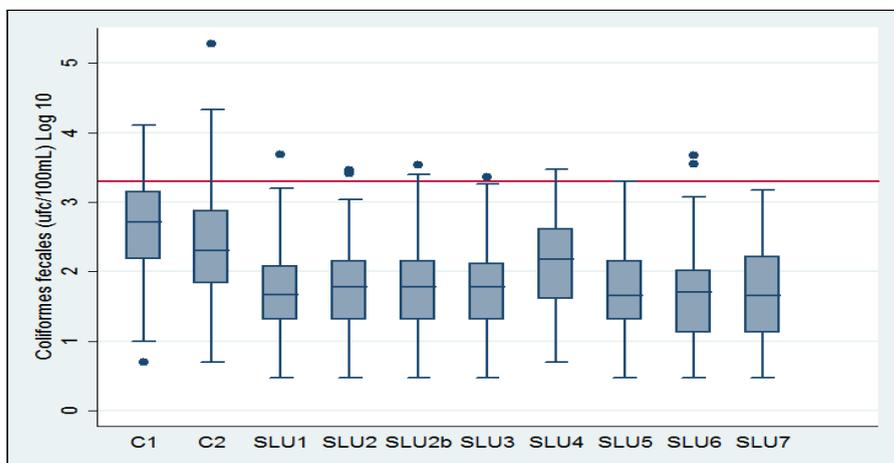


Figura 22. Coliformes Fecales en Río Santa Lucía y Afluentes en todos los muestreos 2009 - 2020. La línea roja indica el valor máximo (2000 ufc/100mL), límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

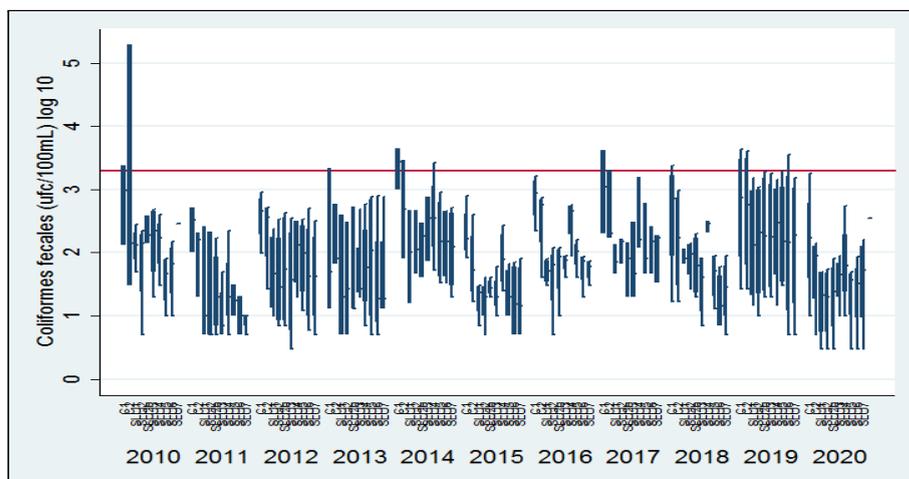


Figura 23. Coliformes Fecales en Río Santa Lucía y afluentes (años y sitios) período 2010 - 2020. La línea roja indica el valor máximo (2000 ufc/100mL), límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

En todos los muestreos del año 2020 no se superó en ninguna muestra (Santa Lucía y Afluentes) el valor límite de 2000 ufc/100mL siendo el valor máximo registrado de 1800 en C1 superficie y profundidad.

Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto en el agua brinda información directa sobre la calidad de la misma y su concentración es determinante para la vida en el medio acuático.



Varios factores pueden influir en la disminución del contenido de oxígeno en el medio como ser: presencia de materia orgánica, aumento de temperatura, presencia de algas y plantas acuáticas, oxidación por contaminantes etc.

Es un indicador de la carga orgánica del sistema y por ende su estado de salud.

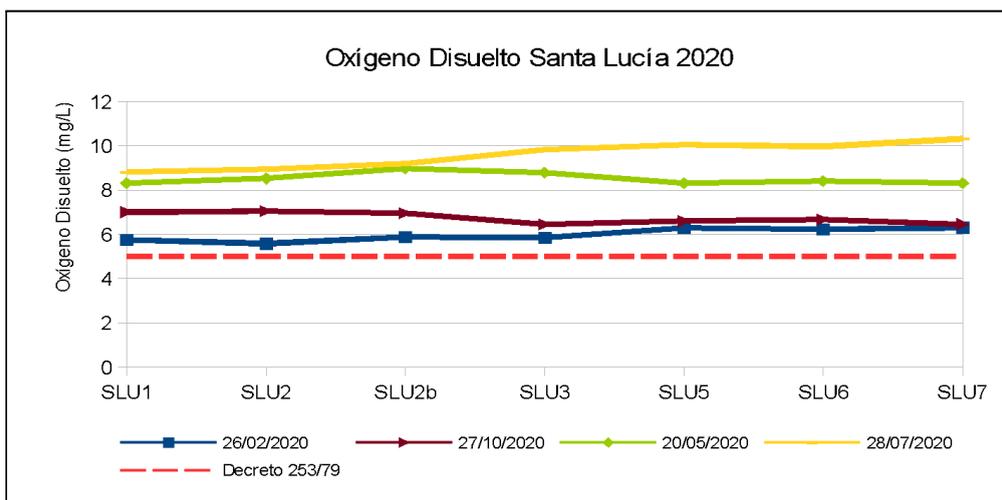


Figura 24. Oxígeno Disuelto en Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020. La línea roja punteada indica el valor mínimo (5 mg/L) límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

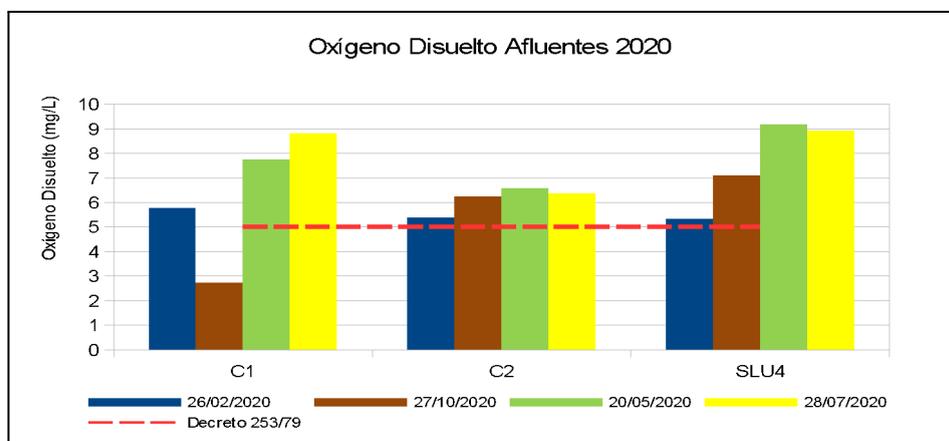


Figura 25. Oxígeno Disuelto en Afluentes del Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020. La línea roja punteada indica el valor mínimo (5 mg/L) límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

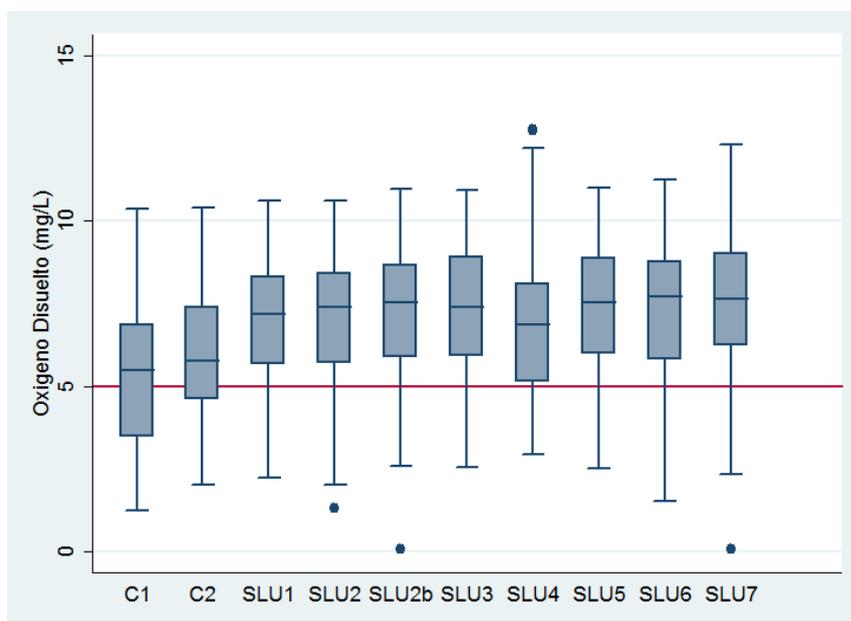


Figura 26. Oxígeno Disuelto en Río Santa Lucía y Afluentes en todos los muestreos 2009 - 2020. La línea roja indica el valor mínimo (5 mg/L), límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

