



---

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Unidad Analítica

---

# PROGRAMA DE MONITOREO DE CUERPOS DE AGUA DE MONTEVIDEO

## INFORME ANUAL 2022



## **AUTORIDADES**

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

### **Autores del Informe:**

Cristina Cacho  
Adriana Rodríguez  
Marco Navatta  
Jimena Risso  
Gustavo Saona  
Mary Yafalián

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

**Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental**

Camino al Faro s/n, Punta Carretas

CP 11300 - Montevideo Uruguay

Telefax: 1950 9919

[www.montevideo.gub.uy](http://www.montevideo.gub.uy)

## 1 ÍNDICE

1	ÍNDICE DE CONTENIDO	3
2	INTRODUCCIÓN	4
3	OBJETIVOS y ALCANCE	6
4	METODOLOGÍA	8
5	RESULTADOS	13
5.1.	ARROYO MIGUELETE	14
5.2.	ARROYO PANTANOSO	20
5.3	ARROYO LAS PIEDRAS	25
5.4.	CUENCA DEL ARROYO CARRASCO	30
5.5.	ARROYO SAN GREGORIO Y MELILLA	41
5.6.	OTROS CURSOS MENORES	45
5.7.	BIOENSAYOS	49
6.	CONSIDERACIONES FINALES	52
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

## 2 INTRODUCCIÓN

Los países de América Latina y el Caribe se encuentran en la mitad del período establecido para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. El avance hacia esos Objetivos y metas se vio seriamente obstaculizado por la pandemia por coronavirus (COVID-19), que causó un fuerte impacto en el mundo a partir de 2020 y comprometió el progreso hacia la consecución de la Agenda. Adicionalmente, las múltiples expresiones del cambio climático (sequías prolongadas, fuertes marejadas o temperaturas locales extremas, pérdida y degradación de la biodiversidad y de los servicios de los ecosistemas terrestres y marinos) producen daños en diversas especies y ecosistemas. Más allá del valor intrínseco de preservar la diversidad de formas de vida en el planeta, los profundos impactos en la naturaleza causados por las actividades que afectan negativamente la sostenibilidad generan riesgos para los sistemas productivos y el bienestar social y contribuyen a profundizar las crisis globales (CEPAL, 2023).

Los seres humanos utilizamos el agua como si fuera un recurso ilimitado: por ejemplo, se estima que el 80% del total de aguas residuales industriales y municipales se vierte al medio ambiente sin tratamiento previo. No obstante, es un hecho que el agua dulce es escasa y su demanda sigue aumentando, en la actualidad más de 2 mil millones de personas viven en zonas que sufren estrés hídrico. Cerca de 3.4 mil millones de personas, es decir el 45% de la población mundial, carecen de acceso a instalaciones de saneamiento seguras. Según evaluaciones independientes, para el año 2030, el mundo enfrentará un déficit global de agua del 40%. El estado actual de los recursos hídricos pone de relieve la necesidad de mejorar su gestión. Reconocer, medir y expresar el valor del agua, e incorporarlo a la toma de decisiones es fundamental para lograr una gestión sostenible y equitativa de los recursos hídricos y para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda para el Desarrollo Sostenible de 2030 de las Naciones Unidas (UNESCO, 2021).

La complejidad de los problemas que enfrentamos actualmente no pueden ser abordados en forma aislada, ya que están interconectados y cada uno se ve influenciado por el resto en forma bi-direccional (IWA, 2022), tal como se muestra en la siguiente figura:

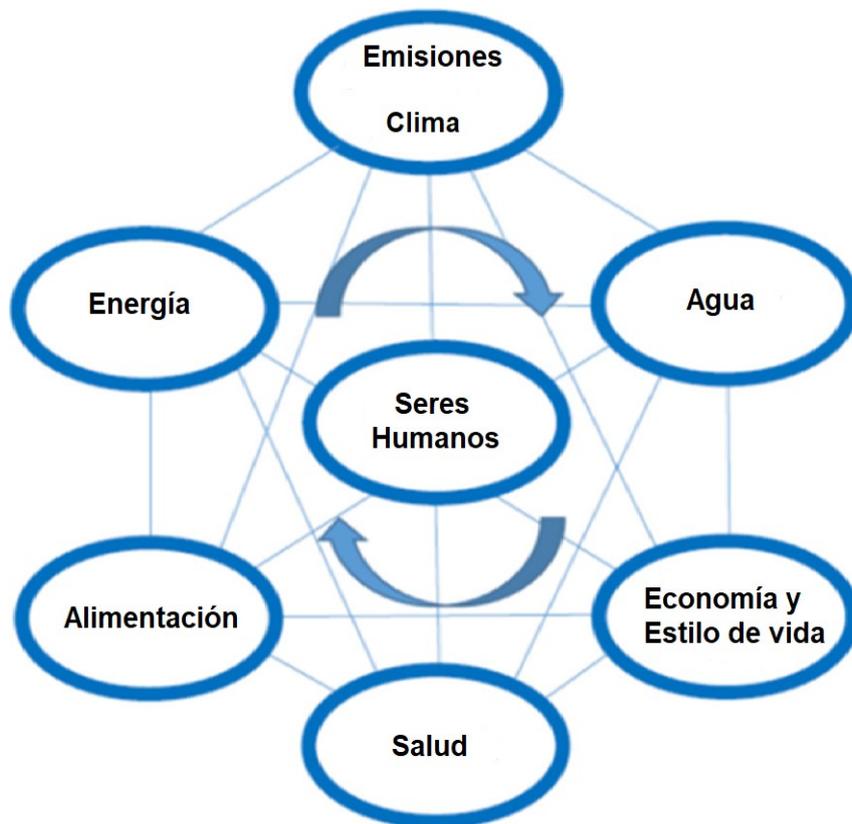


Figura 2.1. Interconexiones ambientales bi-direccionales. Fuente IWA (2022).

A escala departamental, se reiteran los cometidos del Departamento de Desarrollo Ambiental de la Intendencia de Montevideo, de acuerdo al Artículo R.19.44:

1- Formular, proyectar, ejecutar y evaluar los planes departamentales para la gestión y protección del ambiente, promoviendo una gestión integral para la mejora continua de la calidad ambiental, en el marco de un desarrollo sostenible.

2- Realizar la gestión ambientalmente adecuada de los residuos sólidos y del sistema de saneamiento.

3- Promover la educación ambiental y la participación ciudadana. Realizar y fomentar la difusión de las campañas ambientales.

4- Elaborar informes técnicos sobre el estado de la calidad del ambiente en todos sus aspectos y las acciones realizadas para prevenir la degradación ambiental, la mitigación de los impactos ambientales y la protección de la diversidad biológica.

5- Controlar que la actividad industrial se desarrolle en armonía con el ambiente. Regular la actividad de las instalaciones mecánicas y la gestión de los productos combustibles líquidos y gaseosos, para que ellas se efectúen en forma segura y ambientalmente apropiada.

6- Relacionarse con organismos nacionales e internacionales vinculados con la temática ambiental, para la coordinación de acciones, el intercambio de experiencias, desarrollos científicos y tecnológicos e información sobre la disponibilidad de fuentes de financiamiento. Ejecutar los programas que surjan de estas vinculaciones.

<https://montevideo.gub.uy/institucional/dependencias/desarrollo-ambiental>

### 3 OBJETIVOS Y ALCANCE

El Programa de Monitoreo de Cuerpos de Agua del Departamento de Montevideo tiene los siguientes objetivos:

- ◆ Cuantificar los parámetros de calidad de los cuerpos de agua e identificar los elementos críticos que inciden en dichos niveles.
- ◆ Realizar el seguimiento y control de los resultados en el tiempo, evaluando la evolución de los indicadores de calidad de agua seleccionados.

Durante el año 2022 se realizaron:

- **Cursos Principales:** 3 campañas de monitoreo en los arroyos Miguelete, Pantanoso, Las Piedras y cuenca del arroyo Carrasco.

En la Figura 3.1 se muestran las estaciones de monitoreo de los cursos principales.

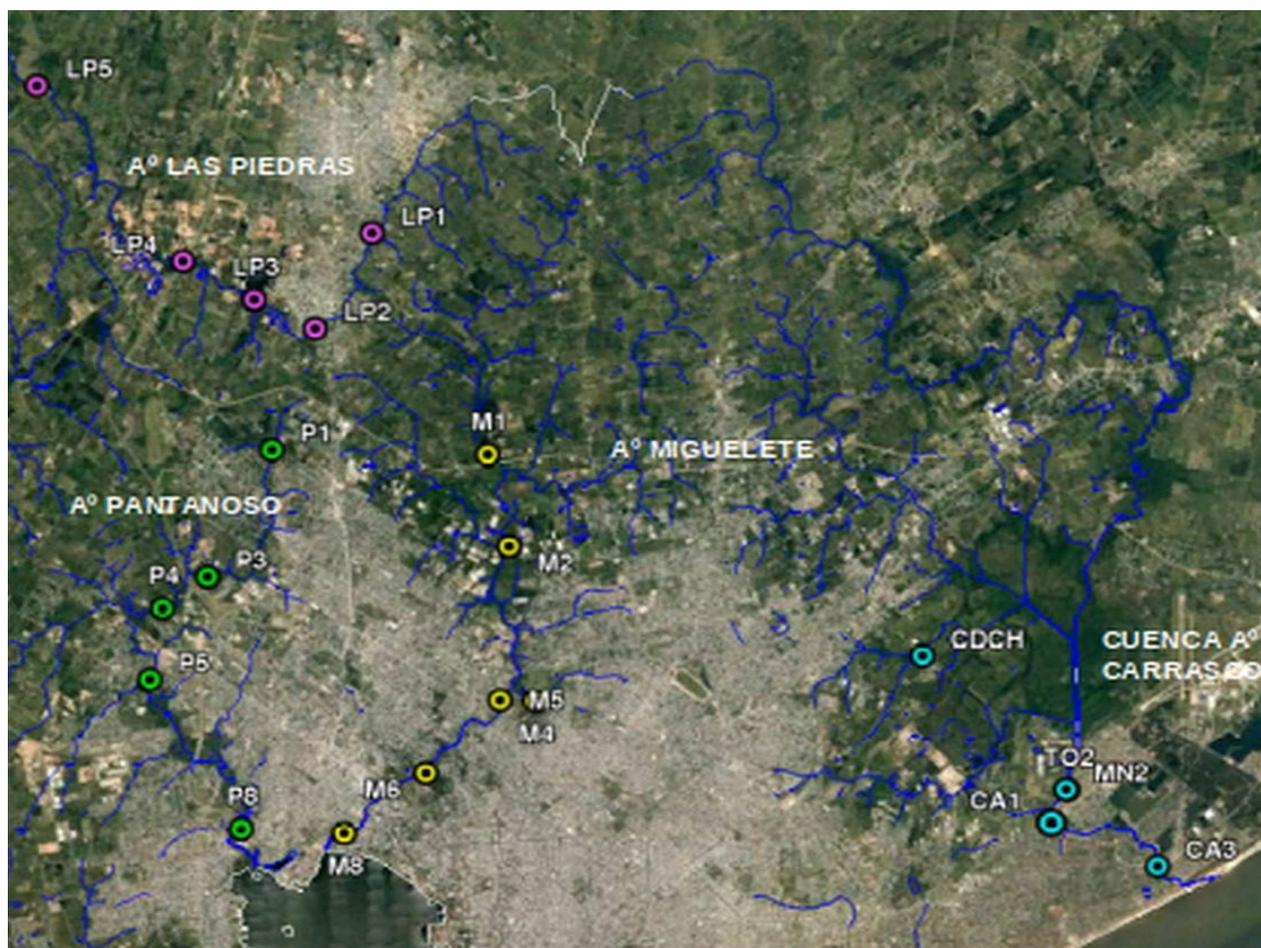


Figura 3.1. Puntos de muestreo de los Cursos Principales. Fuente: Google Earth®

- **Cuencas Menores:** En el año 2022 se realizaron 2 campañas de monitoreo en los tributarios de los cursos principales.

- ◆ tributarios del arroyo Miguelete (arroyo Mendoza, cañada Pajas Blancas y de la Cruz)
- ◆ tributarios del arroyo Pantanoso (cañadas: Bellaca, Jesús María, Lecocq, de la Higuera)
- ◆ tributarios de la cuenca del arroyo Carrasco (tramos superiores de los arroyos Toledo y Manga, y cursos que atraviesan las Usinas N°6, N°7 y N°8 del Servicio de Disposición Final de Residuos Sólidos: Cañada de las Canteras y Arroyo Juan Díaz)
- ◆ tributarios del Río de la Plata de la zona Este (arroyos Malvín y Molino), y zona Oeste (cañadas: de las Pajas Blancas, Punta Yeguas, Playa Dellazoppa y cañada Bélgica)

◆ tributarios del Río Santa Lucía (arroyo San Gregorio y afluentes, arroyo Melilla y afluente)

En la Figura 3.2 se muestra la ubicación de las estaciones correspondientes a cuencas menores.

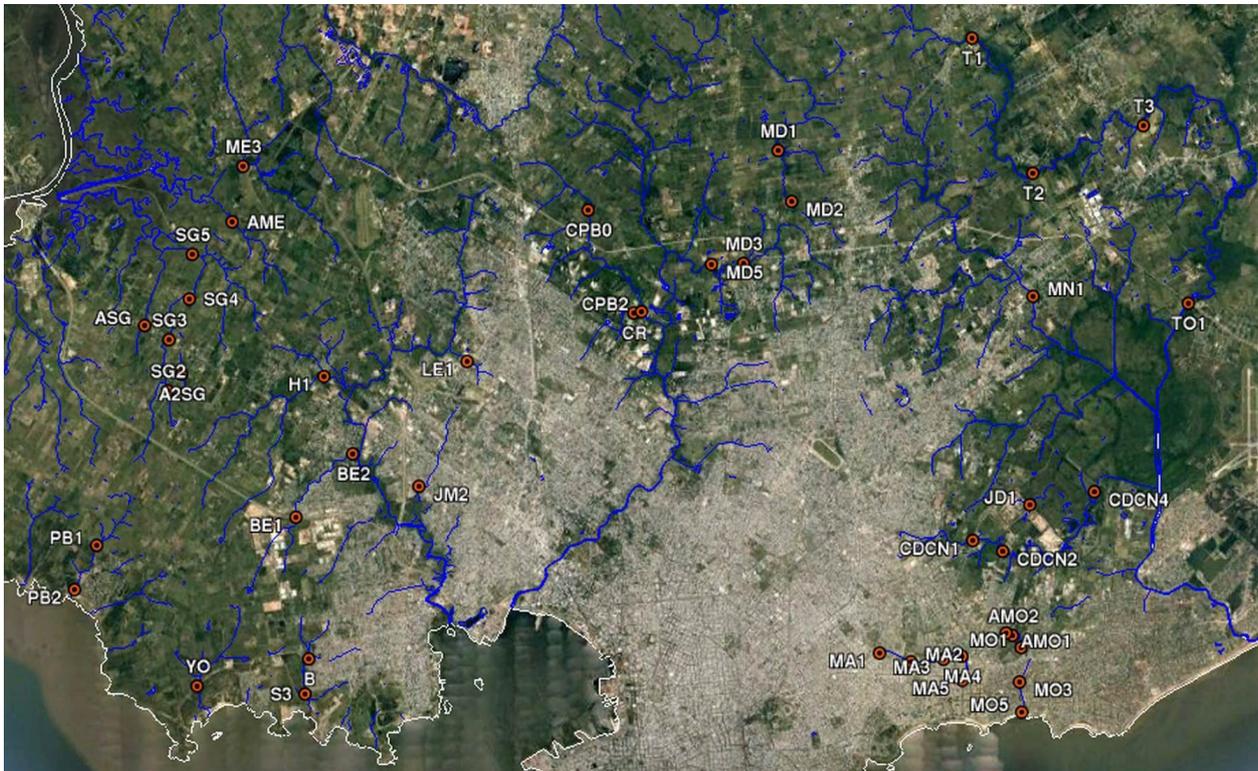


Figura 3.2 Puntos de muestreo de las Cuencas Menores. Fuente: Google Earth®

## 4 METODOLOGÍA

En el marco del Programa de Monitoreo de Cursos de Agua de Montevideo, el Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental de la Intendencia de Montevideo, estudia la calidad de los cuerpos de agua principales y cuencas menores, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y ecotoxicológicos.

La evaluación de resultados de los parámetros estudiados se realiza en primer lugar, con relación a los límites establecidos en el Decreto 253/79 y modificativos para la Clase 3, de acuerdo a clasificación definida en la Resolución Ministerial 99/2005 del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

Respecto al límite seleccionado en este informe para el Nitrógeno Total, aún no hay normativa nacional reglamentada, existiendo valores guía sugeridos por la Mesa Técnica del Agua (2017); por lo cual se recurre a la normativa internacional de referencia de la Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos de América para el Estado de Florida (U.S.E.P.A., 2016), que está actualmente en revisión <https://www.epa.gov/wqs-tech/water-quality-standards-regulations-florida>; [https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/fl\\_section62-302.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/fl_section62-302.pdf); <https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-10/documents/flwqs-nutrients.pdf>.

### 4.1 PARÁMETROS DE CONTROL

En la Tabla 4.1.1 se muestran los parámetros analizados y la metodología analítica de referencia.