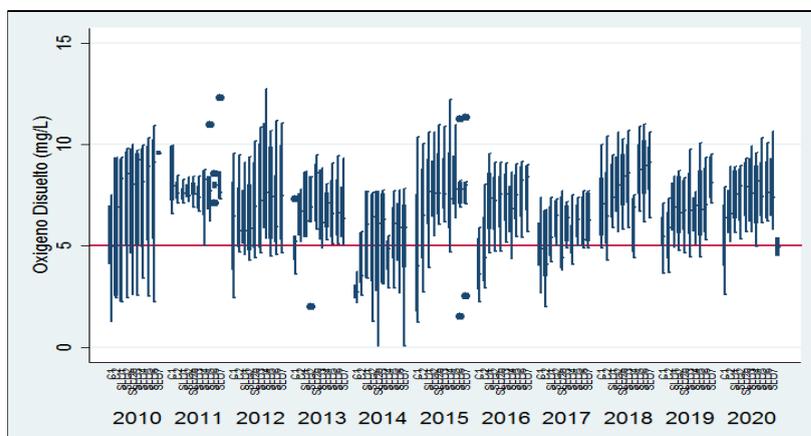


Figura 27. Oxígeno Disuelto en Río Santa Lucía y afluentes (años y sitios) período 2010 - 2020. La línea roja indica el valor mínimo (5 mg/L), límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

En los muestreos del año 2020, los valores de oxígeno en el Río Santa Lucía se encontraron todos aceptables de acuerdo a la reglamentación, excepto algunos medidos en C1, C2 y SLU4. El valor mínimo registrado fue de 2,6 mg/L (C1 fondo) el 27/10 y el máximo de 10,6 mg/L (SLU7 Sup) el 28/7.



DBO

Todos los resultados de DBO son menores que 3 mg/L, lo que implica que no alcanzan a superar la normativa de referencia.

pH

El pH es una medida que refleja la concentración de iones H⁺ y OH⁻ y es muy utilizado para determinar la calidad de un curso de agua.

En general, en las aguas naturales el pH varía entre 6 y 9 y sus fluctuaciones pueden ser debidas a diversos factores como ser: temperatura, descomposición de la materia orgánica, desechos de agricultura, drenajes ácidos o sitios eutrofizados debido a la alta tasa de fotosíntesis producida por las floraciones de algas y cianobacterias.

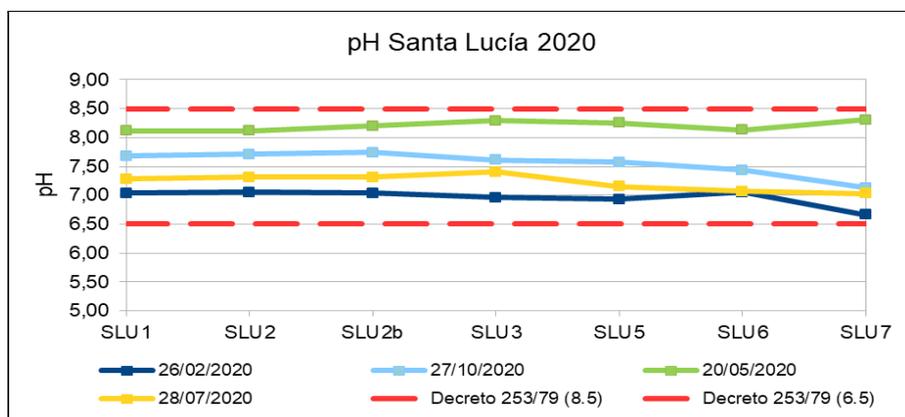


Figura 28. pH en Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020. Las líneas rojas punteadas indican el valor mínimo (6,5) y el máximo (8,5) límites establecidos en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

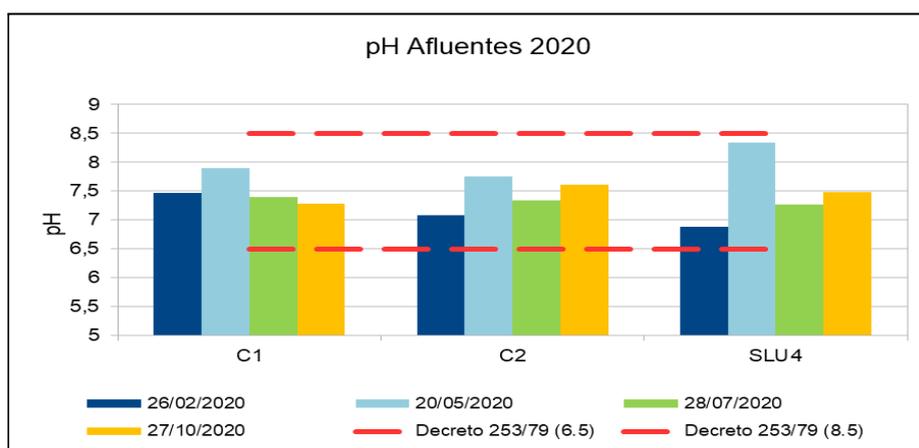


Figura 29. pH en Afluentes del Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020. Las líneas rojas punteadas



indican el valor mínimo (6,5) y el máximo (8,5) límites establecidos en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

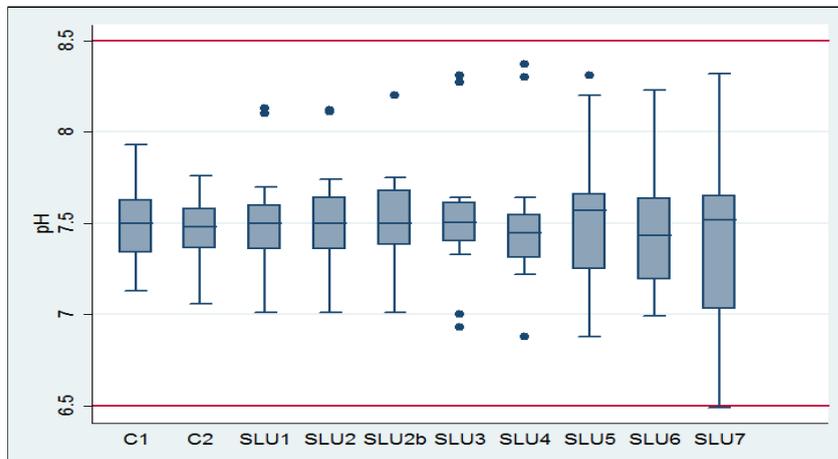


Figura 30. pH en Río Santa Lucía y Afluentes en todos los muestreos 2009 - 2020. Las líneas rojas indican el valor mínimo (6,5) y el máximo (8,5), límites establecidos en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

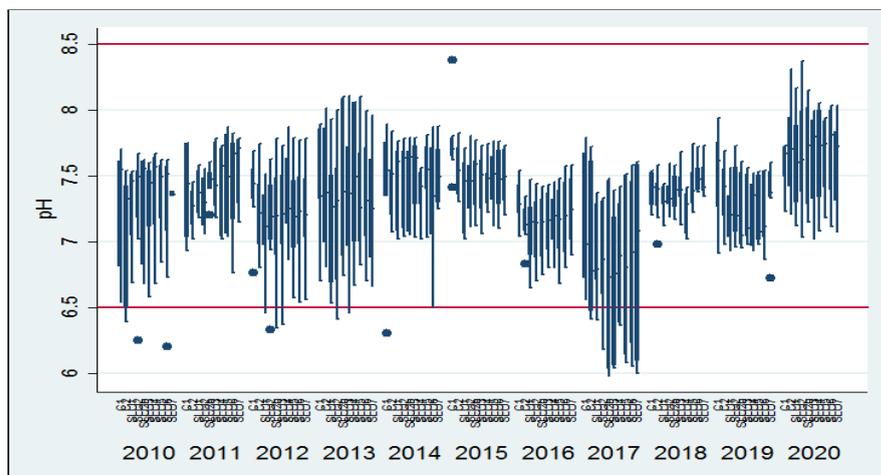


Figura 31. pH en Río Santa Lucía y afluentes (años y sitios) período 2010 - 2020. Las líneas rojas indican el valor mínimo (6,5) y el máximo (8,5), límites establecidos en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

El mínimo registrado en el 2020 fue de 6,49 en SLU7 Superficie (el promedio entre superficie y profundidad 6.7) el 26/2 y un máximo de 8,37 en SLU4 Superficie el 20/5.

En su mayoría, todos los valores se encuentran dentro de los límites establecidos, sin embargo se puede observar que hay, en determinadas situaciones históricas (año 2017), valores que estuvieron por debajo del límite inferior de la exigencia.



**Intendencia
Montevideo**

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 iones.

Los factores que modifican la conductividad pueden ser el ingreso de agua salada en el caso estar cerca de un estuario, presencia de contaminantes con el aumento de la carga de iones entre otros.

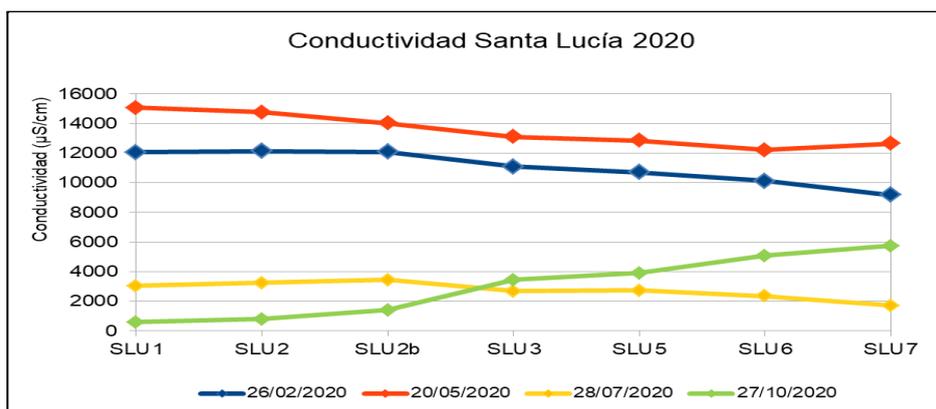


Figura 32. Conductividad en Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020.

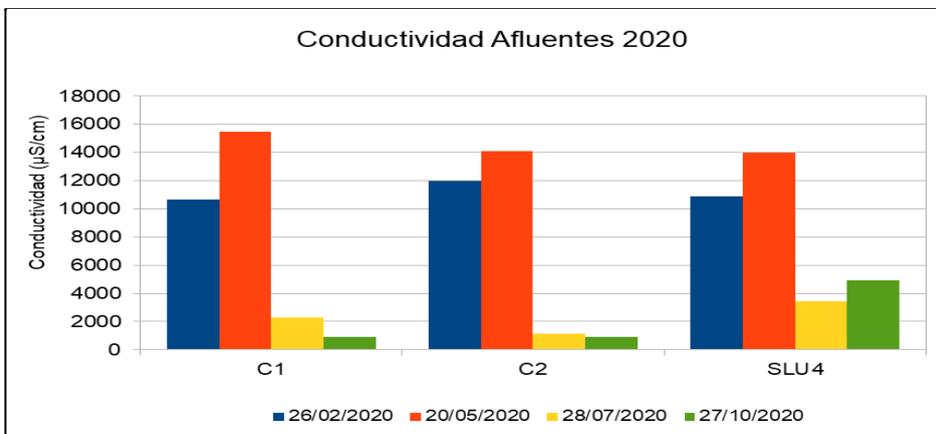


Figura 33. Conductividad en Afluentes del Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020.

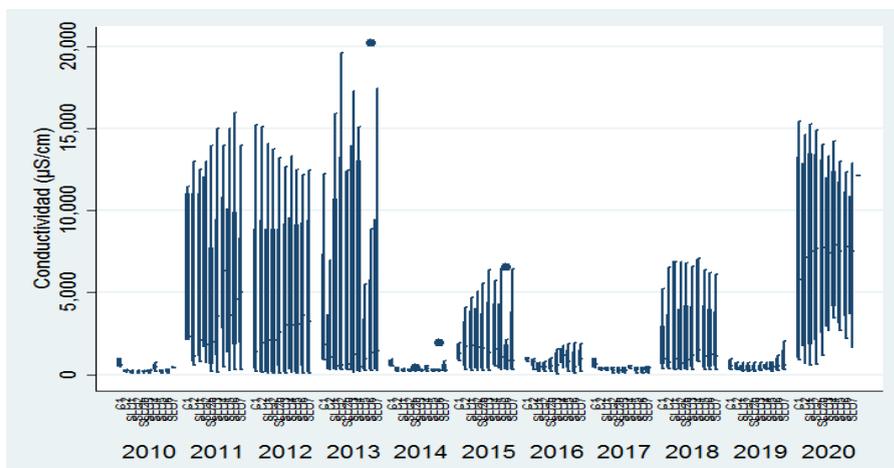


Figura 34. Conductividad en Río Santa Lucía y afluentes (años y sitios) período 2010 – 2020.

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.

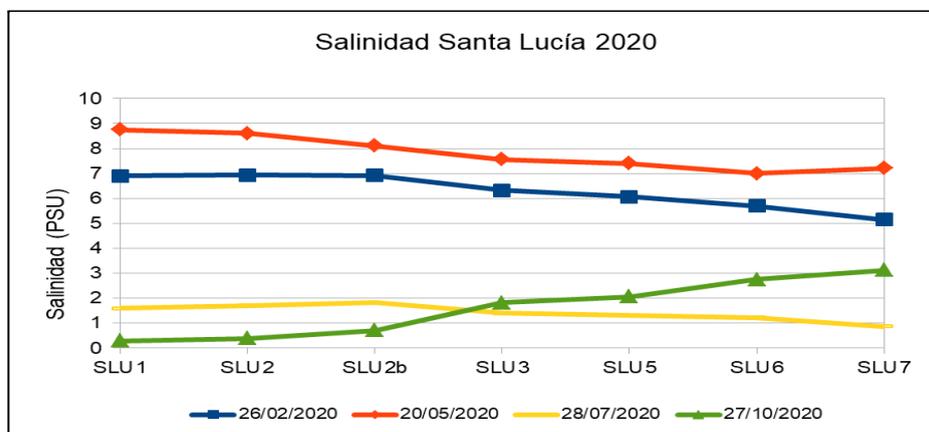


Figura 35. Salinidad en Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020.

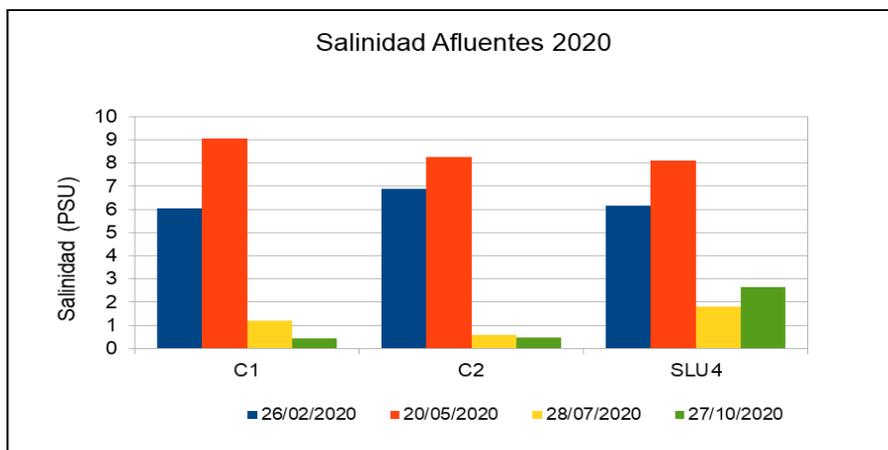


Figura 36. Salinidad en Afluentes del Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020.