Tabla 4.1.1. Parámetros de control y referencias analíticas

Parámetro de control	Método de ensayo
pH	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Met. 4500-H <sup>+</sup>
Temperatura	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Met. 2550 B
Conductividad	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Met. 2510 B
Oxígeno Disuelto	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Met. 4500-O G
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Met. 2540
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Met. 5210 B
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Met. 5220 D adaptada (Kit comercial)
Amonio	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Mét. 4500-NH <sub>3</sub> -F
Fósforo Total	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Met. 4500-P E
Nitrógeno Total	Kalf & Bentzen, 1984; Valderrama, 1981
Tensoactivos aniónicos	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Met. 5540 C adaptada (Kit comercial)
Cromo Total	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Met. 3111
Plomo Total	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Met. 3111
Coliformes Fecales	SMEWW, 23 <sup>rd</sup> Ed. Met. 9222 D

### 4.2 ÍNDICE DE CALIDAD ISCA

Durante el año 2022 se continuó aplicando el Índice Simplificado de Calidad de Agua (ISCA) desarrollado por la Agència Catalana de L'Aigua en Cataluña, España. Este índice se aplica a cursos de agua urbanos y, pese a las limitaciones que tiene en referencia a los parámetros que incluye, resulta ser una herramienta útil para su aplicación en los cuerpos de agua de Montevideo. El ISCA establece un rango entre 0 y 100, cuanto mayor es el valor del índice, mayor es la calidad del agua. Para el cálculo de este índice se utilizan los siguientes parámetros:

- aportes de materia orgánica
- material en suspensión
- concentración de oxígeno disuelto
- contenido de sales inorgánicas
- temperatura

En la Tabla 4.2.1 se presenta la fórmula utilizada y el rango de variación de cada parámetro.

Tabla 4.2.1. ISCA: Parámetros, fórmula de cálculo y rango de variación

Parámetro (Unidades)	Parámetro ISCA	Fórmula	Rango de Variación
Temperatura (t en °C)	<b>T</b>	Si $t < 20 \rightarrow T = 1$ Si $t \geq 20 \rightarrow T = 1 - (t-20)*0.0125$	1 – 0.8
Oxidabilidad al Permanganato (OP en mg/L O <sub>2</sub> )	<b>A</b>	Si $OP \leq 10 \rightarrow A = 30 - OP$ Si $10 < OP < 60 \rightarrow A = 21 - 0.35*OP$ Si $OP \geq 60 \rightarrow A = 0$	0 – 30
Sólidos Suspendidos Totales (SST en mg/L)	<b>B</b>	Si $SST \leq 100 \rightarrow B = 25 - 0.15*SST$ Si $100 < SST < 250 \rightarrow B = 17.5 - 0.07*SST$ Si $SST > 250 \rightarrow B = 0$	0 – 25
Oxígeno Disuelto (OD en mg/L O <sub>2</sub> )	<b>C</b>	Si $OD < 10 \rightarrow C = 2.5*OD$ Si $OD \geq 10 \rightarrow C = 25$	< 25
Conductividad (CE en micro S/cm)	<b>D</b>	Si $CE \leq 4000 \rightarrow D = (3.6 - \text{LOG}(CE))*13.244$ Si $CE > 4000 \rightarrow D = 0$	< 20
<b>ISCA = T*(A + B + C + D)</b>			<b>0 – 100</b>

Los valores de ISCA se calculan a partir de la siguiente expresión: **ISCA = T x (A + B + C + D)** y los valores que se obtienen se comparan con los de la Tabla 4.2.2

Tabla 4.2.2. Clasificación del curso de agua según ISCA

Actividad Característica	ISCA	Propiedades del Agua	Color de Referencia
Abastecimiento	86 - 100	Aguas de Montaña	
Balneario	76 - 85	Aguas Claras	
Pesca	61 - 75	Aguas Medias	
Náutica	46 - 60	Aguas Brutas	
Riego	31 - 45	Aguas Deterioradas	
Riego Forestal	16 - 30	Agua Residual Diluida	
Condición Peligrosa	0 - 15	Agua Residual	

### 4.3 BIOENSAYOS

Las medidas de efecto biológico constituyen otra familia de indicadores, complementaria a la físico-química, muy relevante para el diagnóstico de la calidad de un ambiente por su capacidad de integrar los efectos de múltiples sustancias. Una de las herramientas ecotoxicológicas que permiten medir dichos efectos son los bioensayos, siendo útiles para determinar el riesgo por agentes contaminantes, que se encuentran en el ambiente (Castillo-Morales, 2004).

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 en este estudio fueron: *Hydra attenuata* (cnidario), *Daphnia magna* (crustáceo) y *Vibrio fischeri* (bacteria). Particularmente esta última es muy

sensible a la presencia de 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.

El bioensayo de *Hydra attenuata* es una prueba de toxicidad estática y aguda (48 horas) implementada con adaptaciones del protocolo de Trottier *et al.* (1997) y siguiendo recomendaciones de la red WaterTox (Castillo-Morales, 2004; Espínola *et al.*, 2005).

El ensayo de *Daphnia magna* es un test de toxicidad estático y agudo (48 horas) implementado con adaptaciones del protocolo de la norma ISO 6341 (UNE-EN ISO 6341, 2013) y siguiendo las recomendaciones de la red WaterTox (Castillo-Morales, 2004; Espínola *et al.*, 2005). Ambos bioensayos se aplican a muestras líquidas de salinidad menor a 1 UPS.

La toxicidad sobre *Vibrio fischeri* se determina por el Sistema Microtox® basado en la reducción de la bioluminiscencia natural de dicha bacteria marina (EPS, 1992; SDI Microtox, 2009). En este estudio se aplican 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).

En todos los casos los resultados se expresan en Unidades de Toxicidad (UT) determinadas a según la fórmula:  $UT = 100 / CL50$ , siendo CL50 la Concentración Letal al 50% estimada en el bioensayo (Castillo-Morales, 2004). En el caso de *V. fischeri* la estimación de efecto corresponde a la Concentración de Inhibición al 50% de la emisión de luz de la bacteria.

Por tanto los valores más altos de UT corresponden a una mayor toxicidad. La Tabla 4.3.1 resume las categorías correspondientes a cada rango de UT siguiendo el criterio adoptado por el MVOTMA (2017, 6059UY). Para facilitar la interpretación de los resultados se utiliza una escala de color que va desde el rojo para mayor toxicidad al verde en el caso de una muestra no tóxica.

Tabla 4.3.1. Categorías de toxicidad según las Unidades de Toxicidad.

Concentración Letal 50%	Unidad de Toxicidad	Categoría Toxicológica
$CL50 \leq 25$	$UT \geq 4$	Muy Tóxico
$25 < CL50 \leq 50$	$2 \leq UT < 4$	Tóxico
$50 < CL50 \leq 75$	$1,33 \leq UT < 2$	Moderadamente Tóxico
$75 < CL50 < 100$	$1,0 < UT < 1,33$	Levemente Tóxico
$CL50 \geq 100$	$UT \leq 1$	No Tóxico

Para el cálculo de medidas de resumen se utiliza el programa estadístico Stata 12.1 (StataCorp LP). En el caso de contar con más de una muestra por temporada se indica el valor de la mediana y entre paréntesis el valor mínimo y máximo.

#### **Adaptaciones del Protocolo de 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 4.3.2.

Se considera que 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.

Con mayor frecuencia se está realizando el ensayo en placas de 6 pozos (10mL por pozo) utilizando 15 individuos 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 el comienzo de la aplicación de ensayo. Se optó por una única medida a 48 horas ya que permite la realización de más ensayos para las capacidades logísticas actuales.

Tabla 4.3.2. Adaptaciones realizadas al ensayo de *Hydra attenuata* (Trottier *et al.*, 1997)

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/pozo)	Ídem o microplacas de 6 pozos (10mL/pozo)
Tratamiento: 3 réplicas en pozos de 4mL con 3 organismos por pozo	Tratamiento: ídem o 3 réplicas en pozos de 10mL con 5 organismos por pozo
Transferencia de organismos utilizando cajas de Petri	Transferencia de organismos 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

### Adaptaciones del Protocolo de Bioensayo de *Daphnia magna*.

Los protocolos originales tomados como referencia son UNE-EN ISO 6341/1996 y UNE-EN ISO 6341/2012. 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 5 g/L, dicha adaptación permite compensar las deficiencias de vitaminas y de micronutrientes.

En la medida de efecto hasta el año 2019 se consideraba el criterio de mortalidad siguiendo la técnica descrita en Castillo-Morales (2004). A partir de enero de 2020 se aplica el criterio de inmovilidad en acuerdo con UNE-EN ISO 6341:2012.

Cada tratamiento se realiza con 3 réplicas en lugar de 4, pero en 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 aceptables. Ésta adaptación es la más reciente (julio de 2017) dado que con anterioridad sólo se realizaban 2 réplicas.

El protocolo UNE-EN ISO 6341:2012 recomienda aireación si la muestra presenta una saturación de oxígeno menor a 40%, pero para las muestras analizadas habitualmente, simplemente con agitación previo al sembrado del ensayo se alcanzan niveles mayores de oxígeno.

La corrección de pH no es recomendada por la UNE-EN ISO 6341:2012 pero puede ser aplicada en el caso de variaciones durante el ensayo, sin embargo se ha optado por conocer el efecto global de la matriz evaluada lo que incluye el efecto del pH. En la Tabla 4.3.3 se muestran las adaptaciones realizadas al ensayo de *D. magna*

Tabla 4.3.3 Adaptaciones realizadas al ensayo de *Daphnia magna* (UNE-EN ISO 6341:2012)

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 10 mL con 5 organismos cada uno	Tratamiento: 3 réplicas en microplaca de 10 mL por pozo con 5 organismos cada uno
La medida de efecto es la inmovilidad	La medida de efecto fue la mortalidad hasta 2019 y a partir de 2020 se aplica la inmovilidad
Aireación en caso de bajo nivel de oxígeno (< 40%)	Sin aireación
Puede realizarse corrección de pH	Sin corrección de pH

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

Existe suficiente evidencia que muestra una mayor sensibilidad (menor valor de CL50% o CE50%) en la exposición a metales para *D. magna* respecto de *V. fischeri* (Teodorovic *et al.*, 2009; Mansour *et al.*, 2015), (Tabla 4.3.4.). 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.*, 2015).

El ensayo con *H. attenuata* es generalmente más sensible en muestras ambientales (agua de arroyos ó 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).

Tabla 4.3.4. Valores de CL50% o CE50% en mg/L del metal activo o del compuesto orgánico.

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

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.

## 5 RESULTADOS

En el presente informe se reportan los resultados de las campañas del Programa de Monitoreo de Cuerpos de Agua del año 2022, realizado por el Servicio ECCA del Departamento de Desarrollo Ambiental de la Intendencia de Montevideo

La evaluación de los resultados obtenidos se realiza tomando como referencia la Clase 3 del Decreto 253/79 y modificativos: cursos de agua destinados a la preservación de los peces y otros integrantes de la flora y fauna hídrica.

El referido decreto establece la “ausencia de materiales flotantes y espumas no naturales”, por lo cual la presencia de residuos sólidos en varios cursos urbanos, representa un incumplimiento de las características citadas para dicha clase, más allá de la calidad del agua con relación a los demás parámetros. Por lo tanto, cuando en este informe se indique que un tramo de curso, cumple con la clase 3 del Decreto 253/79, se está haciendo referencia a que los parámetros de calidad de agua analizados son inferiores a los respectivos estándares de clase 3, y no a que la totalidad de las características del curso de agua se corresponden con dicha clase.

Con el fin de analizar la evolución de la calidad de los arroyos en forma integrada, se utiliza desde hace varios años el índice simplificado de calidad de agua ISCA, desarrollado por la Agencia Catalana del Agua. A pesar de las limitaciones que tiene en referencia a los parámetros que incluye, es una herramienta útil para una rápida evaluación del estado de los cuerpos de agua de Montevideo y su evolución en el tiempo.

En la figura 2.1 se presenta un mapa de los cursos principales de Montevideo, coloreados según las Categorías del índice ISCA anual.

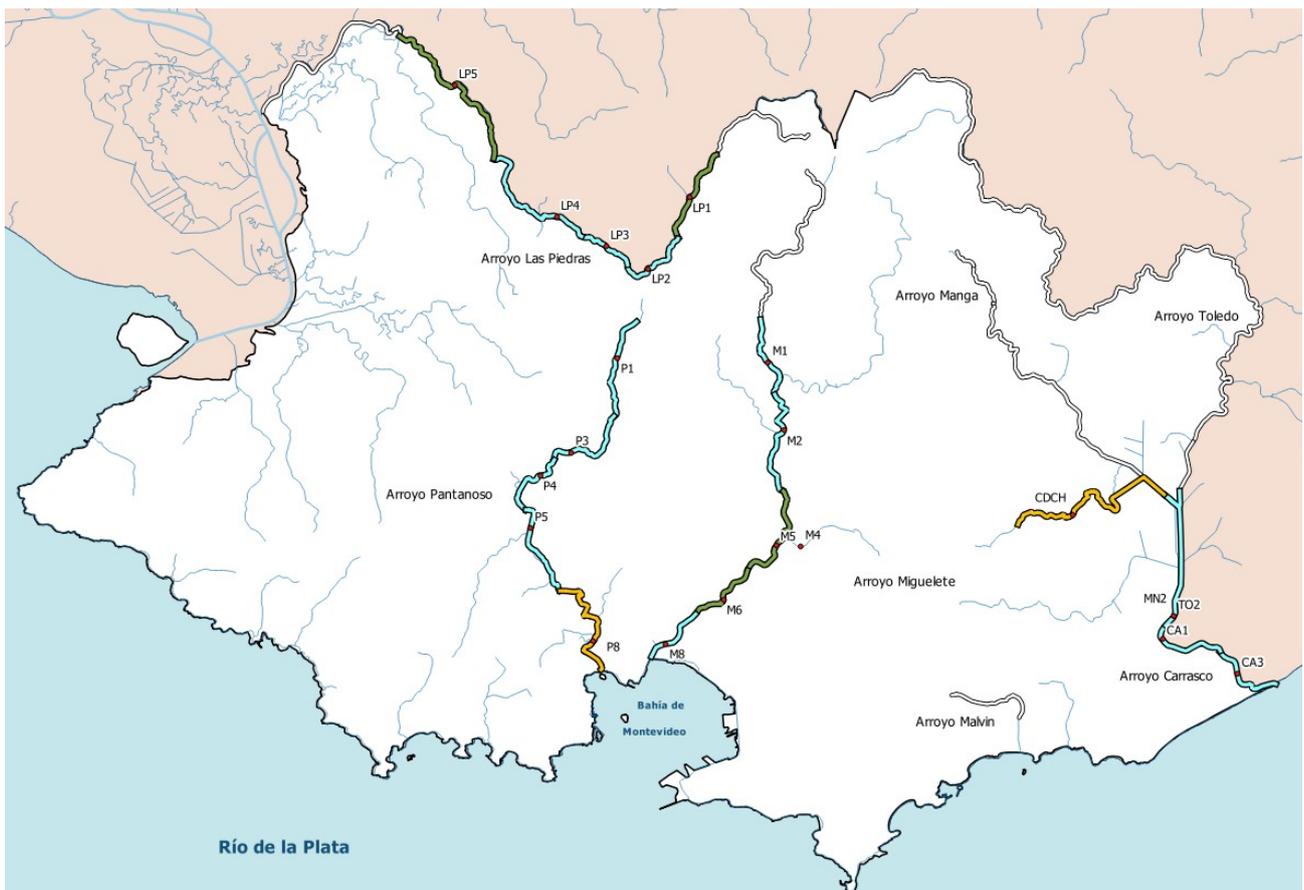
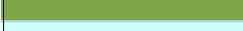


Figura 5.1. Mapa con tramos de los Cursos principales según Categorías del Índice ISCA, año 2022.

Actividad Característica	ISCA	Propiedades del Agua	Color de Referencia
Abastecimiento	86 - 100	Aguas de Montaña	
Balneario	76 - 85	Aguas Claras	
Pesca	61 - 75	Aguas Medias	
Náutica	46 - 60	Aguas Brutas	
Riego	31 - 45	Aguas Deterioradas	
Riego Forestal	16 - 30	Agua Residual Diluida	
Condición Peligrosa	0 - 15	Agua Residual	

Las medidas de efecto biológico constituyen otra familia de indicadores, adicional a la físico-química, muy relevante para el diagnóstico de la calidad de un ambiente por su capacidad de integrar los efectos de múltiples sustancias. Una de las herramientas ecotoxicológicas que permiten medir dichos efectos son los bioensayos, siendo útiles para determinar el riesgo por agentes contaminantes, conocidos o no, que se encuentran en el ambiente (Castillo-Morales, 2004). Dado que cada especie presenta características biológicas particulares y pueden tener una sensibilidad diferencial a los distintos contaminantes, es recomendable utilizar más de un bioensayo que se corresponda con distintos organismos de prueba.

En resumen, para el año 2022 se puede indicar que la especie afectada en todas las cuencas informadas es *Hydra attenuata*, siendo las más afectadas Arroyo Pantanoso y Arroyo Las Piedras (categoría muy tóxica). En tanto las cuencas de los arroyos Miguelete y Carrasco si bien muestran mayor variabilidad de los valores de efecto (desde levemente tóxico a muy tóxico) sus valores están muy por debajo de los observados para las cuencas Pantanoso y Las Piedras.

Otro elemento a observar es que tanto en Miguelete como Pantanoso la toxicidad disminuye en el sentido del curso y salvo un punto (M1) se observa que la estación que presenta mayores niveles de toxicidad es la del verano.

*Daphnia magna* y *Vibrio fischeri* presentan valores similares en todas las cuencas siendo los resultados categorizados mayoritariamente como no tóxico. La excepción se encuentra en la cuenca Pantanoso para *Vibrio fischeri* donde se encontraron resultados levemente tóxico y muy tóxico (P5 invernal).

## 5.1 ARROYO MIGUELETE Y TRIBUTARIOS

Las nacientes del arroyo Miguelete se ubican en la zona norte de Montevideo, en el tramo superior recibe afluentes como el arroyo Mendoza y la cañada Pajas Blancas, luego atraviesa una zona urbana, con importante presencia de asentamientos irregulares sin servicios de saneamiento, y finalmente desemboca en la Bahía de Montevideo. Durante el año 2022 se realizaron tres campañas de monitoreo en el curso principal y dos en sus tributarios (Figura 5.1.1)

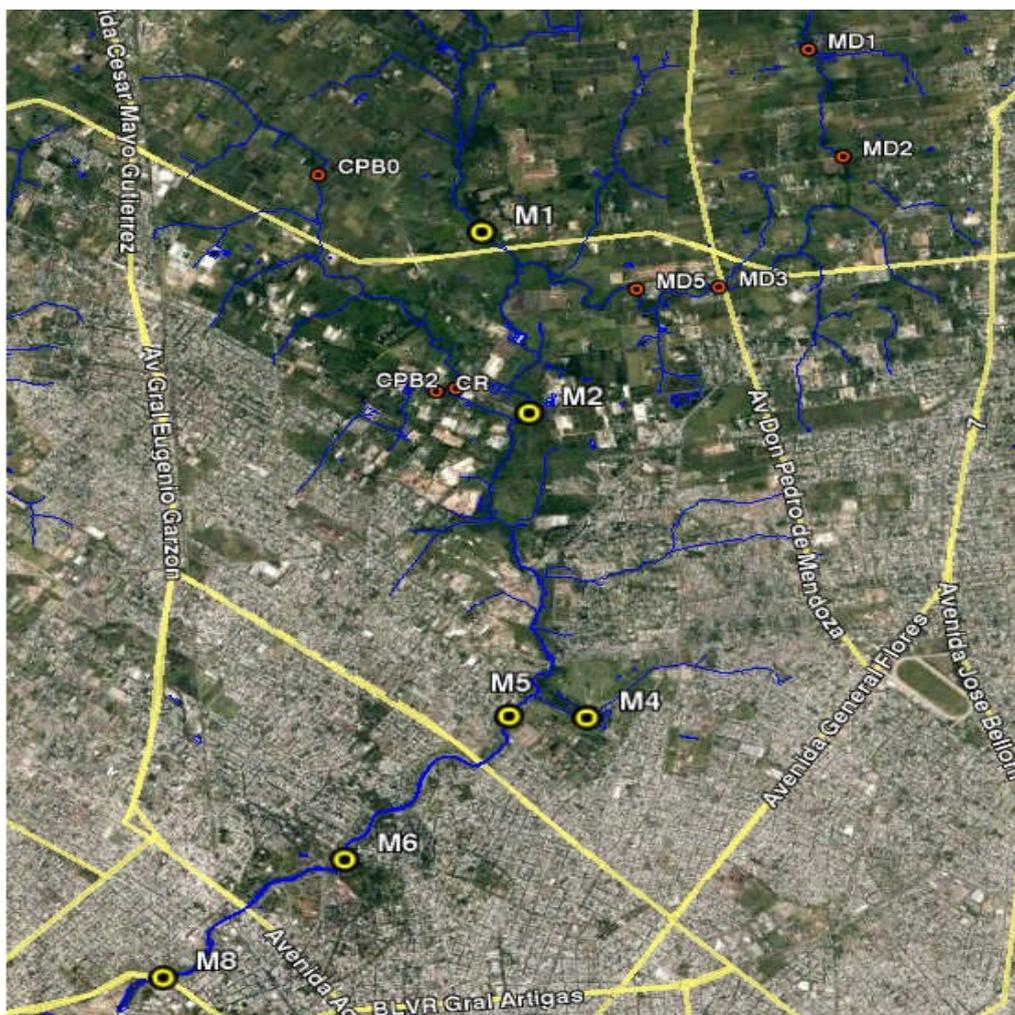


Figura.5.1.1. Estaciones de monitoreo del A° Miguelete y tributarios. Fuente Google Earth®

Las estaciones ubicadas sobre el curso principal son:

- M1: Cno. Osvaldo Rodríguez
- M2: Cno. Carlos A. López
- M4: Pluvial Casavalle – Crio. Del Norte
- M5: José M<sup>a</sup> Silva
- M6: Av. Luis A. De Herrera
- M8: Accesos a Montevideo

Las estaciones ubicadas sobre los tributarios son:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| Arroyo Mendoza       | MD1: Cno. Rigel                          |
|                      | MD2: Cno. Linneo                         |
|                      | MD3: Av. Pedro de Mendoza                |
|                      | MD5: aguas abajo de Av. Pedro de Mendoza |
| Cañada de la Cruz    | CR1: Cno. Coronel Raíz                   |
| Cañada Pajas Blancas | CPB0: Cno. Osvaldo Rodríguez             |
|                      | CPB2: Cno. Carlos A. López               |

### **Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos**

En la Tabla 5.1.1 se muestran las concentraciones de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH<sub>3</sub>) coliformes fecales

(Cf) tensoactivos aniónicos, cromo (Cr) y plomo (Pb) para las estaciones monitoreadas.

En color verde se indican aquellas concentraciones que cumplen con la normativa nacional vigente (Clase 3 del Decreto 253/79 y modificaciones posteriores) e internacional de referencia (USEPA, 2016). En color rojo se indican los incumplimientos para ambas normativas.

Tabla 5.1.1 Concentraciones de OD, DBO<sub>5</sub>, PT, NT, NH<sub>3</sub>, Cf, Tensoactivos, Cr y Pb del A<sup>o</sup> Miguelete (2022).

Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg N/L)	Amoniaco Libre (mg/L)	Tensoactivos (mg/L de LAS PM:318 g/mol)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)	Cromo (mg/L)	Plomo (mg/L)
M1	15/02/2022	2,86	2	1,53	15	0,025	0,30	8,6E+02	< 0,005	< 0,020
	11/05/2022	2,96	1	1,05	1,8	0,006	0,16	2,4E+02	0,017	< 0,020
	20/09/2022	6,47	2	6,26	6,7	0,006	0,20	8,0E+02	0,007	< 0,020
M2	15/02/2022	3,97	3	2,02	14	0,17	0,33	1,1E+03	< 0,005	< 0,020
	11/05/2022	2,90	6	3,31	34	0,21	0,47	2,9E+04	0,010	< 0,020
	20/09/2022	3,09	12	22,0	9,5	0,08	0,31	1,9E+03	0,008	< 0,020
M4	15/02/2022	-	-	-	-	-	-	2,1E+04	-	-
	11/05/2022	-	-	-	-	-	-	1,8E+06	-	-
	20/09/2022	-	-	-	-	-	-	4,9E+04	-	-
M5	15/02/2022	5,59	4	1,76	19	0,13	0,44	1,4E+04	< 0,005	< 0,020
	11/05/2022	2,20	9	2,44	23	0,13	0,66	2,8E+05	0,010	< 0,020
	20/09/2022	8,62	4	13,2	13	0,11	0,24	1,2E+04	< 0,005	< 0,020
M6	15/02/2022	4,94	5	1,85	15	0,11	0,42	3,5E+03	< 0,005	< 0,020
	11/05/2022	6,02	5	2,05	17	0,20	0,57	6,0E+03	0,011	< 0,020
	20/09/2022	8,42	4	12,2	14	0,032	0,20	6,4E+02	< 0,005	< 0,020
M8	15/02/2022	0,20	5	1,64	15	0,041	0,78	9,4E+03	< 0,005	< 0,020
	11/05/2022	3,40	3	2,15	15	0,26	0,50	1,7E+03	0,006	< 0,020
	20/09/2022	5,80	3	11,9	14	0,022	0,63	2,0E+03	< 0,005	< 0,020

Al igual que el años anteriores, durante el año 2022 se observaron valores de fósforo total y nitrógeno total superiores a los límites de las normativas en todas las estaciones de monitoreo (con la excepción del nitrógeno total en M1 del 11 de mayo). En el caso del parámetro DBO<sub>5</sub>, todas las estaciones presentan valores acordes a la normativa durante todo el año, salvo de M2 en el muestreo del 20 de setiembre. Se observan además valores puntuales de coliformes fecales superiores a los establecidos en la norma vigente, en las estaciones M2, M4, M5 y M6. Se destaca que la estación M4 está ubicada en la cañada Casavalle (canalizada en su mayor parte) y recibe el aporte de algunas zonas sin saneamiento así como vertimientos desde los aliviaderos de la red de saneamiento.

Se evalúa además la evolución de la calidad del agua utilizando el índice ISCA (Tabla 5.1.2).

Tabla 5.1.2. Evolución del Índice ISCA período 2005 – 2022.

Estación de Muestreo	ISCA 2005	ISCA 2006	ISCA 2007	ISCA 2008	ISCA 2009	ISCA 2010	ISCA 2011	ISCA 2012	ISCA 2013	ISCA 2014	ISCA 2015	ISCA 2016	ISCA 2017	ISCA 2018	ISCA 2019	ISCA 2020	ISCA 2021	ISCA 2022
M1	69	66	69	60	56	59	55	50	60	66	52	59	63	58	54	50	61	59
M2	64	62	61	58	50	57	60	57	61	61	52	58	60	56	59	57	58	54
M5	59	64	61	59	56	59	59	52	55	58	54	55	60	66	61	60	63	64
M6	59	63	61	61	54	61	58	46	55	59	57	58	61	65	67	63	64	67
M8	55	51	55	45	45	56	50	50	55	55	54	54	51	56	55	33	49	48

Actividad Característica	ISCA	Propiedades del Agua	Color de Referencia
Abastecimiento	86 - 100	Aguas de Montaña	
Bañero	76 - 85	Aguas Claras	
Pesca	61 - 75	Aguas Medias	
Náutica	46 - 60	Aguas Brutas	
Riego	31 - 45	Aguas Deterioradas	
Riego Forestal	16 - 30	Agua Residual Diluida	
Condición Peligrosa	0 - 15	Agua Residual	

En el año 2022 se mantienen las mismas categorías del ISCA del año anterior salvo en la estación M1 (ubicada en las nacientes) donde se observó una disminución en el valor del índice pasando de "Aguas Medias" a "Aguas Brutas".

### Evolución de parámetros - años 2016 a 2022

Se evalúa a continuación la evolución (puntual) de los siguientes parámetros: oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), y amoníaco libre (NH<sub>3</sub>) en los puntos de monitoreo del arroyo Miguelete para el período 2016 a 2022.

En la figura 5.1.2 se muestran los valores puntuales de concentración de oxígeno disuelto de las 5 estaciones de muestreo del arroyo Miguelete durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

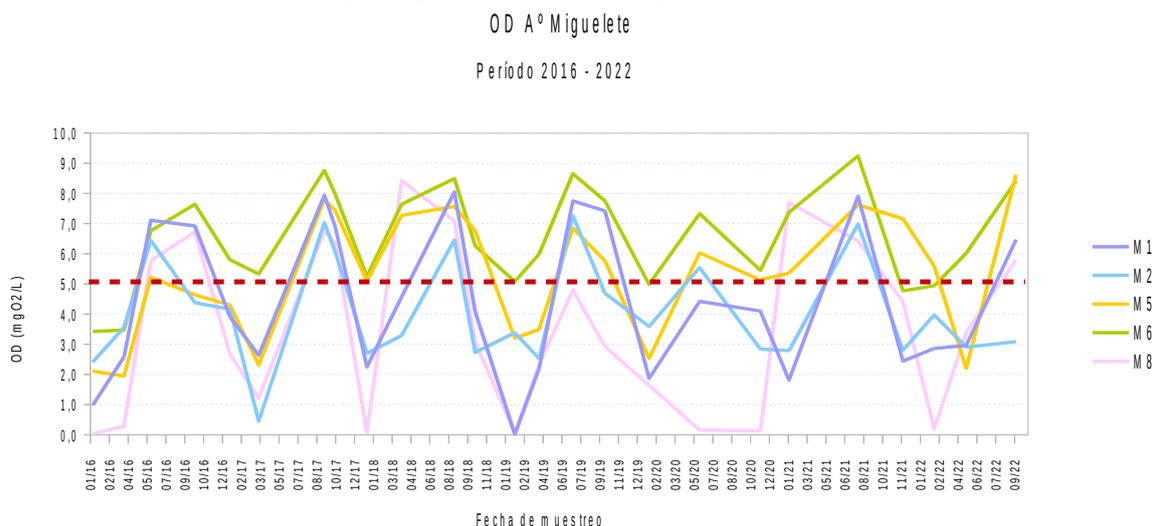


Figura 5.1.2. Concentración de oxígeno disuelto. La línea roja punteada indica el límite mínimo para cursos de agua Clase 3.

Se aprecia una variabilidad interanual en todas las estaciones de muestreo, con valores inferiores a 5,0 mgO<sub>2</sub>/L durante la época estival en la mayoría de las estaciones, salvo en la estación M6 que durante este período sus valores superaron el límite mínimo en un 90% de los muestreos. La estación con menores concentraciones de oxígeno disuelto es la M8 ubicada en la desembocadura del arroyo en la Bahía de Montevideo.

En la figura 5.1.3 se muestran los valores puntuales de DBO<sub>5</sub> de las 5 estaciones de muestreo del arroyo Miguelete durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

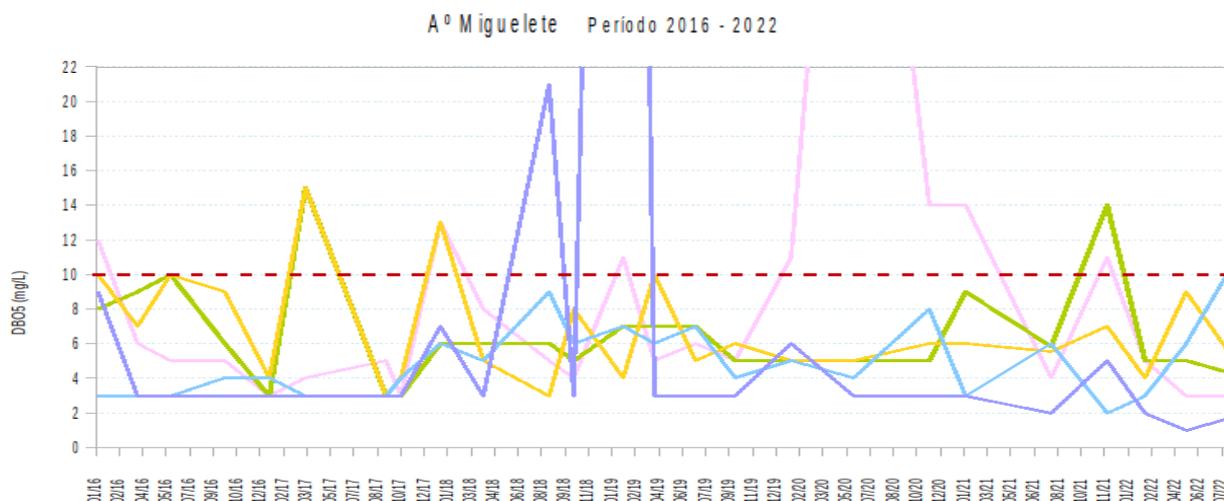


Figura 5.1.3. Variación de DBO<sub>5</sub>. La línea roja punteada indica el límite máximo para cursos de agua clase 3.

Del gráfico anterior se destacan los valores puntuales extremos de DBO<sub>5</sub> registrados en las estaciones M1 (120 mg/L en enero de 2019) y M8 (53 mg/L en junio de 2020). Durante el período analizado se observa en el resto de las estaciones de monitoreo concentraciones inferiores o levemente superiores al máximo establecido, en la mayoría de los muestreos.