Los valores de conductividad y salinidad registrados en los muestreos del 2020 indican que en febrero y mayo disminuyen hacia la desembocadura y en julio y octubre aumenta. Esto indica que en el primer caso, agua salada quedó atrapada en el río Santa Lucía y afluentes cuando ingresó agua dulce al Río de la Plata y en el segundo caso ocurre la situación inversa.

Turbiedad

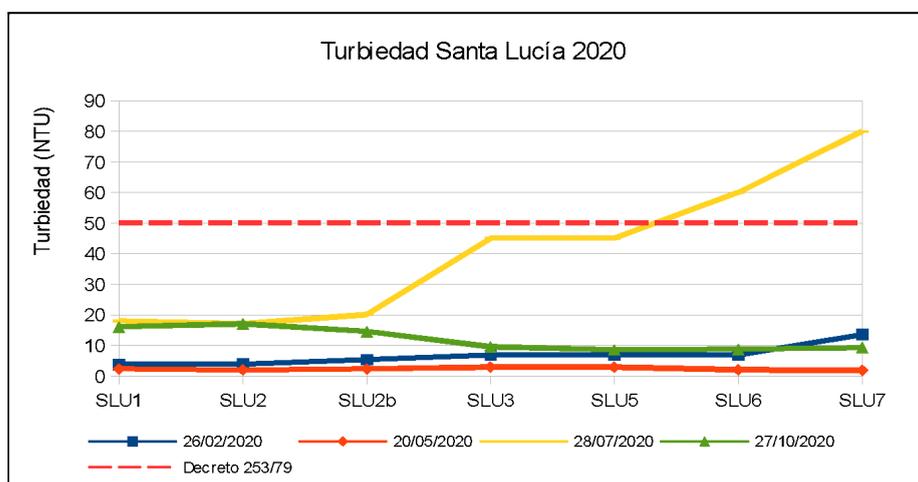


Figura 37. Turbiedad en Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020.

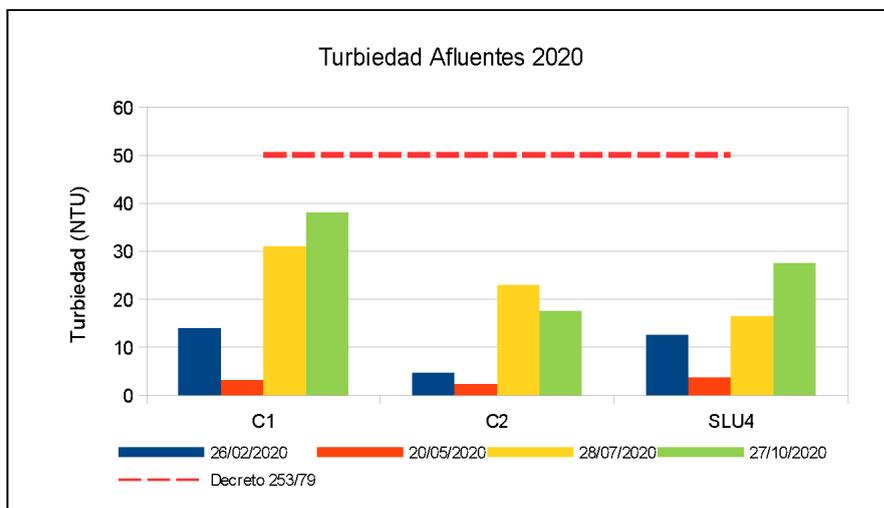


Figura 38. Turbiedad en Afluentes del Río Santa Lucía en los muestreos del año 2020.

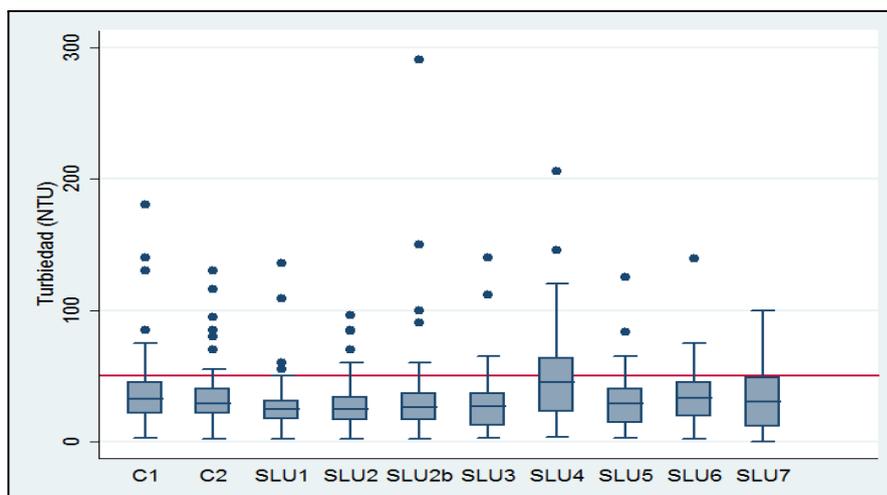


Figura 39. Turbiedad en Río Santa Lucía y Afluentes en todos los muestreos 2009 - 2019. La línea roja indica el valor de 50 NTU, límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

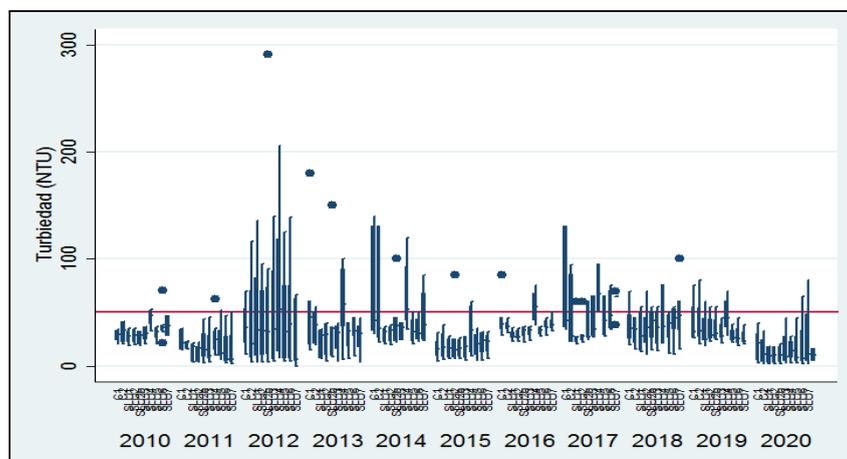


Figura 40. Turbiedad en Río Santa Lucía y afluentes (años y sitios) período 2010 – 2020

En los muestreos del año 2020 se registró un mínimo de 1,7 el 20/5 en SLU7 Superficie y un máximo de 80 NTU el 28/7 en SLU7 Superficie.

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

Metales pesados (plomo y cromo)

Todos los valores de Plomo y Cromo en agua son menores que 0.03 y 0.01 mg/L respectivamente, encontrándose todos por debajo de la normativa de referencia.

iii. Bioensayos

Los bioensayos son una herramienta ecotoxicológica que permite determinar el riesgo por agentes contaminantes, conocidos o no, que se encuentran en el ambiente. Por tanto, permiten evaluar los efectos de las sustancias tóxicas, estén o no identificadas, sobre la biota. 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, en lo posible de niveles tróficos y hábitat diferentes.

Los organismos utilizados en los bioensayos del presente estudio son: *Vibrio fischeri* (bacteria), *Hydra attenuata* (cnidario) 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 materia orgánica.

Resultados

En las muestras analizadas durante el año 2020 solamente se registraron niveles de toxicidad con el ensayo de Hydra, siendo dicho registro en el sitio C1 del arroyo Colorado en agua, por lo que en una valoración general de los resultados se confirma que los sitios relevados del humedal del río Santa Lucía no presentan toxicidad aguda o la presentan de forma ocasional.

Resultados analíticos en sedimentos

Metales Plomo y Cromo

Una de las principales causas del impacto antrópico es el vertido de compuestos contaminantes que pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos. Dentro de estos últimos se encuentran los metales pesados, que pueden ingresar al sistema mediante vertido industrial, agrícola y doméstico, deposición atmosférica o por escorrentía desde la cuenca. El material particulado en suspensión transporta estos compuestos desde la columna de agua hacia los sedimentos de fondo.

El sedimento se caracteriza por tener la capacidad de acumular (dependiendo de la zona) actuando como depósito final del sistema, por ello son muy utilizados para poder determinar la condición ambiental y los procesos que allí ocurren.