En la figura 5.1.4 se muestran los valores puntuales de fósforo total de las 5 estaciones de muestreo del arroyo Miguelete durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

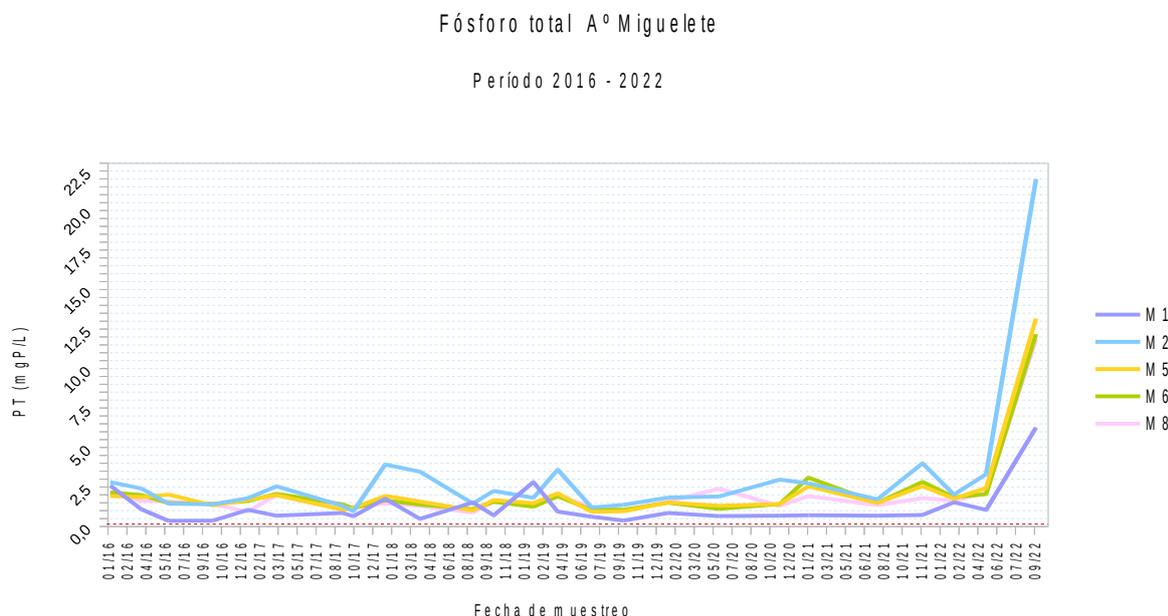


Figura 5.1.4. Concentración de fósforo total. La línea roja punteada indica (aproximadamente) el límite máximo para cursos de agua Clase 3 correspondiente a 0,025 mg P/L.

Se aprecia en la figura anterior que durante el período analizado y en todo el tramo del curso se supera la concentración máxima exigida en la normativa nacional (0,025mgP/L). A partir del año 2022 se elevaron considerablemente las concentraciones de PT en todo el curso, destacándose los valores registrados durante el muestreo de setiembre del año 2022, con una concentración puntual de 6,3 mg P/L en M1 y 22 mg P/L en M2.

Para el parámetro nitrógeno total de las 5 estaciones de muestreo del arroyo Miguelete durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive, se muestra en la figura 5.1.5 las concentraciones puntuales.

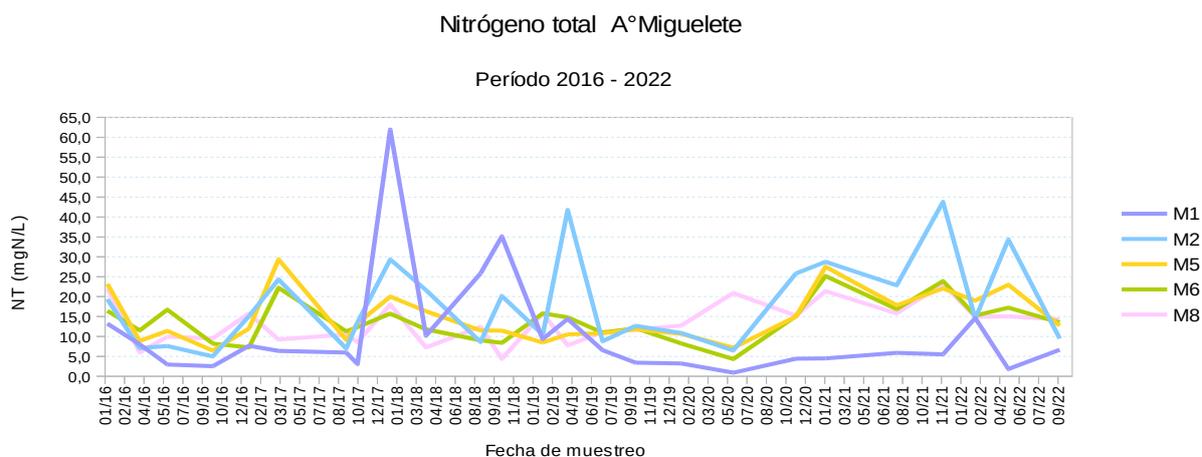


Figura 5.1.5. Concentración de nitrógeno total del período 2016 a 2022.

Se destaca que las concentraciones más elevadas del período analizado se registraron en las estaciones M1 (62 mg N/L en enero de 2018) y M2 (44 mg N/L en noviembre de 2021), ambas estaciones ubicadas cercanas a las nacientes del curso de agua.

En la figura 5.1.6 se muestran los valores puntuales de amoníaco libre en las 5 estaciones de muestreo durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

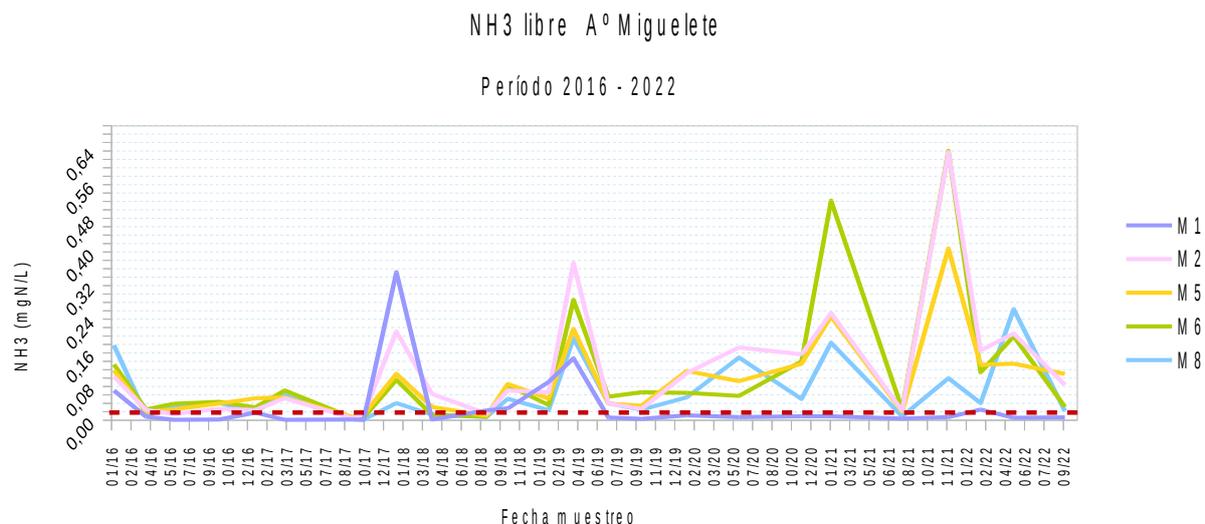


Figura 5.1.6. Concentración de amoníaco libre. La línea roja punteada indica el límite máximo para cursos de agua Clase 3 (0,020 mgN/L).

En la figura anterior se destaca la ocurrencia de eventos con elevadas concentraciones en todo el tramo del arroyo (abril de 2019, a manera de ejemplo) siendo la máxima registrada del período en la estación M2 (0,637 mg N/L en noviembre de 2021).

### Tributarios del Arroyo Miguelete

Durante el año 2022 se realizaron dos campañas de monitoreo en el arroyo Mendoza y las cañadas Pajas Blancas y de la Cruz. Estos cursos de agua desembocan en el tramo superior del arroyo Miguelete (ver Figura 5.1.1)

Tabla 5.1.3. Concentraciones de OD, DBO<sub>5</sub>, PT, NT, NH<sub>3</sub>, Colif. fecales en Tributarios A° Miguelete (2022)

	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg N/L)	Amoníaco Libre (mg N/L)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)
Arroyo Mendoza	MD2	29/03/2022	4,11	2	0,82	4,8	0,018	1,2E+03
		20/07/2022	4,75	3	0,84	6,2	0,007	2,6E+03
	MD3	29/03/2022	3,79	4	1,69	6,1	0,115	1,2E+03
		20/07/2022	3,88	6	1,40	11	0,058	2,4E+03
	MD5	29/03/2022	2,72	3	1,41	7,9	0,089	7,9E+03
		20/07/2022	4,38	5	1,78	13	0,083	4,9E+03
Cañada Pajas Blancas	CPB0	29/03/2022	2,60	5	0,61	2,6	0,006	4,4E+02
		20/07/2022	2,96	2	0,70	5,8	0,004	4,6E+02
	CPB2	29/03/2022	6,06	2	1,09	3,1	0,008	1,2E+03
		20/07/2022	7,92	6	1,26	6,4	0,004	7,6E+02
Cañada de la Cruz	CR1	29/03/2022	3,29	2	1,17	6,8	0,037	4,0E+03
		20/07/2022	6,89	2	0,76	7,6	0,006	3,0E+02

Se destaca durante todo el año 2022:

- valores de DBO<sub>5</sub> acordes a la normativa en todas las estaciones de monitoreo,
- incumplimientos para los parámetros fósforo y nitrógeno en todas las estaciones de monitoreo,
- concentraciones de oxígeno disuelto y amoníaco libre que no cumplen con los límites de la normativa en todas las estaciones del arroyo Mendoza y CPB0 de la cañada Pajas Blancas.

El resto de los parámetros analizados registraron valores de incumplimientos en forma intermitente a lo largo del año según la estación y la temporada de muestreo.

## 5.2 ARROYO PANTANOSO Y TRIBUTARIOS

El Arroyo Pantanoso nace en la zona noroeste de Montevideo y tiene un recorrido norte-sur, para luego desembocar en la Bahía de Montevideo. En su trayecto recibe aportes de residuos sólidos resultado de la clasificación informal de residuos, así como aguas residuales de origen industrial y doméstico, que impacta de forma negativa en la calidad de sus aguas.

Durante el año 2022 se realizaron tres muestreos en el curso principal y dos muestreo en sus tributarios (Figura 5.2.1).

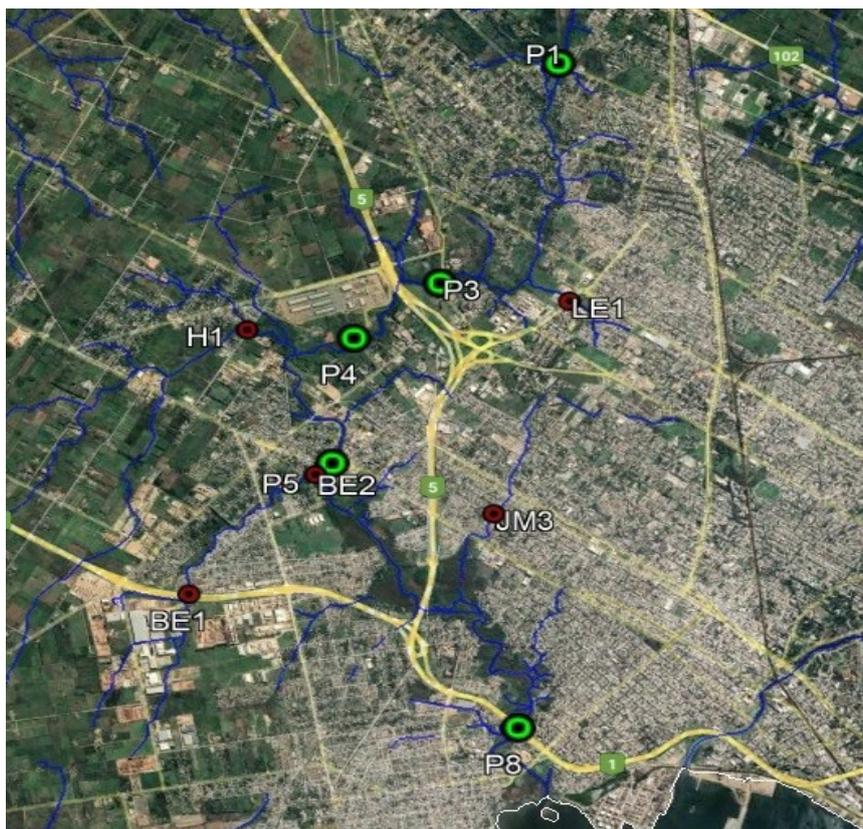


Figura 5.2.1. Estaciones de monitoreo del Aº Pantanoso y tributarios. Fuente Google Earth®

Estaciones de monitoreo ubicadas en el curso principal:

- P1: Cno. Colman
- P3: Cno. Melilla
- P4: Cno. De la Granja
- P5: Av. Luis Batlle Berres
- P8: Accesos a Montevideo

Estaciones en tributarios:

- LE1: Cañada Lecocq y Cno. Lecocq
- BE1: Cañada Bellaca y Ruta Nº1
- BE2: Cañada Bellaca y Calle Martín Artigas
- H1: Afluente margen derecha y Cno. de la Higuera
- JM3 (\*): Rambla Costanera de la Cañada Jesús María y Carlos de la Vega

(\*) Sustituye a la estación JM2 ubicada sobre Av. Luis Batlle Berrres, por falta de accesibilidad y condiciones de seguridad para los muestreadores.

## Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

En la Tabla 5.2.1 se muestran los valores de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH<sub>3</sub>), tensoactivos aniónicos, coliformes fecales (Cf), cromo (Cr) y plomo (Pb) para todas las estaciones de la cuenca. En color verde se indican aquellas concentraciones que cumplen con la normativa nacional vigente (Decreto 253/79 y modificaciones posteriores) e internacional de referencia (USEPA, 2016). En color rojo se indican los incumplimientos para ambas normativas.

Tabla 5.2.1. Concentraciones de OD, DBO<sub>5</sub>, PT, NT, NH<sub>3</sub>, Cf, Tensoactivos, Cr y Pb del A° Pantanoso (2022)

Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg N/L)	Amoníaco Libre (mg/L)	Tensoactivos (mg/L de LAS PM:318 g/mol)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)	Cromo (mg/L)	Plomo (mg/L)
P1	15/03/2022	2,40	10	10,00	15,8	0,10	0,83	2,2E+05	0,005	< 0,020
	18/05/2022	3,98	7	7,00	18,1	0,06	0,63	6,0E+04	< 0,005	< 0,020
	28/09/2022	3,12	23	23,00	19,3	0,09	1,62	1,0E+05	0,006	< 0,020
P3	08/03/2022	1,16	6	6,00	34,9	0,25	1,05	1,6E+05	< 0,005	< 0,020
	18/05/2022	3,37	6	6,00	10,4	0,09	0,57	1,9E+05	< 0,005	< 0,020
	28/09/2022	1,17	14	14,00	16,9	0,14	1,01	2,3E+05	< 0,005	< 0,020
P4	08/03/2022	2,30	8	8,00	23,5	0,29	1,10	7,0E+03	0,015	< 0,020
	18/05/2022	2,50	14	14,00	16,8	0,12	1,30	4,6E+05	< 0,005	< 0,020
	28/09/2022	0,12	26	26,00	31,7	0,39	1,10	4,5E+05	< 0,005	< 0,020
P5	08/03/2022	3,16	5	5,00	34,3	0,27	0,42	5,6E+03	< 0,005	< 0,020
	18/05/2022	2,39	16	16,00	28,7	0,14	1,34	< 20	< 0,005	< 0,020
	28/09/2022	2,50	7	7,00	40,4	0,24	0,85	4,7E+04	0,008	< 0,020
P8	08/03/2022	0,08	50	50,00	49,7	0,21	2,21	1,6E+06	0,008	< 0,020
	18/05/2022	0,20	14	14,00	25,0	0,06	0,93	5,8E+05	0,012	< 0,020
	28/09/2022	0,45	7	7,00	10,1	0,13	0,93	2,2E+05	0,005	< 0,020

En todas las muestras se registraron concentraciones de oxígeno disuelto, fósforo total, nitrógeno total y amoníaco libre que no cumplen con los límites de las normativas de referencia.

Se detectaron valores de DBO<sub>5</sub> y tensoactivos aniónicos acordes a la normativa de referencia en algunos muestreos, mientras que los coliformes fecales solamente están por debajo del límite en una sola estación de monitoreo (P5 - mes de mayo). Para los metales analizados (cromo y plomo), las concentraciones registradas estuvieron por debajo de los límites de la norma nacional vigente.

Es importante señalar que este curso sufre una continua presión de vertimientos de residuos sólidos, así como descargas de aguas residuales provenientes en general de los asentamientos ubicados en sus márgenes.

A continuación se evalúa la evolución de la calidad del agua mediante el índice ISCA desde el año 2005 al 2022 (Tabla 5.2.2).

Tabla 5.2.2 Índice ISCA período 2005 – 2022

Estación de Muestreo	ISCA 2005	ISCA 2006	ISCA 2007	ISCA 2008	ISCA 2009	ISCA 2010	ISCA 2011	ISCA 2012	ISCA 2013	ISCA 2014	ISCA 2015	ISCA 2016	ISCA 2017	ISCA 2018	ISCA 2019	ISCA 2020	ISCA 2021	ISCA 2022
P1	58	56	62	52	45	53	26	41	46	50	41	53	53	49	49	39	41	56
P3	50	50	48	49	47	54	45	45	49	47	46	47	50	49	45	51	51	54
P4	50	48	48	41	41	48	40	43	45	47	45	41	47	47	43	54	50	50
P5	48	43	38	43	42	41	32	35	39	40	38	49	50	48	42	60	53	50
P8	25	25	33	45	41	47	34	39	39	37	38	38	36	35	39	40	39	42

Actividad Característica	ISCA	Propiedades del Agua	Color de Referencia
Abastecimiento	86 - 100	Aguas de Montaña	
Balneario	76 - 85	Aguas Claras	
Pesca	61 - 75	Aguas Medias	
Náutica	46 - 60	Aguas Brutas	
Riego	31 - 45	Aguas Deterioradas	
Riego Forestal	16 - 30	Agua Residual Diluida	
Condición Peligrosa	0 - 15	Agua Residual	

En el año 2022 la estación de monitoreo P1 cambió de categoría de “Aguas Deterioradas” a “Aguas Brutas”, el resto de las estaciones no registraron cambios respecto al año anterior.

### Evolución de parámetros - años 2016 a 2022

En los siguiente párrafos se muestra la evolución histórica de los siguiente parámetros parámetros: oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), y amoníaco libre (NH<sub>3</sub>) para el período 2016 a 2022, en las cinco estaciones de monitoreo del arroyo Pantanoso.

En la figura 5.2.2 se muestran los valores puntuales de concentración de oxígeno disuelto de las 5 estaciones de muestreo durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

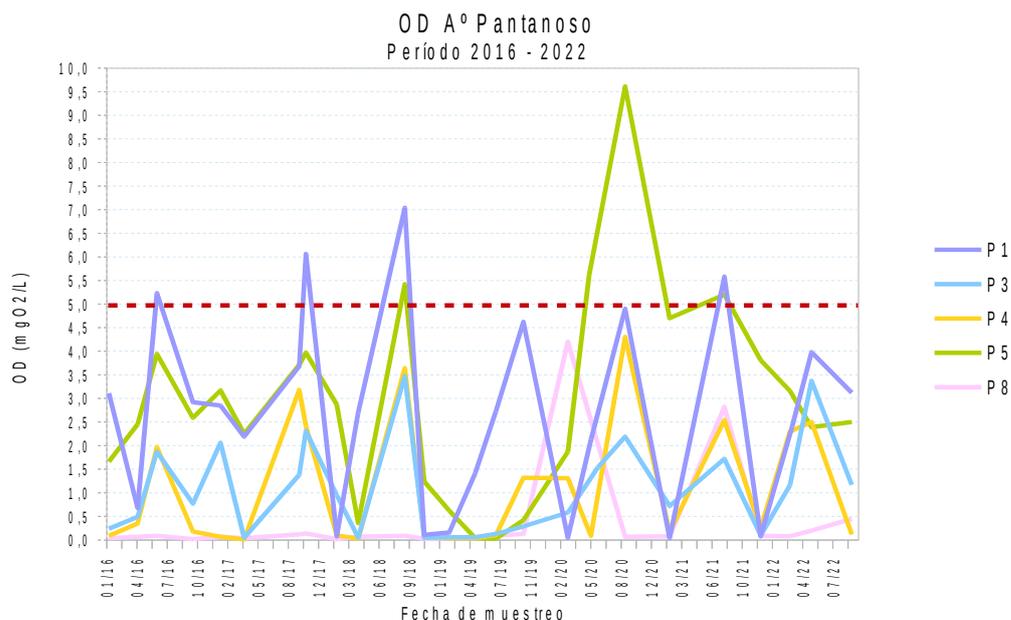


Figura 5.2.2. Concentración de oxígeno disuelto. La línea roja punteada indica el límite mínimo para cursos de agua Clase 3.

Durante el período de análisis se registra una variabilidad interanual con valores menores en la época estival, sin embargo las concentraciones de OD en su mayoría permanecen por debajo del límite mínimo establecido en la normativa (5,0 mgO<sub>2</sub>/L), sólo las estaciones P1 y P5 registraron algunas concentraciones superiores al límite.

En la figura 5.2.3 se muestran los valores puntuales de DBO<sub>5</sub> de las 5 estaciones de muestreo del arroyo Pantanoso durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

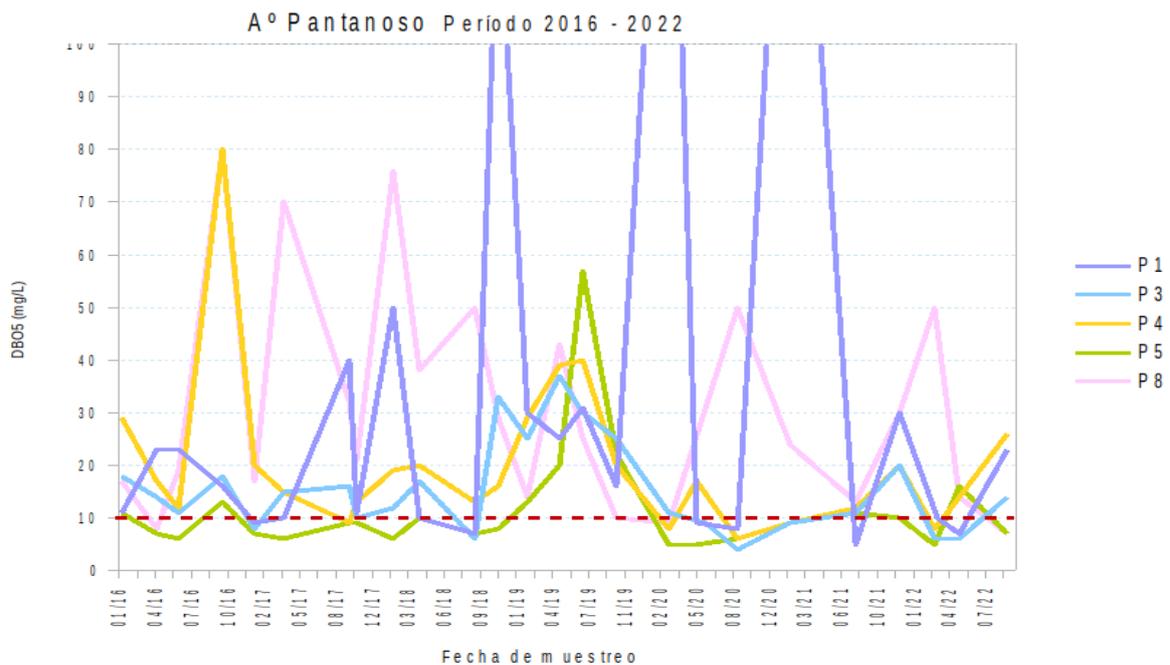


Figura 5.2.3. Demanda bioquímica de oxígeno. La línea roja punteada indica el límite máximo para cursos de agua Clase 3.

Del gráfico anterior se destacan las concentraciones de  $DBO_5$  puntuales extremas registradas en la estación P1 (130 mg/L en noviembre de 2018 y 180 mg/L en marzo de 2020 y febrero de 2021).

Se destaca la estación P5, que en el período 2016 a 2022 cumplió con la normativa en un 75% de los muestreos aproximadamente.

En la figura 5.2.4 se muestran los valores puntuales de fósforo total de las 5 estaciones de muestreo del arroyo Pantanoso, durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

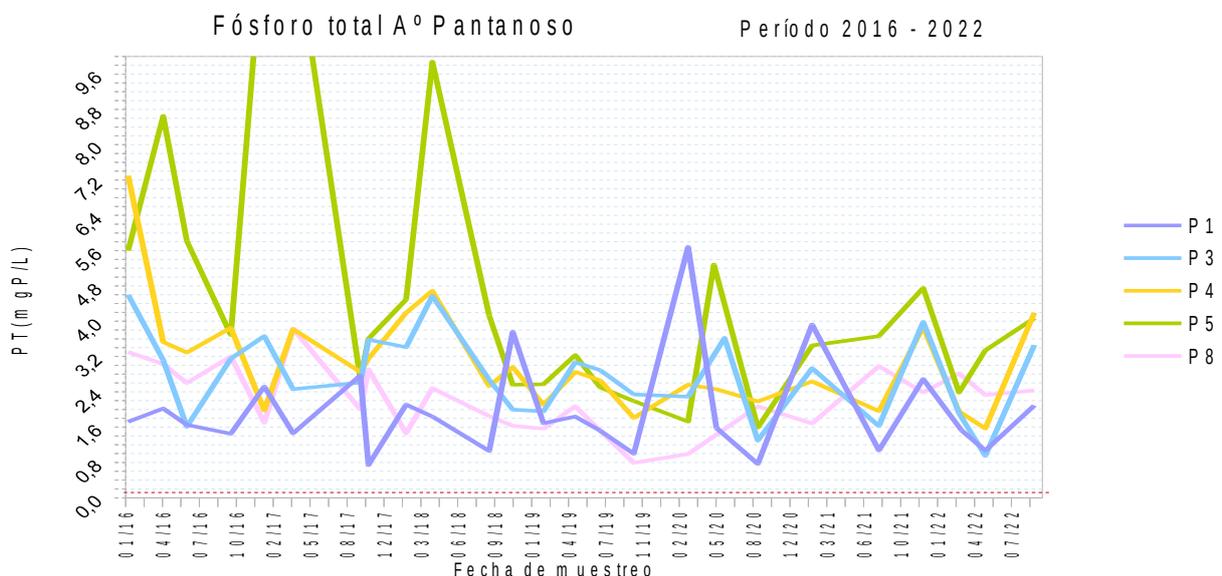


Figura 5.2.4. Concentración de fósforo total. La línea roja punteada indica (aproximadamente) el límite máximo para cursos de agua Clase 3 (0,025 mgP/L).

Se aprecia en la figura anterior que durante el período analizado y en todo el tramo del curso se supera la concentración máxima exigida en la normativa nacional (0,025mg P/L) en varios órdenes de magnitud, destacándose las concentraciones puntuales elevadas, registradas en la estación P5 en los meses de marzo y abril de los años 2016, 2017 y 2018 (8,7 a 12,9 mg P/L).

En la figura 5.2.5 se muestran los valores puntuales de nitrógeno total de las 5 estaciones de muestreo del arroyo Pantanoso durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

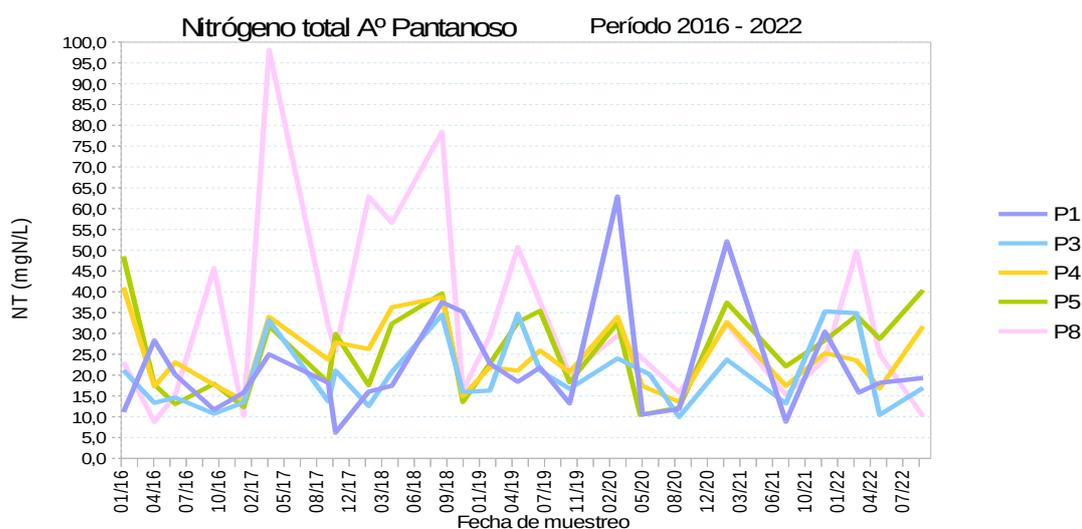


Figura 5.2.5. Concentraciones de nitrógeno total del período 2016 a 2022.

Se aprecia que las concentraciones puntuales máximas del período analizado se registraron con mayor frecuencia en la estación P8 ubicada en la salida del arroyo hacia la Bahía (50 a 98 mg N/L). En el resto de las estaciones de muestreo las concentraciones del período analizado oscilaron entre 6,2 hasta 63 mg N/L (estación P1 ubicada en las nacientes del curso).

En la figura 5.2.6 se muestran los valores puntuales de amoníaco libre en las 5 estaciones de muestreo del arroyo Pantanoso durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

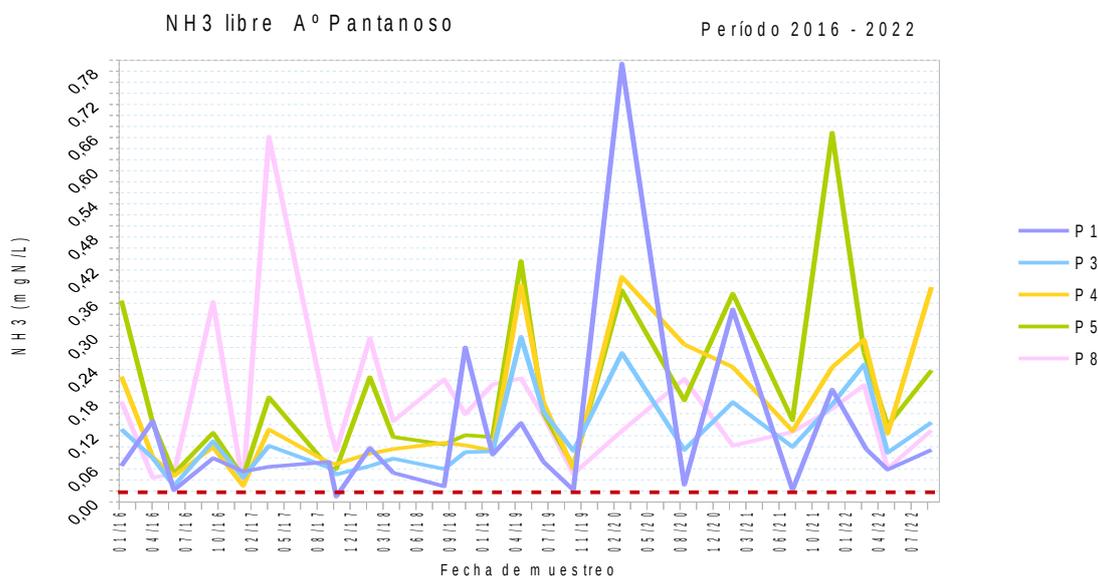


Figura 5.2.6. Concentraciones de amoníaco libre. La línea roja punteada indica el límite máximo para cursos de agua Clase 3.

Se observa que las concentraciones de  $\text{NH}_3$  libre son superiores al límite máximo de la normativa (0,020 mg N/L), existiendo concentraciones tan elevadas como 0,79 mg N/L en la estación P1 en el año 2020 y 0,67 mg N/L en P5 en el año 2022.

## Tributarios del Arroyo Pantanoso

Durante el año 2022 se registraron incumplimientos para varios de los parámetros estudiados en las estaciones de monitoreo (valores en rojo de la Tabla 5.2.3).

Tabla 5.2.3. Concentraciones puntuales de OD, DBO<sub>5</sub>, PT, NT, NH<sub>3</sub>, y Cf. Tributarios A° Pantanoso (2022)

	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg N/L)	Amoniaco Libre (mg N/L)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)
Cañada Bellaca	BE1	09/02/2022	6,75	2	0,32	2,3	0,012	6,1E+03
		09/08/2022	7,19	7	0,75	8,7	0,011	4,6E+04
	BE2	09/02/2022	4,36	3	0,61	4,9	0,036	1,4E+04
		09/08/2022	5,18	4	0,88	11,2	0,024	9,7E+03
Cañada de la Higuera	H1	09/02/2022	4,09	5	1,27	3,1	0,017	7,3E+03
		09/08/2022	4,39	4	0,92	6,2	0,003	2,0E+03
Cañada Lecocq	LE1	09/02/2022	4,18	35	1,08	8,5	0,194	7,0E+04
		09/08/2022	4,25	10	1,39	15,7	0,127	4,2E+04
Cañada Jesús María	JM3	09/08/2022	14,6	7	0,74	6,4	0,068	1,2E+05

De la tabla anterior se aprecia que los niveles de fósforo y nitrógeno total en los dos muestreos y en todos los tributarios fueron superiores a los límites de la normativa nacional e internacional, especialmente se destacan las elevadas concentraciones puntuales de nitrógeno total (2,3 a 15,7) mg N/L. Los coliformes fecales estuvieron dentro del límite de la normativa solamente en el muestreo de invierno de la estación H1. El parámetro DBO<sub>5</sub> tuvo un solo incumplimiento de la normativa en el muestreo de febrero en la estación LE1.

## 5.3 ARROYO LAS PIEDRAS

En el año 2022 en el Arroyo Las Piedras, se realizaron tres muestreos en cinco estaciones de monitoreo. En la figura 5.3.1 se muestra la ubicación de las mismas.