A su vez, los sedimentos pueden ser considerados fuente de contaminación, debido a que pueden liberar contaminantes, según las condiciones hidrodinámicas y potencial redox del ambiente.

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.

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

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.

De todas las campañas de muestreo de sedimentos realizadas en el período 2009 – 2020, surge que los valores promedio de cromo y plomo en todos los sitios se encuentran por debajo del ISQG (Tabla 8).

Sólo en tres oportunidades puntuales en cromo se superó dicho valor: en SLU1 el 26 de junio de 2013 donde se obtuvo un valor de 42 mg/kg, en SLU7 el 23 de julio de 2015 también con 42 mg/kg y el 16 de agosto de 2016 también en SLU7 donde el valor puntual fue de 39 mg/kg.



	SLU1	SLU2	SLU2b	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	C1	C2
Pb (mg/kg)	6,8	6,0	3,4	5,0	9,3	9,2	6,2	4	7	6
Cr (mg/kg)	19,5	15,9	9,5	14,4	19,6	20,2	18,2	17,2	14,5	16,8

Tabla 8. Arriba: Resultados promedio de Pb y Cr de los sedimentos.

Análisis realizados fuera del monitoreo de rutina

De forma de estudiar cómo afectan los lodos de potabilización la calidad del agua de los humedales, el 26/2/20 se tomaron muestras para el análisis puntual de aluminio en agua y sedimento en los sitios SLU1 y SLU5. Los mismos fueron analizados en un laboratorio privado (Ecotech) y los resultados se presentan en la Tabla 9.

Sitio/Matriz	Agua	Sedimento
SLU1	<0,05 mgAl/L	13526 mg Al/kg
SLU5	<0,05 mgAl/L	16288 mg Al/kg

Tabla 9. Resultado de los análisis de Aluminio en agua y sedimento realizados en el Río Santa Lucía (SLU1 y SLU5). Límite de detección agua: 0,05. Límite de cuantificación agua: 0,2

Si bien se detecta concentración de Aluminio en los sedimentos, este componente no pasa a la matriz agua.

CONCLUSIONES

En general el comportamiento del curso de agua es variable en los distintos momentos del año y a lo largo del cauce. En esto se observa un comportamiento marcadamente diferenciado en los punto C1 y C2 y se puede ver que son los que se encuentran más afectados y que presentan mayor frecuencia de incumplimiento de la normativa aplicada para su evaluación.

Como resumen de los distintos parámetros estudiados:

El Nitrógeno Total en la mayoría de los sitios evaluados supera el límite de referencia y son los sitios C1 y C2 en donde se alcanza las mayores concentraciones.

Se detectó la presencia de Amoníaco Libre (NH₃) en el sitio C1 en el muestreo de octubre.

El Fósforo Total supera ampliamente 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. Se puede observar un leve descenso de esta variable este último año viéndose reflejado en la disminución del Índice de Estado Trófico (IET), pasando de Supereutrófico a



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Eutrófico en la mayoría de los casos.

La clorofila *a* (indicador indirecto de presencia de algas y cianobacterias) superó el límite establecido principalmente en los sitios C1, C2 y SLU4. Esta fluctúa principalmente dependiendo de la concentración de algas.

Los valores de coliformes fecales en las muestras del año 2020 estuvieron todas por debajo del límite puntual exigido por la normativa de referencia. Asimismo, esta variable se comporta de forma similar con valores por debajo de 2000. Se aprecian este año valores levemente inferiores al de años anteriores.

La turbiedad del sistema depende principalmente de los sedimentos en suspensión, por eso, es muy frecuente medir valores que superan el límite del Decreto.

Los niveles de cromo y plomo presentes en agua y sedimentos son aceptables para la normativas aplicadas.

En cuanto a los bioensayos realizados en una valoración general se confirma que los sitios relevados del humedal del río Santa Lucía no presentan toxicidad aguda o la presentan de forma ocasional.



BIBLIOGRAFÍA

Cacho, C., Rodríguez, A., Risso, J., Sienna, D., Saona, G. & Yafalian, M. 2016. Programa de monitoreo de cuerpos de agua de Montevideo. Informe Anual 2016. Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental; Departamento de Desarrollo Ambiental; Intendencia de Montevideo.

Castillo-Morales, G. (Ed.) Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. México: IMTA, 2004. Canadá: IDRC, 2004;189 pp.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) (1995) ,*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life* <http://cegg-rcqe.ccme.ca/download/en/226>

Diaz-Baez, M.C. & Perez, J.B. 2000. Intralaboratory experience with a battery of bioassays: Colombia experience. *Environmental Toxicology* 15(4): 297-303.

Environment Canada. Biological test method: Toxicity test using luminescent bacteria. Report EPS 1/RM/24; november 1992. 55p.

Espínola, J.C., Saona, G. & Arriola, M. 2005. Evaluación de la toxicidad de las principales cuencas hídricas del departamento de Montevideo. *AMBIOS* . (año 5; nº 15; 15-22) (año 5; nº 16; 19-23).

Guilhermino, L., Diamantino, T., Silva, M.C. & A. M. V. M. Soares, A.M.V.M. 2000. Acute Toxicity Test with *Daphnia magna*: An Alternative to Mammals in the Prescreening of Chemical Toxicity? *Ecotoxicology and Environmental Safety* 46: 357-362.

Karntanut, W. & Pascoe, D. 2002. The toxicity of copper, cadmium and zinc to four different Hydra (Cnidaria: Hydrozoa). *Chemosphere* 47: 1059 -1064.

Lamparelli, Marta. 2004. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. Tesis de Doctorado, Universidad de San Pablo.

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20032006-075813/publico/TeseLamparelli2004.pdf>

Mansour, S.A., Abdel-Hamid, A.A., Ibrahim, A.W., Mahmoud, N.H. & Moselhy, W.A. 2015. Toxicity of some pesticide, heavy metals and their mixtures to *Vibrio fischeri* Bacteria and *Daphnia magna*: Comparative study. *Journal of Biology and life Science* 6(2) 221-240.

Mariani, L., De Pascale, D., Faraponova, O., Tornambé, A., Sarni, A., Giuliani, S., Ruggiero, G., Onorati, F. & Magaletti, E. 2006. The Use of a Test Battery in Marine Ecotoxicology: The Acute Toxicity of Sodium Dodecyl Sulfate. *Environmental Toxicology* 21(4) 373 – 379.

MTA-Mesa Técnica del Agua. Documento N° 1. Informe de Asesoría. Establecimiento de niveles guía de indicadores de estado trófico en cuerpos de agua superficiales. Marzo de 2017 en Informe del Estado del Ambiente 2020 https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/DCA-Informe_del_Estado_del_Ambiente_2019_29122020_digital.pdf

Pardos, M., Benninghoff, Ch., Guéguena, C., Richard Thomasa, R., Dobrowolskib, J. & Dominik,



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

- J. 1999. Acute toxicity assessment of Polish wastewater with a microplate-based *Hydra attenuata* assay: a comparison with the Microtox test. *The Science of the Total Environment* 243/244: 141-148
- Pica-Granados, Y., Trujillo, G.D. & Hernández, H.S. 2000. Bioassay standardization for water quality monitoring in Mexico. *Environmental Toxicology* 15(4): 322-330.
- Ronco, A., Sobrero, C., Grassi, V., Kaminski, L., Massolo, L. & Mina, L. 2000. WaterTox bioassay intercalibration network: results from Argentina. *Environmental Toxicology* 15(4): 287-296.
- Strahler, A. N. (1957), "Quantitative analysis of watershed geomorphology", *Transactions of the American Geophysical Union* 38 (6): 913–920
- Teodorovic, I., Planojevic, I., Knezevic, P., Radak, S & Nemet, I. 2009. Sensitivity of bacterial vs. *Daphnia magna* toxicity to metals. *Cent. Eur. J. Biol.* 4(4) 482-492.
- Trottier, S., Blaise, C., Kusui, T., & Johnson, E.M. (1997). Acute Toxicity Assessment of Aqueous Samples using a Microplate-based *H. attenuata* Assay. *Environm. Toxicol. Water. Qual.*, 12:265-271.
- UNE-EN ISO11348-3. Calidad de agua - Determinación del efecto inhibitor de muestras de agua sobre la luminiscencia de *Vibrio fischeri* (Ensayo de bacterias luminiscentes). Parte: Método utilizando bacterias liofilizadas (ISO 11348-3: 2007).
- Valderrama J.C. (1981). The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters.