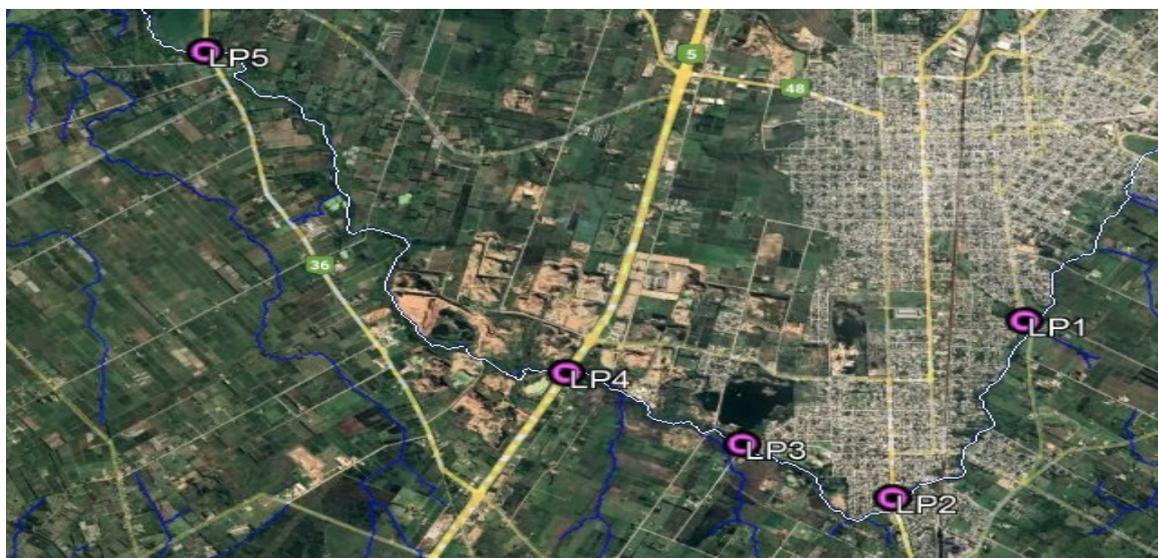


Figura 5.3.1. Estaciones de monitoreo del A° Las Piedras. Fuente Google Earth®

Estaciones en el curso principal

LP1: Cno. Julio Sosa

LP2: Av. Cesar Mayo Gutiérrez

LP3: Cno. El Cuarteador

LP4: Ruta N° 5

LP5: Ruta N° 36 – Cno. Melilla

## Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

En la Tabla 5.3.1 se muestran los valores de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH<sub>3</sub>), coliformes fecales (Cf), tensoactivos aniónicos y metales (Cr) y (Pb).

En color verde se indican aquellas concentraciones que cumplen con la normativa nacional vigente (Decreto 253/79 y modificaciones posteriores) e internacional de referencia (USEPA, 2016). En color rojo se indican los incumplimientos para ambas normativas.

Tabla 5.3.1. Concentraciones de OD, DBO<sub>5</sub>, PT, NT, NH<sub>3</sub>, Cf, Tensoactivos, Cr y Pb de A<sup>o</sup> Las Piedras 2022

Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg N/L)	Amoníaco Libre (mg/L)	Tensoactivos (mg/L de LAS PM:318 g/mol)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)	Cromo (mg/L)	Plomo (mg/L)
LP1	15/03/2022	4,4	4,0	1,43	17,3	0,154	0,44	2,3E+03	< 0,005	0,006
	31/05/2022	6,0	5,0	1,21	44,1	0,035	0,61	1,2E+04	< 0,005	< 0,020
	18/10/2022	5,1	7,0	2,40	12,8	0,141	0,56	5,6E+03	< 0,005	< 0,020
LP2	15/03/2022	1,1	11,0	1,65	15,9	0,189	1,12	4,5E+05	< 0,005	0,005
	31/05/2022	4,0	11,0	1,38	14,2	0,057	0,91	6,4E+04	0,006	< 0,020
	18/10/2022	0,6	16,0	2,08	11,8	0,369	1,16	3,1E+05	< 0,005	< 0,020
LP3	15/03/2022	2,3	11,0	1,99	22,7	0,271	0,61	8,7E+04	< 0,005	0,005
	31/05/2022	5,8	7,0	2,32	15,2	0,118	0,96	3,5E+04	< 0,005	< 0,020
	18/10/2022	2,8	19,0	2,68	18,5	0,383	1,60	1,1E+05	< 0,005	< 0,020
LP4	15/03/2022	2,9	10,0	2,25	36,3	0,368	0,44	2,5E+04	0,005	0,011
	31/05/2022	6,5	8,0	2,40	31,9	0,182	0,84	2,0E+04	0,007	< 0,020
	18/10/2022	2,1	13,0	2,83	21,4	0,478	1,03	9,7E+03	< 0,005	< 0,020
LP5	15/03/2022	4,8	5,0	1,87	27,9	0,197	0,28	2,0E+03	< 0,005	0,007
	31/05/2022	7,9	6,0	1,78	11,0	0,126	0,29	2,0E+03	< 0,005	< 0,020
	18/10/2022	6,1	7,0	2,19	12,6	0,286	0,15	1,3E+03	0,006	< 0,020

En líneas generales se puede observar que durante el año 2022:

- Las concentraciones de oxígeno disuelto cumplieron con la normativa en un 40% de los muestreos. Durante el muestreo de verano (marzo), no se llegó a superar el mínimo de 5,0 mg/L de OD en ninguna de las estaciones de monitoreo. La estación de monitoreo LP2 registró valores de OD inferiores al límite durante los 3 muestreos.
- Los valores de DBO<sub>5</sub> cumplieron con la normativa en un 60% de los muestreos. En la estación LP2 se superó el límite en los tres muestreos anuales. Las estaciones LP1 y LP5 registraron concentraciones inferiores a 10 mg/L en todas las campañas de muestreo.
- Las concentraciones de PT, NT y NH<sub>3</sub> libre superan en varios órdenes de magnitud a los límites de la normativa nacional e internacional de referencia.
- Las concentraciones puntuales de coliformes fecales cumplieron con la normativa solamente en la estación LP5.
- Se registraron valores de plomo y cromo acordes a los límites de la normativa en todas las estaciones de monitoreo.

Se evalúa además la evolución de la calidad del agua respecto a años anteriores mediante el índice ISCA. (En la Tabla 5.3.2 se muestra la evolución del índice ISCA desde el 2005 al 2022).

Tabla 5.3.2. Índice ISCA período 2005 – 2022

	Estación de Muestreo	ISCA 2005	ISCA 2006	ISCA 2007	ISCA 2008	ISCA 2009	ISCA 2010	ISCA 2011	ISCA 2012	ISCA 2013	ISCA 2014	ISCA 2015	ISCA 2016	ISCA 2017	ISCA 2018	ISCA 2019	ISCA 2020	ISCA 2021	ISCA 2022
A° Las Piedras	LP1	71	74	69	72	68	67	65	70	66	72	69	66	64	60	63	59	59	63
	LP2	59	71	59	51	58	59	55	65	60	68	61	62	61	56	56	53	54	52
	LP3	54	56	55	60	60	69	61	65	64	69	59	56	59	53	57	51	49	54
	LP4	44	31	38	51	55	61	60	62	61	66	59	58	61	55	55	52	50	52
	LP5	62	63	54	54	53	63	61	63	61	69	67	64	61	60	63	60	59	63

Actividad Característica	ISCA	Propiedades del Agua	Color de Referencia
Abastecimiento	86 - 100	Aguas de Montaña	
Balneario	76 - 85	Aguas Claras	
Pesca	61 - 75	Aguas Medias	
Náutica	46 - 60	Aguas Brutas	
Riego	31 - 45	Aguas Deterioradas	
Riego Forestal	16 - 30	Agua Residual Diluida	
Condición Peligrosa	0 - 15	Agua Residual	

Se aprecia en la Tabla 5.3.2 que las estaciones de monitoreo LP1 y LP5 cambiaron de categoría “Aguas Brutas” a “Aguas Medias” en el año 2022, mientras que el resto se mantuvieron en la misma que el año anterior.

### Evolución de parámetros - años 2016 a 2022

A continuación se describe la evolución histórica de los siguiente parámetros: oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), y amoníaco libre (NH<sub>3</sub>) para el período 2016 a 2022, en las cinco estaciones de monitoreo ubicadas sobre el arroyo Las Piedras.

En la figura 5.3.2 se muestran los valores puntuales de concentración de oxígeno disuelto de todas las estaciones de monitoreo durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

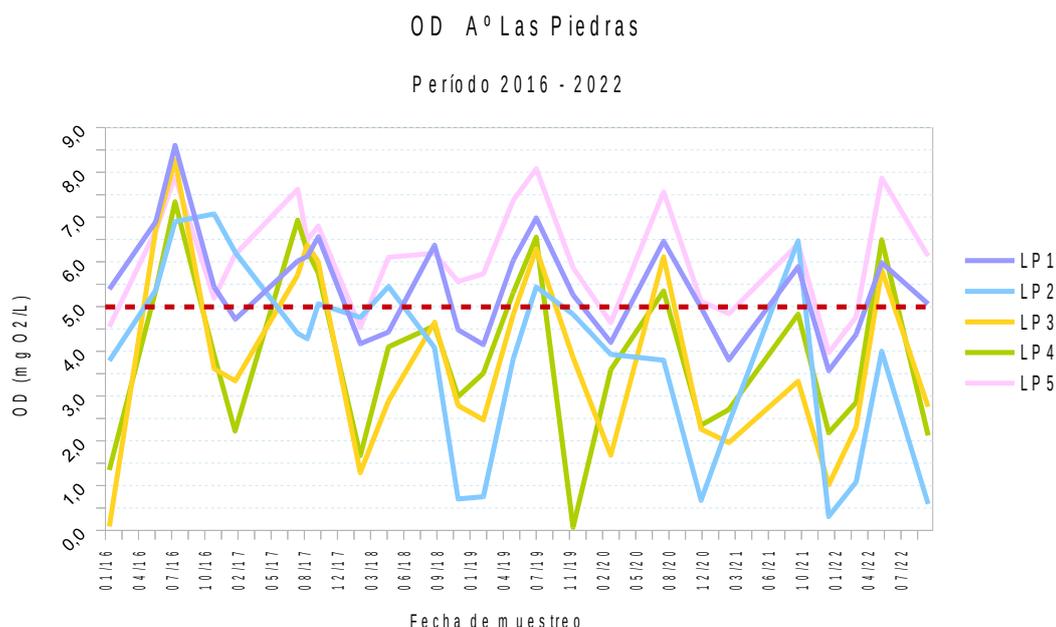


Figura 5.3.2. Concentración de oxígeno disuelto. La línea roja punteada indica el límite mínimo (5,0 mg O<sub>2</sub>/L) para cursos de agua Clase 3.

En el gráfico anterior se aprecia la variabilidad interanual de la concentración de oxígeno disuelto, con valores menores en los muestreos estivales y mayores en época invernal durante todo el período 2016 a 2022. De todas formas se puede destacar que la estación LP5 es la que ha registrado concentraciones de OD superiores a 5,0 mg O<sub>2</sub>/L en la mayoría de los monitoreos del período y la más afectada para este parámetro, con concentraciones menores al límite es LP2.

En la figura 5.3.3 se muestran los valores puntuales de DBO<sub>5</sub> de las 5 estaciones de muestreo del arroyo Las Piedras durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

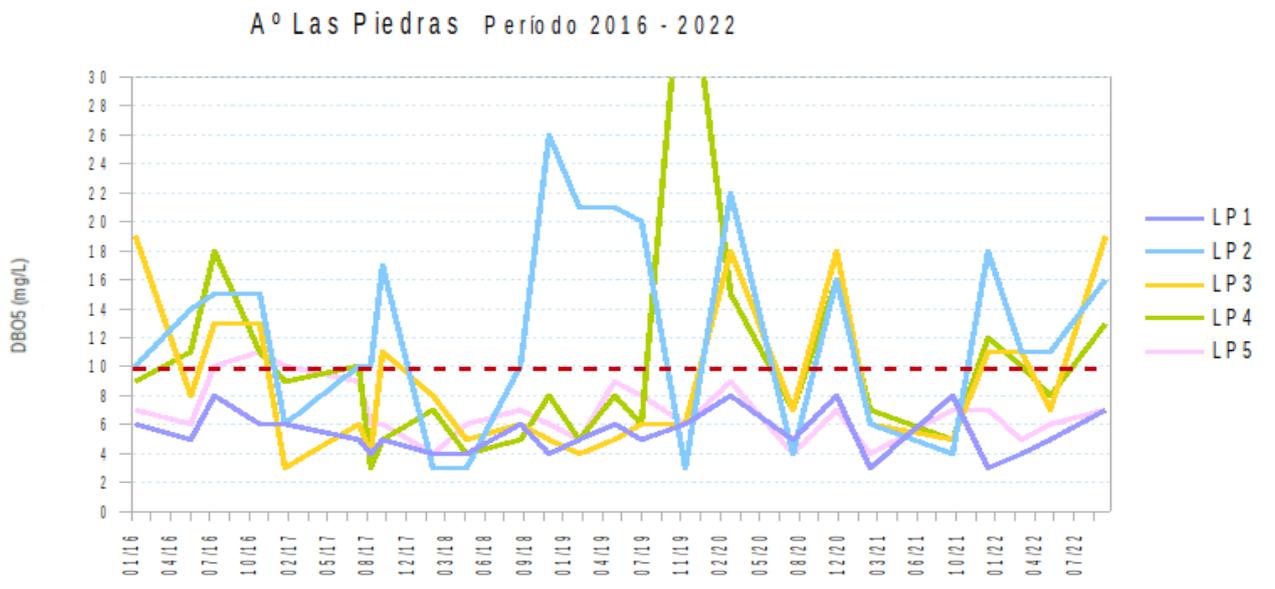


Figura 5.3.3. Demanda bioquímica de oxígeno. La línea roja punteada indica el límite máximo (10 mg/L) para cursos de agua Clase 3.

Del gráfico anterior se destacan los valores puntuales extremos registrados en las estaciones LP2 (26 mg/L en noviembre de 2018) y LP4 (40 mg/L en noviembre de 2019). La estación LP1 registró concentraciones menores al límite en todo el período analizado, y la estación LP5 cumplió con la normativa a partir del año 2017.

En la figura 5.3.4 se muestran los valores puntuales de fósforo total de las 5 estaciones de muestreo del arroyo Las Piedras durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

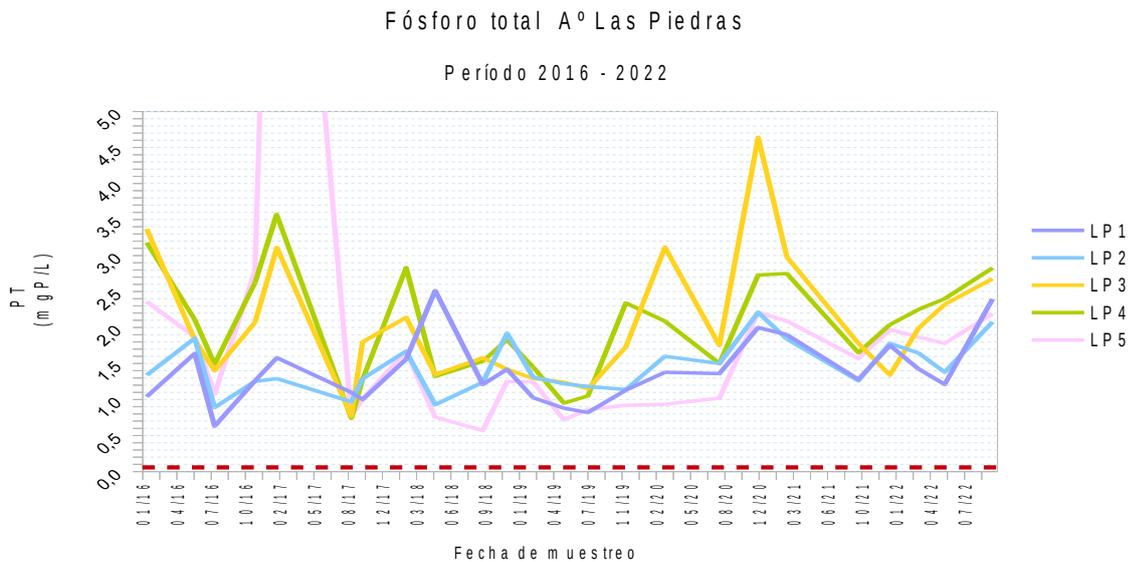


Figura 5.3.4. Concentración de fósforo total. La línea roja punteada indica el límite máximo (0,025 mgP/L) para cursos de agua Clase 3.

Se aprecia en la figura anterior que durante el período analizado y en todo el tramo del curso se supera la concentración máxima exigida en la normativa nacional (0,025 mg P/L) superando dicho valor en varios órdenes de magnitud, destacándose las concentraciones registradas durante el muestreo de enero del año 2017, con un máximo en LP5 de 12,7 mg P/L.

En la figura 5.3.5 se muestran los valores puntuales de nitrógeno total de las 5 estaciones de muestreo durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

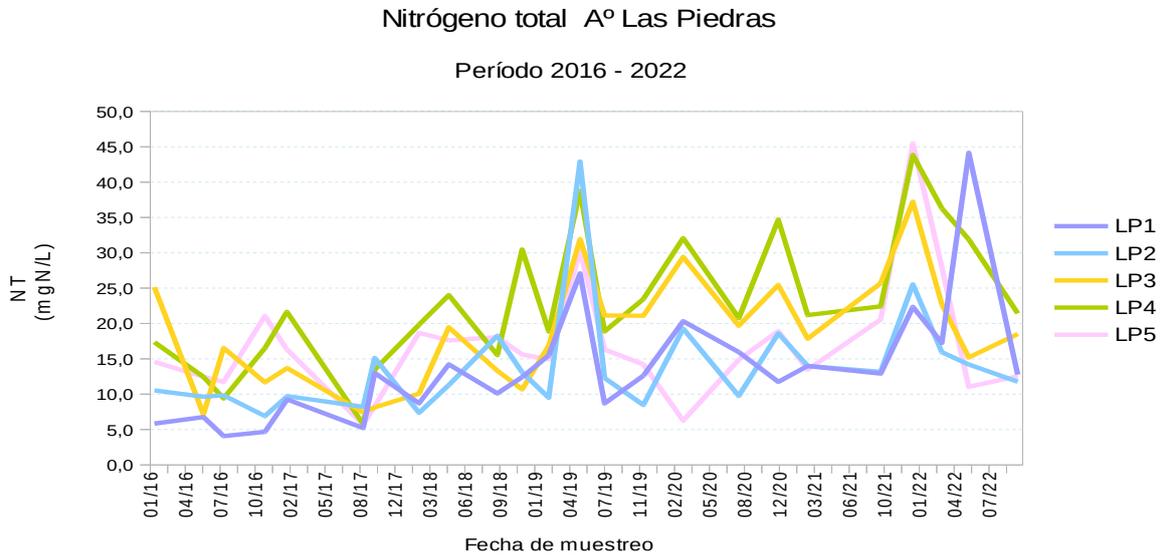


Figura 5.3.5. Concentraciones de nitrógeno total del período 2016 a 2022.

Se destaca un incremento progresivo de las concentraciones de nitrógeno en todas las estaciones de monitoreo durante los muestreos estivales 2021-2022. Registrándose concentraciones elevadas tanto en LP1 como en LP5 superiores a 40 mg N/L.

En la figura 5.3.6 se muestran los valores puntuales de amoníaco libre en las 5 estaciones de muestreo del arroyo Las Piedras durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

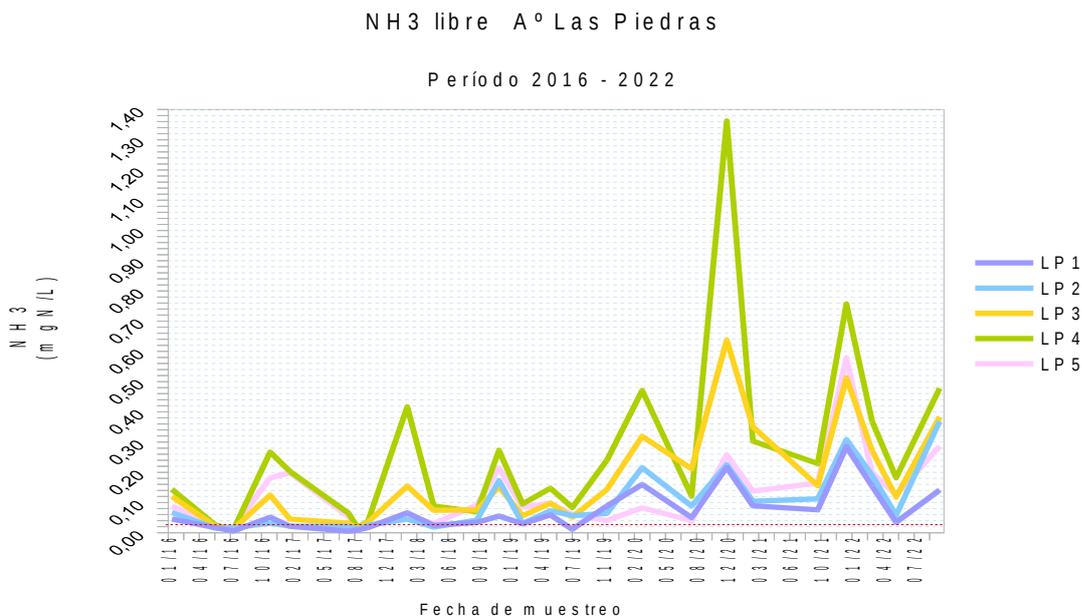


Figura 5.3.6. Concentraciones de amoníaco libre. La línea roja punteada indica el límite máximo (0,020 mg N/L) para cursos de agua Clase 3.

En la figura anterior se observan eventos con concentraciones elevadas de amoníaco libre en todo el tramo del arroyo y especialmente en la estación LP4 (máximo de 1,36 mg N/L en diciembre del 2020), en el resto de la estaciones comenzó un incremento sostenido a partir del año 2019.

#### 5.4 CUENCA DEL ARROYO CARRASCO Y TRIBUTARIOS

En esta cuenca se estudia la calidad del agua de los arroyos Carrasco, Toledo, Manga, y Juan Díaz, así como las cañadas Chacarita de los Padres y Canteras.

En la figura 5.4.1 se muestra la ubicación de las estaciones que incluye el Programa de Monitoreo.

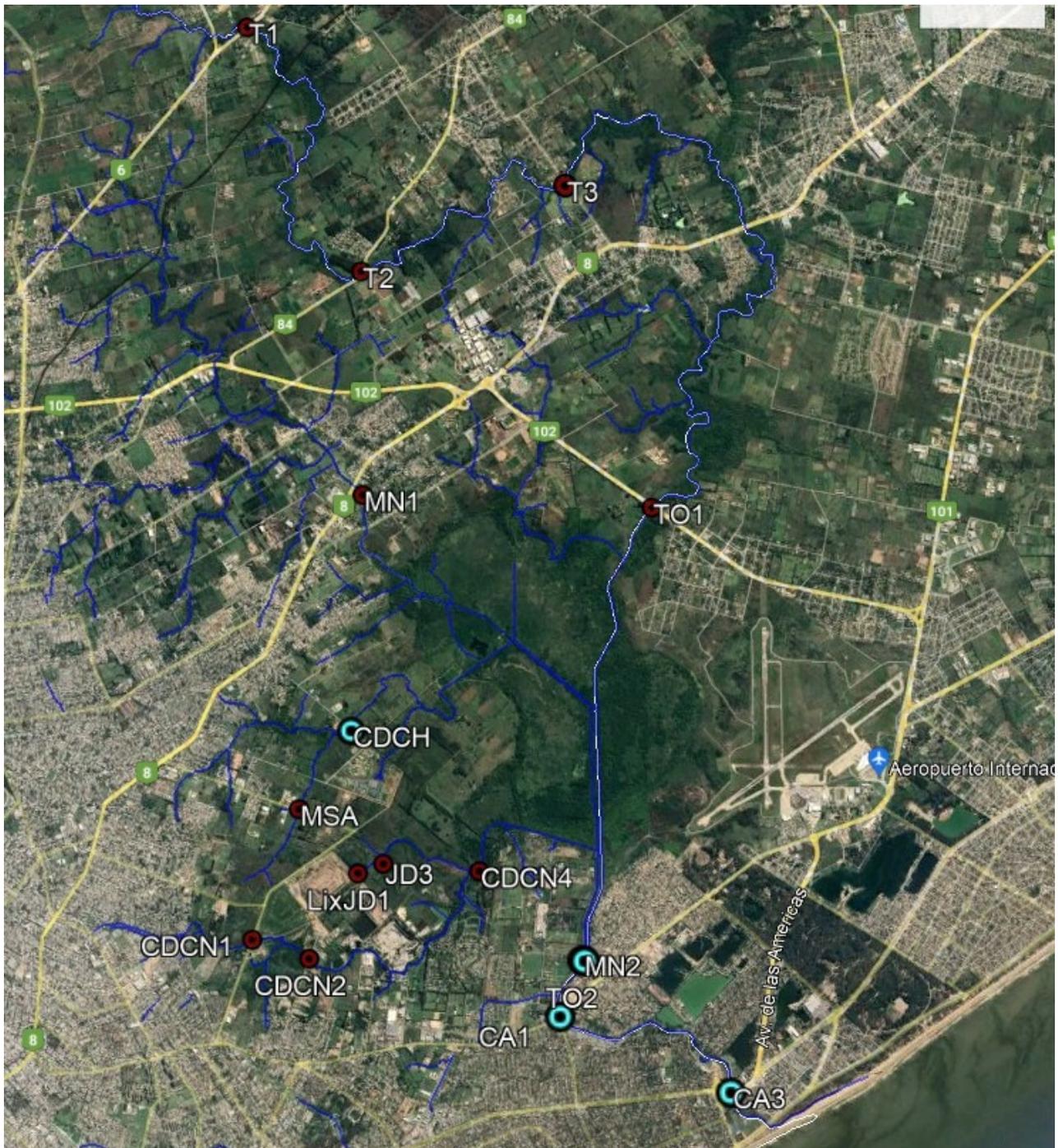


Figura 5.4.1. Estaciones de monitoreo de la Cuenca Aº Carrasco. Fuente Google Earth®

Estaciones que se muestrearon 3 veces al año:

- CA1: Arroyo Carrasco - Cno. Carrasco

- CA3: Arroyo Carrasco - Av. Italia
- CDCH: Cañada Chacarita de los Padres – Av. Punta de Rieles (\*)
- MN2: Arroyo Manga – Puente de OSE
- TO2: Arroyo Toledo – Puente de OSE

(\*): En el año 2022 se realizaron 2 muestreos en este punto.

Tributarios que se muestrearon 2 veces al año:

- T1: Arroyo Toledo y Av. de las Instrucciones.
- T2: Arroyo Toledo y Cno. Al Paso del Andaluz.
- T3: Arroyo Toledo y Cno. Melchor de Viana.
- TO1: Arroyo Toledo y Ruta N° 102.
- MN1: Arroyo Manga y Ruta N° 8.
- CDCN 1: Cañada de las Canteras, sobre el puente de la calle Felipe Cardozo
- CDCN2: Cañada de las Canteras, sobre el puente de la calle Oncativo
- CDCN4: Cañada de las Canteras dentro del barrio privado San Nicolás
- Lix-JD1: A° Juan Díaz y Cno. Colastiné detrás del predio de la Usina 8
- JD3: A° Juan Díaz y camino paralelo a Colastiné, antes de llegar a Susana Pintos
- AS1 (en el mapa figura MSA): Cañada Chacarita de los Padres y Susana Pintos

### Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

En la Tabla 5.4.1 se muestran los valores de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH<sub>3</sub>), coliformes fecales, tensoactivos aniónicos, cromo (Cr) y plomo (Pb) del año 2022, del arroyo Carrasco, tramos inferiores de arroyos Manga - Toledo y Cañada Chacarita de los Padres.

En color verde se indican aquellas concentraciones que cumplen con la normativa nacional vigente (Decreto 253/79 y modificaciones posteriores) e internacional de referencia (USEPA, 2016). En color rojo se indican los incumplimientos para ambas normativas.

Tabla 5.4.1. Concentraciones de OD, DBO<sub>5</sub>, PT, NT, NH<sub>3</sub>, Cf, Tensoactivos, Cr y Pb Cuenca del A° Carrasco 2022.

Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg N/L)	Amoníaco Libre (mg/L)	Tensoactivos (mg/L de LAS PM:318 g/mol)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)	Cromo (mg/L)	Plomo (mg/L)
CA1	24/03/2022	1,77	4	2,07	13,9	0,098	0,48	4,4E+04	< 0,005	0,050
	14/06/2022	3,22	1	1,27	8,7	0,012	0,16	8,6E+03	0,006	< 0,020
	12/10/2022	4,51	3	1,40	10,6	0,014	0,19	9,8E+03	0,009	< 0,020
CA3	24/03/2022	0,72	3	1,38	8,5	0,110	0,72	1,7E+04	< 0,005	< 0,020
	14/06/2022	3,77	4	1,33	10,1	0,016	0,37	4,4E+04	< 0,005	< 0,020
	12/10/2022	3,98	3	1,50	9,9	0,019	0,22	3,0E+03	0,006	< 0,020
MN2	24/03/2022	0,97	4	2,55	12,5	0,154	0,50	1,4E+03	< 0,005	< 0,005
	14/06/2022	3,02	2	1,60	6,6	0,008	0,34	2,2E+02	< 0,005	< 0,020
	12/10/2022	7,39	7	1,96	7,2	0,085	0,18	1,2E+02	0,006	< 0,020
TO2	24/03/2022	1,02	8	1,48	5,0	0,043	0,49	4,3E+05	< 0,005	< 0,005
	14/06/2022	5,05	5	0,96	7,0	0,004	0,32	1,5E+05	0,005	< 0,020
	12/10/2022	4,17	12	1,30	5,6	0,021	0,31	2,9E+05	0,007	< 0,020
CDCH	24/03/2022	0,06	72	2,73	28,3	0,372	2,32	3,8E+06	< 0,005	< 0,005
	14/06/2022	0,15	> 80	2,95	20,5	0,115	1,99	9,2E+05	0,020	< 0,020

De la Tabla anterior se destaca que:

- El oxígeno disuelto solo fue superior al límite de la normativa en el muestreo de octubre en la estación MN2 y en junio en TO2.

- Los incumplimientos para el DBO<sub>5</sub> se registraron en el muestreo de octubre, en TO2 y en ambos muestreos de la estación CDCH con valores elevados (72 y > 80 mg/L).
- Las concentraciones de PT y NT superaron los límites de las normativas en todos los muestreos.
- Los coliformes fecales cumplieron con la normativa solamente en los muestreos de la estación MN2.
- Los metales no superaron los límites de la normativa en todos los puntos de muestreo en el año 2022.
- Las concentraciones de tensoactivos aniónicos fueron superiores al límite de la normativa solamente en la estación CDCH.

Se evalúa además la evolución de la calidad del agua respecto a años anteriores mediante el índice ISCA. (En la Tabla 5.4.2 se muestra la evolución del índice ISCA desde el año 2005 al 2022).

Tabla 5.4.2. Evolución del índice ISCA desde el año 2005 al 2022

	Estación de Muestreo	ISCA 2005	ISCA 2006	ISCA 2007	ISCA 2008	ISCA 2009	ISCA 2010	ISCA 2011	ISCA 2012	ISCA 2013	ISCA 2014	ISCA 2015	ISCA 2016	ISCA 2017	ISCA 2018	ISCA 2019	ISCA 2020	ISCA 2021	ISCA 2022
Cuenca del Aº Carrasco	CA1	60	54	57	51	52	54	51	51	52	56	52	53	54	56	57	47	50	57
	CA3	48	49	53	50	48	51	55	44	51	57	49	53	54	50	54	36	45	53
	TO2	57	52	58	57	48	53	54	52	53	58	54	54	56	55	57	50	53	57
	MN2	58	55	55	53	52	54	49	48	49	55	51	53	52	56	57	48	50	58
	CDCH	49	46	42	47	46	50	53	49	49	56	47	40	54	47	54	42	52	34

Actividad Característica	ISCA	Propiedades del Agua	Color de Referencia
Abastecimiento	86 - 100	Aguas de Montaña	
Balneario	76 - 85	Aguas Claras	
Pesca	61 - 75	Aguas Medias	
Náutica	46 - 60	Aguas Brutas	
Riego	31 - 45	Aguas Deterioradas	
Riego Forestal	16 - 30	Agua Residual Diluida	
Condición Peligrosa	0 - 15	Agua Residual	

De la Tabla 5.4.2 se observa que la estación CDCH pasó de la categoría “Aguas Brutas” a “Aguas Deterioradas”, y en la estación CA3 se verificó el caso inverso, mejorando su calidad según este Índice.

### Evolución de parámetros - años 2016 a 2022

A continuación se analiza la evolución histórica de los parámetros: oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), y amoníaco libre (NH<sub>3</sub>) para el período 2016 a 2022 inclusive. Los puntos de muestreo sobre el curso del arroyo Carrasco son CA1 y CA3, con sus tributarios del arroyo Toledo (TO2), Manga (MN2) y la cañada Chacarita de los Padres (CDCH). Todos los puntos antes mencionados forman parte de la Cuenca. En las figuras 5.4.2, 5.4.3 y 5.4.4 se muestran los valores puntuales de concentración de oxígeno disuelto de las estaciones de muestreo de la cuenca durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

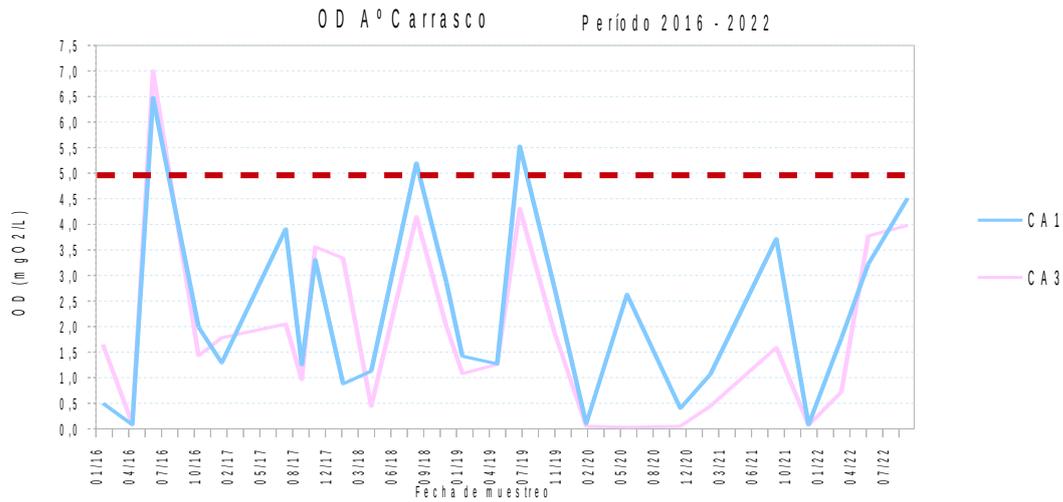


Figura 5.4.2. Concentración de oxígeno disuelto de estaciones sobre arroyo Carrasco. La línea roja punteada indica el límite mínimo (5,0 mg O<sub>2</sub>/L) para cursos de agua Clase 3.