ANEXO 1 - Índice de Estado Trófico (IET)

Cuando el IET se elabora con más de un factor o parámetro, el resultado final es el promedio de todos los resultados. Por lo tanto el alto nivel trófico resultante de un factor podría ser enmascarado por el bajo nivel resultante de otro. Concretamente: por la concentración de nitrógeno y fósforo podría resultar en un alto nivel trófico, pero si la concentración de clorofila es baja (ya sea por efecto de la turbidez del agua o la baja temperatura), el promedio final resulta en un nivel trófico menor o reducido. Al elaborar el IET en base a la concentración de fósforo total, que en los sistemas acuáticos del Uruguay ha mostrado ser la variable crítica de la calidad del agua, se está considerando el peor escenario o la condición más conservadora para la determinación del estado trófico.

El estado trófico de un cuerpo de agua da cuenta de su grado de "eutrofización", el cual refiere a la capacidad productiva del sistema debido al contenido de nutrientes (nitrógeno y fósforo principalmente), que controla el desarrollo de las plantas, las algas y las cianobacterias en primer término y que determina la estructura y calidad de la trama trófica del cuerpo de agua. Los estados tróficos van desde la oligotrofia a la hipereutrofia en orden creciente y relacionados con el aumento de la concentración de nutrientes y de biomasa vegetal. Para el desarrollo de este índice, su autora analizó las relaciones entre el fósforo, el nitrógeno y la concentración de algas, llegando a la ecuación que mejor representa estas relaciones. Los seis estados tróficos definidos corresponden a rangos de concentración de los tres factores (o parámetros) promediados. El IET presentado acá está elaborado solo en base a la concentración de fósforo total, por lo que muestra su expresión más conservadora.

El fósforo es un nutriente relevante en la determinación del estado trófico. Por su menor proporción en el ambiente es el limitante del crecimiento de plantas, algas y cianobacterias. Permite determinar el estado trófico de un cuerpo de agua de forma sencilla y de fácil lectura a partir de un único parámetro: el fósforo total.

Fórmula de Cálculo

$$\text{IET (PT)} = 10 * (6 - ((0,42 - 0,36 * (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20$$

donde PT= Fósforo Total expresado en µg/L (microgramos por litro)

Se calcula la media geométrica por estación de monitoreo por año de muestreo.

https://www.dinama.gub.uy/indicadores_ambientales/ficha/oan-indice-estado-trofico/



ANEXO 2 - Adaptaciones de los protocolos de bioensayos

1- Adaptaciones del Protocolo para el Bioensayo de *Hydra attenuata*.

El ensayo de *Hydra attenuata* fue implementado con adaptaciones respecto de la propuesta original de Trottier *et al.* (1997), ellas se indican en la tabla A1.

El medio de cultivo es la adaptación que se aparta más de la pauta original, siendo un medio no estándar. Sin embargo durante los ya casi 20 años de aplicación los resultados son satisfactorios, ausencia de mortalidad en los controles y buena sensibilidad.

Se realiza el ensayo en placas de 6 pozos (10 mL por pozo) utilizando 15 hydras por tratamiento en lugar de 9, dicha adaptación le da mayor potencia y precisión a los resultados de las estimaciones estadísticas de la CL50%.

La propuesta original de Trottier *et al.* (1997) incluye mediciones de efecto a 24, 48, 72 y 96 horas. Desde que se implementó el ensayo en nuestro Laboratorio se optó por realizar una única medida a las 48 horas. Esto permite maximizar y optimizar la ejecución de análisis dadas las capacidades logísticas actuales.

Características originales	Adaptaciones
Medio de cultivo: Cloruro de calcio (2,94g), buffer TES (2,2g), EDTA (0,08g), agua destilada (20L)	Medio de cultivo: agua dura comercial
Microplacas de cultivo celular de 12 pozos (4mL)	Ídem o microplacas de 6 pozos (10mL)
Tratamiento: 3 réplicas en pozos de 4mL con 3 hydras por pozo	Tratamiento: ídem o 3 réplicas en pozos de 10mL con 5 hydras por pozo
Transferencia de hydras utilizando cajas de Petri	Transferencia de hydras absorbiendo medio excedente
Ensayo agudo de 96 horas, estático y sin alimentación durante el mismo	Ensayo agudo de 48 horas, estático y sin alimentación durante el mismo

Tabla A1. Se comparan las características originales del ensayo de *Hydra attenuata* (Trottier *et al.*, 1997) con las adaptaciones realizadas en el Laboratorio de Bioensayos.

2- Adaptaciones del Protocolo de Bioensayo de *Daphnia magna*.

Los protocolos originales tomados como referencia son UNE-EN ISO6341/1996 y UNE-EN ISO6341/2012 (Tabla A2). A partir de la norma ISO 6341/2012 el agua dura natural no contaminada puede ser utilizada como medio de cultivo y de dilución para el ensayo por lo cual no se considera actualmente una adaptación.

Para la alimentación se complementa las algas unicelulares con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) con una concentración de 5g/L, dicha adaptación permite compensar las deficiencias de vitaminas y de micronutrientes.



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Hasta diciembre de 2019 se consideró como medida de efecto la muerte por ausencia de peristaltismos internos bajo lupa binocular, siguiendo la técnica descrita en Castillo-Morales (2004). A partir de enero de 2020 se adoptó la pauta de la norma ISO6341/2012 y se considera efecto la inhibición del movimiento por falta de desplazamiento.

Cada tratamiento se realiza con 3 réplicas en lugar de 4, bajo las mismas condiciones de volumen y densidad de individuos.

La reducción en el número de réplicas permite tener un mayor número de individuos para el procesamiento de más muestras y mantener una sensibilidad y potencia estadística aceptable.

Ésta adaptación es la más reciente (julio de 2017) dado que con anterioridad sólo se realizaban 2 réplicas.

El protocolo ISO 6341/2012 recomienda aireación en el caso que la muestra presente una saturación de oxígeno menor a 40%, dichos niveles son raros en las muestras que se analizan habitualmente en nuestro Laboratorio. Se verifica que se alcanzan niveles mayores de oxígeno simplemente agitando la muestra previo al sembrado del ensayo.

La corrección de pH no es recomendada por la ISO 6341/2012 si bien puede ser aplicada en el caso de variaciones durante el ensayo.

Nuestro laboratorio ha optado por no realizar dicha corrección para evaluar el efecto global de la matriz lo cual incluye el efecto del pH en los organismos de ensayo.

Características originales	Adaptaciones
Alimento: algas unicelulares y suplementación con vitaminas y selenito	Alimento: algas unicelulares y levadura de cerveza
Tratamiento: 4 réplicas en recipientes de 10mL con 5 daphnias cada uno	Tratamiento: 3 réplicas en microplaca de 10mL por pozo con 5 daphnias cada uno
La medida de efecto es la inmovilidad	Ídem actualmente, pero fue la muerte hasta 2019
Aireación en caso de bajo nivel de oxígeno (< 40%)	Sin aireación
Puede realizarse corrección de pH	Sin corrección de pH

Tabla A2. Se comparan las características del ensayo de *Daphnia magna* (ISO 6341/2012) con las adaptaciones realizadas en el Laboratorio de Bioensayos.

3- Sensibilidad de los bioensayos de *Vibrio fischeri*, *Hydra attenuata* y *Daphnia magna*.

Existe suficiente evidencia que muestra una mayor sensibilidad (menor valor de CL50% ó CE50%) en la exposición a metales para *D. magna* respecto de *V. fischeri* (Teodorovic *et al.*, 2009; Mansour *et al.*, 2015), ver además Tabla A3.

Sin embargo, con los compuestos orgánicos la comparación de sensibilidad *D. magna* vs. *V. fischeri* depende de la naturaleza química, por ejemplo dentro de los pesticidas (Chlorpyrifos-Methyl, Profenofos y Triazophos) resulta *D. magna* más sensible (Mansour *et al.*, 2015) y *V. fischeri* es más sensible ante detergentes como el dodecilsulfato sódico (Mariani *et al.*,



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

2015).

El ensayo con *H. attenuata* es generalmente más sensible en muestras ambientales (agua de arroyos o lagos) donde se reconoce contaminación producto de la degradación de la materia orgánica (Espínola *et al.*, 2005; Cacho *et al.*, 2016) y niveles altos de amonio (Pardos *et al.*, 1999).

Familia Química	Sustancia (mg/L)	<i>Vibrio fischeri</i>	<i>Daphnia magna</i>	<i>Hydra sp.</i>
Metales	Pb	5,8 ^b ; 36 ^c	0,4-208 ^a	****
	Cr ⁺⁶	18,7 ^c	0,8-1,4 ^a ; 0,15-0,17 ^d	20,55 ^d ; 0,15 ^e
	Zn ⁺²	1,4-2,7 ^b ; 2,2-4,6 ^c	1,8 ^a	13,0 ^d ; 25-35 ^d
	Cd ⁺²	4,5 ^b ; 52,5 ^c	0,2-0,3 ^a	0,38-1,4 ^d
	Cu	2,8 ^b	0,0002 ^a	0,046-0,12 ^d
Orgánicas	Fenol	13-26 ^f	9,1 ^a	****
	DSS ^{&}	1,4-3,1 ^b	45,9 ^a ; 19,1 ^d	****
	Anilina	488 ^b	0,9 ^a ; 0,16 ^d	****

Tabla A3. Valores de CL50% ó CE50% en mg/L del metal activo o del compuesto orgánico. a) ensayo de 24 horas; b) ensayo de 15 minutos; c) ensayo de 30 minutos; d) ensayo 48h; e) ensayo 96h; f) ensayo de 5 minutos; &) Dodecilsulfato sódico



**Intendencia
Montevideo**

**DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL
GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL
Unidad Calidad de Agua

ANEXO 3- Datos de Campo



**DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL
GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Fecha	Sitio	D. Secchi (cm)	Temp (°C)	Salinidad (UPS)	Conductiv. (µS/cm)	OD (mg/L)
26/02/2020	SLU1 Sup	80	22,1	6,9	12023	5,9
26/02/2020	SLU1 Fondo		21,9	6,9	12063	5,6
26/02/2020	SLU2 Sup	70	22,2	7,0	12124	5,8
26/02/2020	SLU2 Fondo		21,9	6,9	12137	5,4
26/02/2020	SLU2b Sup	80	22,2	6,9	12070	6,1
26/02/2020	SLU2b Fondo		22,0	6,9	12080	5,7
26/02/2020	SLU3 Sup	80	22,1	6,3	11070	6,0
26/02/2020	SLU3 Fondo		22,0	6,3	11100	5,7
26/02/2020	SLU4 Sup	50	21,7	6,1	10794	5,7
26/02/2020	SLU4 Fondo		21,4	6,2	10921	5,0
26/02/2020	SLU5 Sup	80	22,1	6,1	10673	6,4
26/02/2020	SLU5 Fondo		22,0	6,1	10731	6,2
26/02/2020	SLU6 Sup	90	22,3	5,7	10093	6,2
26/02/2020	SLU6 Fondo		22,3	5,7	10167	6,2
26/02/2020	SLU7 Sup	80	21,9	5,2	9220	6,8
26/02/2020	SLU7 Fondo		21,3	5,1	9150	5,8
26/02/2020	C1 Sup		22,5	5,9	10367	6,4
26/02/2020	C1 Fondo		21,5	6,2	10950	5,2
26/02/2020	C2 Sup		22,1	6,9	11945	5,6
26/02/2020	C2 Fondo		22,0	6,9	12045	5,2
20/05/2020	SLU1 Sup	180	15,4	8,6	14830	8,7
20/05/2020	SLU1 Fondo		15,5	8,9	15276	7,9
20/05/2020	SLU2 Sup	180	15,4	8,5	14653	8,6
20/05/2020	SLU2 Fondo		15,3	8,7	14873	8,4
20/05/2020	SLU2b Sup	200	15,3	8,1	14004	9,2
20/05/2020	SLU2b Fondo		15,3	8,1	14043	8,8
20/05/2020	SLU3 Sup	150	15,7	7,4	12863	8,8
20/05/2020	SLU3 Fondo		15,6	7,7	13330	8,7
20/05/2020	SLU4 Sup	120	15,1	8,0	13779	9,6
20/05/2020	SLU4 Fondo		15,3	8,2	14223	8,8
20/05/2020	SLU5 Sup	130	15,6	7,3	12672	8,2
20/05/2020	SLU5 Fondo		15,5	7,5	13025	8,4
20/05/2020	SLU6 Sup	300	15,9	6,9	12081	8,4
20/05/2020	SLU6 Fondo		15,8	7,1	12339	8,4
20/05/2020	SLU7 Sup	250	15,6	7,1	12414	8,6
20/05/2020	SLU7 Fondo		15,9	7,3	12873	8,0
20/05/2020	C1 Sup	170	15,6	9,0	15433	7,9
20/05/2020	C1 Fondo		15,5	9,1	15452	7,6
20/05/2020	C2 Sup	120	15,7	7,8	13582	6,4
20/05/2020	C2 Fondo		15,4	8,7	14613	6,7
28/07/2020	SLU2 Sup	60	10,4	1,6	3035	8,9
28/07/2020	SLU1 Fondo		10,4	1,6	3032	8,7
28/07/2020	SLU2 Sup	50	10,4	1,7	3239	9,0
28/07/2020	SLU2 Fondo		10,4	1,7	3236	8,9
28/07/2020	SLU2b Sup	40	10,2	1,8	3450	9,3
28/07/2020	SLU2b Fondo		10,2	1,8	3437	9,0
28/07/2020	SLU3 Sup	20	9,6	1,4	2672	9,9
28/07/2020	SLU3 Fondo		9,6	1,4	2712	9,7
28/07/2020	SLU4 Sup	40	10,2	1,8	3444	9,1
28/07/2020	SLU4 Fondo		10,2	1,8	3448	8,7
28/07/2020	SLU5 Sup	20	9,6	1,1	2711	10,3
28/07/2020	SLU5 Fondo		9,6	1,5	2771	9,7



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Fecha	Síto	D. Secchi (cm)	Temp (°C)	Salinidad (UPS)	Conductiv. (µS/cm)	OD (mg/L)
28/07/2020	SLU6 Sup	20	9,2	1,1	2195	10,1
28/07/2020	SLU6 Fondo		9,4	1,3	2522	9,9
28/07/2020	SLU7 Sup	20	9,0	0,9	1658	10,7
28/07/2020	SLU7 Fondo		8,9	0,9	1755	10,0
28/07/2020	C2 Sup	40	10,4	1,2	2282	8,9
28/07/2020	C2 Fondo		10,4	1,2	2306	8,7
28/07/2020	C1 Sup	40	10,7	0,6	1161	6,4
28/07/2020	C1 Fondo		10,7	0,6	1160	6,4
27/10/2020	SLU1 Sup	70	21,0	0,3	570	7,2
27/10/2020	SLU1 Fondo		20,3	0,3	619	6,8
27/10/2020	SLU2 Sup	60	21,2	0,3	607	7,5
27/10/2020	SLU2 Fondo		20,2	0,5	989	6,6
27/10/2020	SLU2b Sup	60	21,2	0,6	1199	7,1
27/10/2020	SLU2b Fondo		20,5	0,8	1594	6,8
27/10/2020	SLU3 Sup	65	19,8	1,6	3089	6,4
27/10/2020	SLU3 Fondo		19,5	2,0	3780	6,5
27/10/2020	SLU4 Sup	30	21,0	2,6	4826	7,6
27/10/2020	SLU4 Fondo		19,8	2,7	4990	6,6
27/10/2020	SLU5 Sup	70	20,3	1,8	3459	6,7
27/10/2020	SLU5 Fondo		19,4	2,3	4330	6,5
27/10/2020	SLU6 Sup	80	19,7	2,5	4633	6,9
27/10/2020	SLU6 Fondo		19,2	3,0	5499	6,4
27/10/2020	SLU7 Sup	70	19,7	3,0	5583	6,5
27/10/2020	SLU7 Fondo		19,4	3,2	5911	6,5
27/10/2020	C1 Sup	25	20,4	0,4	893	2,9
27/10/2020	C1 Fondo		20,2	0,4	893	2,6
27/10/2020	C2 Sup	50	21,3	0,3	699	6,8
27/10/2020	C2 Fondo	110	20,1	0,6	1170	5,7



**DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL
GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Fecha	Sitio	OD (%sat)	PT (mgP/L)	NT (mgN/L)	Turb (NTU)	Colif. fec. (ufc/100mL)	Clorof a (µg/L)	pH
26/02/2020	SLU1 Sup	70,0	0,152	0,48	4,1	50	2,7	7,0
26/02/2020	SLU1 Fondo	67,2	0,158	1,29	3,4	60		7,1
26/02/2020	SLU2 Sup	69,6	0,156	1,06	4,3	40	5,3	7,0
26/02/2020	SLU2 Fondo	64,4	0,152	0,86	3,4	20		7,1
26/02/2020	SLU2b Sup	72,6	0,148	0,54	5,8	80	4,3	7,1
26/02/2020	SLU2b Fondo	68,6	0,150	0,49	4,8	50		7,0
26/02/2020	SLU3 Sup	70,9	0,122	0,52	7,4	90	3,7	6,9
26/02/2020	SLU3 Fondo	68,7	0,163	0,42	6,2	60		7,0
26/02/2020	SLU4 Sup	66,8	0,132	0,48	12,0	550	3,1	6,9
26/02/2020	SLU4 Fondo	58,7	0,143	0,45	13,0	570		6,9
26/02/2020	SLU5 Sup	76,5	0,078	0,68	6,6	50	1,4	6,9
26/02/2020	SLU5 Fondo	73,0	0,094	0,83	7,0	13		7,0
26/02/2020	SLU6 Sup	73,8	0,061	1,01	6,4	30	1,9	7,1
26/02/2020	SLU6 Fondo	74,3	0,101	0,97	7,2	60		7,1
26/02/2020	SLU7 Sup	81,2	0,070	1,07	11,0	160	2,2	6,5
26/02/2020	SLU7 Fondo	70,0	0,074	1,06	16,0	170		6,8
26/02/2020	C1 Sup	77,0	0,262	2,99	7,9	190	10,7	7,8
26/02/2020	C1 Fondo	62,9	0,185	2,96	20,0	360		7,1
26/02/2020	C2 Sup	64,2	0,172	2,27	4,8	140	1,7	7,1
26/02/2020	C2 Fondo	63,7	0,113	2,39	4,5	140		7,1
20/05/2020	SLU1 Sup	92,0	0,163	0,56	2,5	3	23,0	8,1
20/05/2020	SLU1 Fondo	82,0	0,165	0,75	2,0	3		8,1
20/05/2020	SLU2 Sup	90,7	0,170	0,57	2,0	3	23,5	8,1
20/05/2020	SLU2 Fondo	88,6	0,169	0,62	1,8	3		8,1
20/05/2020	SLU2b Sup	96,2	0,165	0,70	2,2	3	3,7	8,2
20/05/2020	SLU2b Fondo	92,1	0,153	0,63	2,3	3		8,2
20/05/2020	SLU3 Sup	93,1	0,138	0,73	3,0	10	31,0	8,3
20/05/2020	SLU3 Fondo	91,9	0,153	0,65	2,7	3		8,3
20/05/2020	SLU4 Sup	100,0	0,165	0,76	3,3	10	26,2	8,4
20/05/2020	SLU4 Fondo	87,3	0,147	0,85	4,2	15		8,3
20/05/2020	SLU5 Sup	85,6	0,133	0,71	2,8	3	12,8	8,3
20/05/2020	SLU5 Fondo	88,7	0,133	0,68	2,8	3		8,2
20/05/2020	SLU6 Sup	88,7	0,122	0,58	1,8	3	13,9	8,0
20/05/2020	SLU6 Fondo	88,4	0,153	0,63	2,1	3		8,2
20/05/2020	SLU7 Sup	90,3	0,133	1,01	1,7	3	9,6	8,3
20/05/2020	SLU7 Fondo	84,7	0,136	0,84	1,9	3		8,3
20/05/2020	C1 Sup	84,3	0,398	2,37	3,4	10	2,1	7,9
20/05/2020	C1 Fondo	80,3	0,310	1,43	2,9	5		7,9
20/05/2020	C2 Sup	67,6	0,197	1,27	2,6	5	5,3	7,8
20/05/2020	C2 Fondo	70,7	0,197	1,15	2,0	5		7,8
28/07/2020	SLU2 Sup	80,7	0,233	1,97	18,0	45	0,5	7,2
28/07/2020	SLU1 Fondo	78,4	0,242	1,68	18,0	50		7,3
28/07/2020	SLU2 Sup	81,1	0,242	1,23	17,0	55	0,5	7,3
28/07/2020	SLU2 Fondo	80,4	0,237	1,14	17,0	25		7,3
28/07/2020	SLU2b Sup	84,1	0,207	1,43	21,0	40	1,1	7,3
28/07/2020	SLU2b Fondo	81,2	0,216	1,21	19,0	45		7,3
28/07/2020	SLU3 Sup	87,6	0,189	1,25	45,0	50	0,0	7,3
28/07/2020	SLU3 Fondo	86,1	0,180	1,00	45,0	60		7,5
28/07/2020	SLU4 Sup	82,0	0,235	1,46	16,0	65	0,5	7,2
28/07/2020	SLU4 Fondo	78,5	0,277	1,43	17,0	30		7,3
28/07/2020	SLU5 Sup	91,5	0,178	1,27	45,0	35	3,2	7,1
28/07/2020	SLU5 Fondo	86,1	0,150	1,10	45,0	45		7,3



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL
GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Calidad de Agua

Fecha	Sitio	OD (%sat)	PT (mgP/L)	NT (mgN/L)	Turb (NTU)	Colif. fec. (ufc/100mL)	Clorof a (µg/L)	pH
28/07/2020	SLU6 Sup	88,2	0,150	1,49	55,0	85	0,0	7,0
28/07/2020	SLU6 Fondo	86,7	0,157	1,50	65,0	65		7,1
28/07/2020	SLU7 Sup	92,3	0,148	1,87	80,0	95	1,8	7,1
28/07/2020	SLU7 Fondo	86,9	0,150	1,69	80,0	140		7,0
28/07/2020	C2 Sup	80,5	0,278	2,03	29,0	110	0,5	7,4
28/07/2020	C2 Fondo	78,4	0,269	2,18	33,0	1400		7,4
28/07/2020	C1 Sup	57,5	0,832	4,09	23,0	150	3,2	7,3
28/07/2020	C1 Fondo	57,7	0,786	3,73	23,0	250		7,4
27/10/2020	SLU1 Sup	81,1	0,266	1,73	17,0	10	14,4	7,7
27/10/2020	SLU1 Fondo	75,8	0,279	1,37	15,0	15		7,7
27/10/2020	SLU2 Sup	84,9	0,280	1,54	17,0	10	14,4	7,7
27/10/2020	SLU2 Fondo	73,2	0,282	1,33	16,0	35		7,7
27/10/2020	SLU2b Sup	80,6	0,301	1,55	15,0	15	11,8	7,7
27/10/2020	SLU2b Fondo	70,1	0,279	1,80	14,0	45		7,8
27/10/2020	SLU3 Sup	71,0	0,286	1,70	9,9	40	3,7	7,6
27/10/2020	SLU3 Fondo	70,7	0,279	1,74	9,1	30		7,6
27/10/2020	SLU4 Sup	86,7	0,293	1,76	27,0	60	41,7	7,3
27/10/2020	SLU4 Fondo	73,1	0,326	1,61	28,0	35		7,6
27/10/2020	SLU5 Sup	74,3	0,293	1,88	8,4	40	1,6	7,6
27/10/2020	SLU5 Fondo	71,8	0,284	1,36	8,7	40		7,6
27/10/2020	SLU6 Sup	75,9	0,279	1,86	7,4	35	1,6	7,4
27/10/2020	SLU6 Fondo	71,2	0,352	1,22	10,0	25		7,5
27/10/2020	SLU7 Sup	71,4	0,273	2,29	7,4	30	1,1	7,0
27/10/2020	SLU7 Fondo	71,5	0,235	1,68	11,0	40		7,3
27/10/2020	C1 Sup	31,2	1,113	12,58	36,0	1800	40,1	7,3
27/10/2020	C1 Fondo	28,6	1,196	9,46	40,0	1800		7,3
27/10/2020	C2 Sup	76,5	0,416	3,27	18,0	70	17,1	7,6
27/10/2020	C2 Fondo	63,5	0,535	3,53	17,0	300		7,6