En la estación CA1 solamente se alcanzan concentraciones de OD mayores al límite en tres muestreos del período de estudio, coincidiendo con épocas invernales. En la estación CA3 (ubicada en la desembocadura del arroyo) se supera la concentración de OD mínima solamente en un muestreo invernal del año 2016.

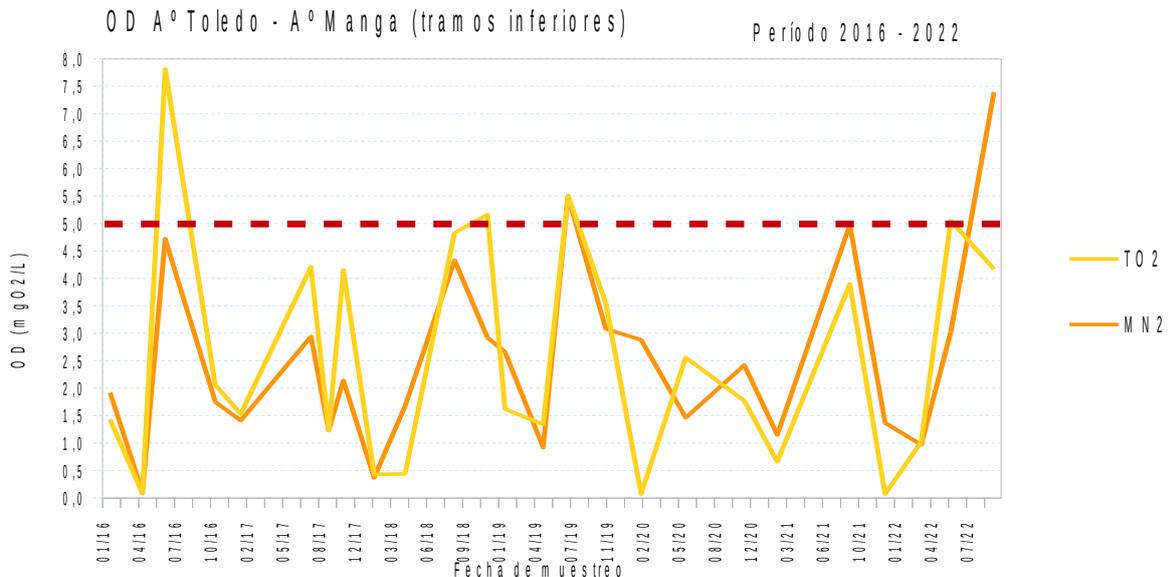


Figura 5.4.3 Concentración de oxígeno disuelto de estaciones sobre arroyos Toledo y Manga en tramos inferiores. La línea roja punteada indica el límite mínimo (5,0 mg O<sub>2</sub>/L) para cursos de agua Clase 3.

Para el tramo inferior de los arroyos tributarios del Carrasco, se observa que mayormente no se alcanza el valor mínimo de la normativa salvo en algunos muestreos de invierno.

El oxígeno disuelto de la cañada Chacarita de los Padres, nunca alcanzó los 5,0 mg O<sub>2</sub>/L en el período 2016 a 2022, tal como se muestra en la figura 5.4.4.

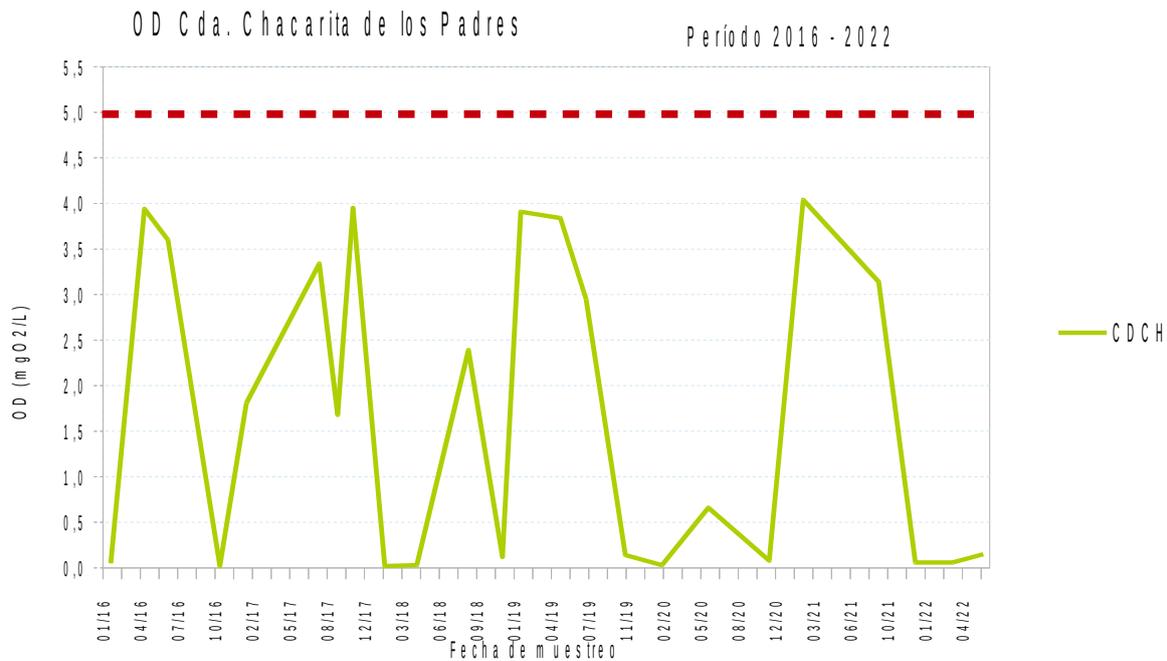


Figura 5.4.4. Concentración de oxígeno disuelto de estación sobre cañada Chacarita. La línea roja punteada indica el límite mínimo (5,0 mg O<sub>2</sub>/L) para Cursos de agua Clase 3.

En las figuras 5.4.5, 5.4.6 y 5.4.7, se muestran los valores puntuales de DBO<sub>5</sub> de las estaciones de muestreo de la cuenca del A° Carrasco durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

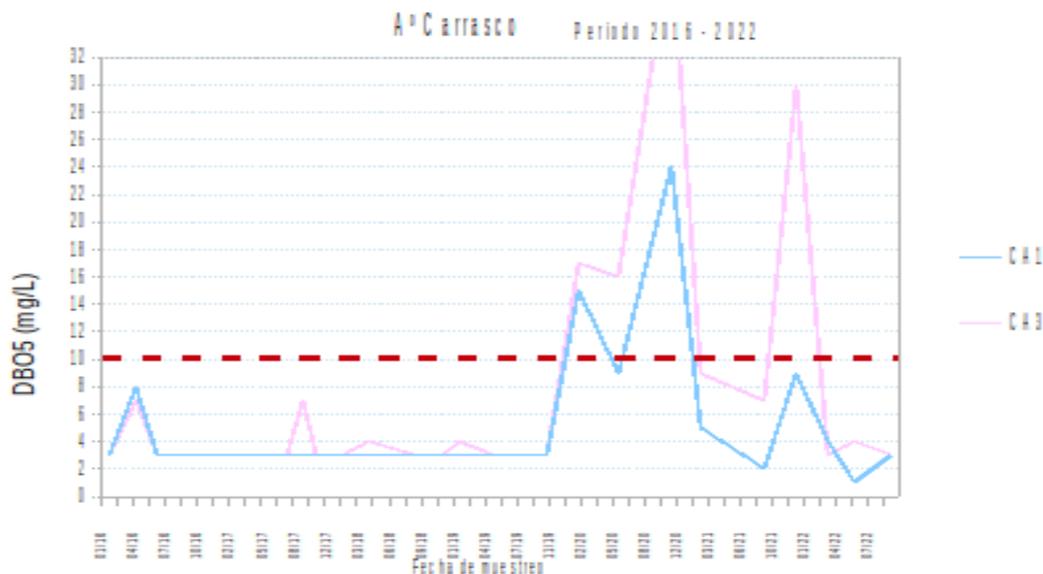


Figura 5.4.5. DBO<sub>5</sub> de estaciones sobre A° Carrasco. La línea roja punteada indica el límite máximo (10 mg/L) para cursos de agua Clase 3.

En las estaciones ubicadas sobre el A° Carrasco (CA1-CA3) se observa que se supera el límite máximo en forma simultánea en los años 2020 y 2021, siendo mayor la afectación sobre la estación CA3, ubicada en la desembocadura.

En las estación del tramo inferior del A° Toledo es donde se registraron mayores concentraciones de carga orgánica (mayores a 30 mg/L), mientras que el A° Manga superó el máximo en un solo monitoreo del período (febrero del año 2020), tal como se aprecia en la figura 5.4.6.

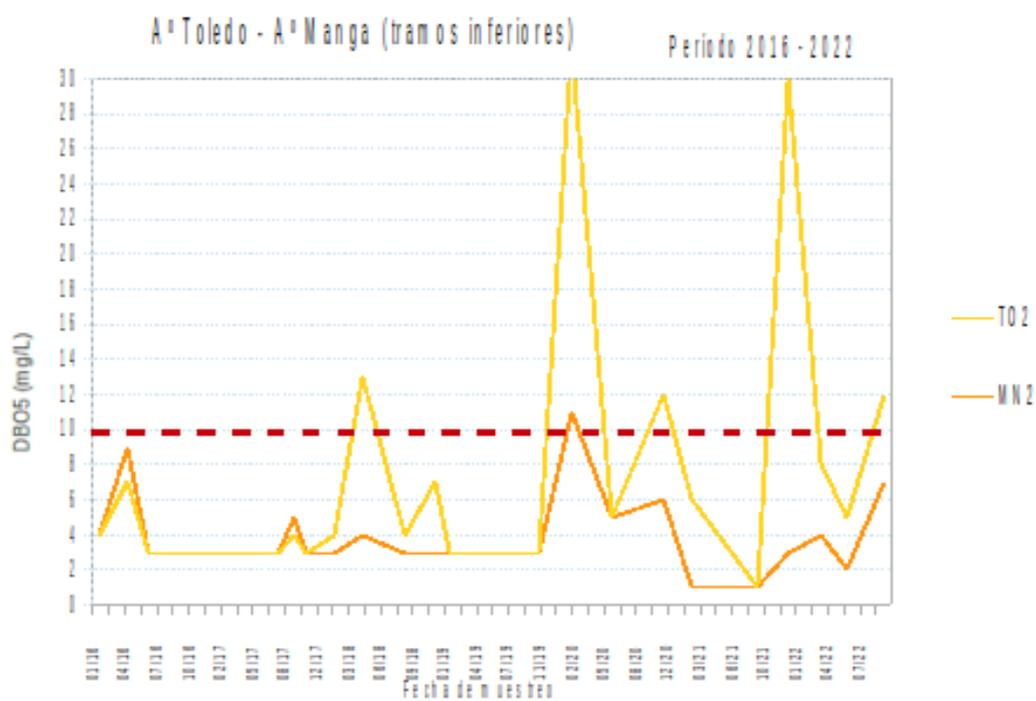


Figura 5.4.6. DBO<sub>5</sub> de estaciones sobre arroyos Toledo y Manga. La línea roja punteada indica el límite máximo (10 mg/L) para cursos de agua Clase 3.

En la cañada Chacarita de los Padres, durante el periodo 2016 a 2022, en el 80% de los monitoreos aproximadamente se registraron concentraciones de DBO<sub>5</sub> muy superiores a 10 mg/L, alcanzando valores mayores a 220 mg/L tal como se aprecia en la figura 5.4.7.

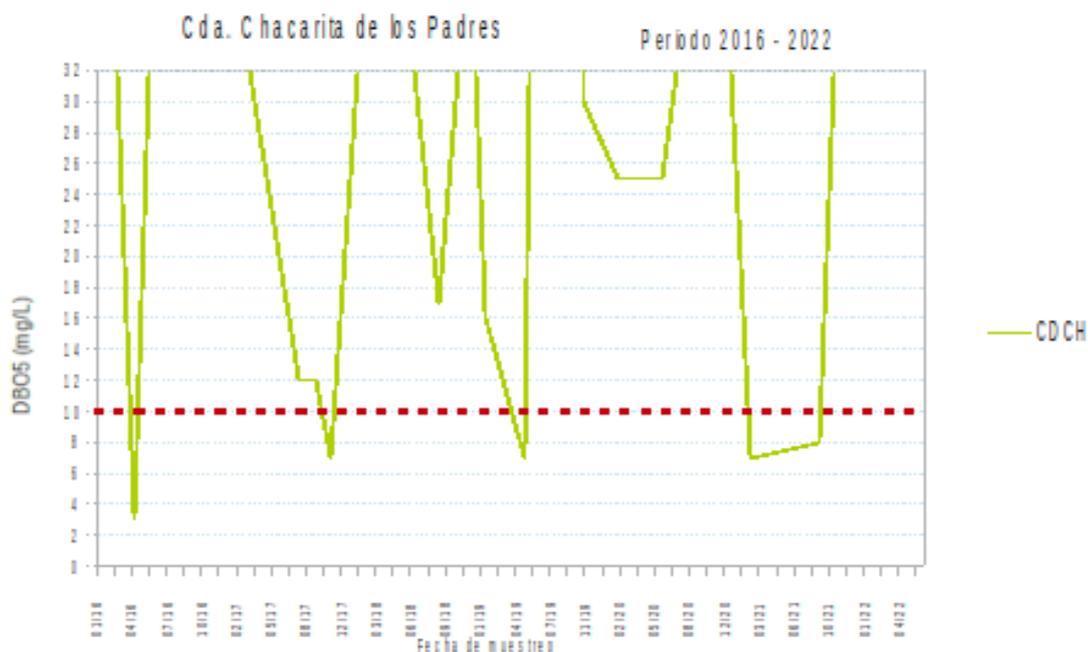


Figura 5.4.7. DBO<sub>5</sub> de estación sobre cañada Chacarita. La línea roja punteada indica el límite máximo (10 mg/L) para cursos de agua Clase 3.

En las figuras 5.4.8, 5.4.9 y 5.4.10 se muestran los valores puntuales de fósforo total de las 5 estaciones de muestreo de la cuenca del arroyo Carrasco, durante el período 2016 hasta el 2022.

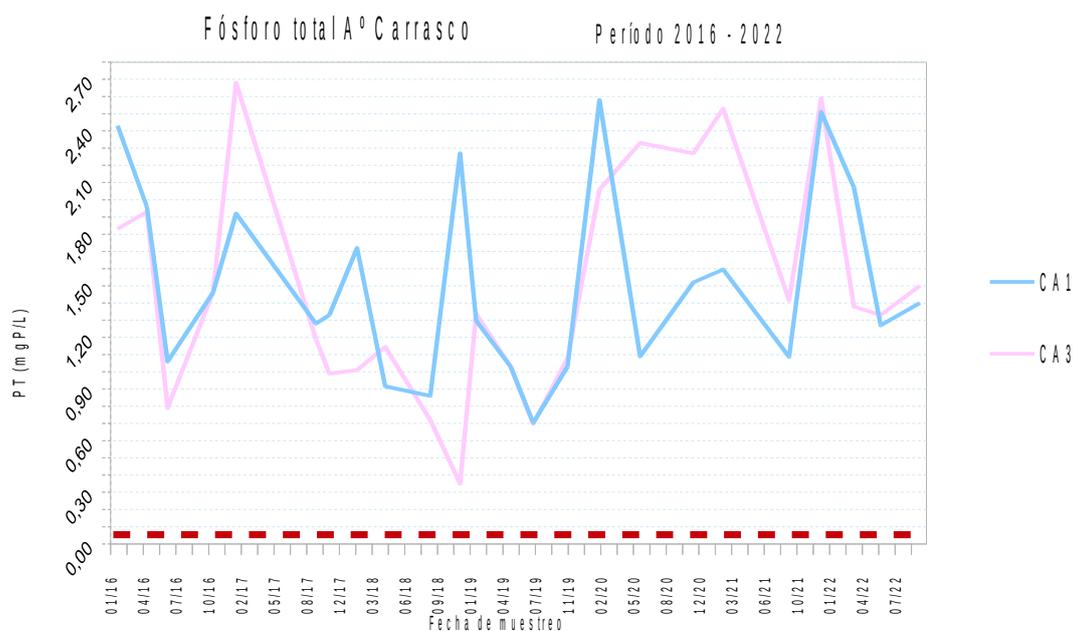


Figura 5.4.8. Concentraciones de fósforo total de estaciones sobre arroyo Carrasco. La línea roja punteada indica el límite máximo para cursos de agua Clase 3 (0,025 mg P/L).

Durante el período analizado, las concentraciones de fósforo total superaron en varios órdenes de magnitud el límite de la normativa, alcanzando el valor puntual máximo en CA3 en enero de 2017 (2,68 mgP/L).

En la figura 5.4.9 se muestran las concentraciones puntuales de fósforo total de los tramos inferiores de los arroyos Toledo y Manga.

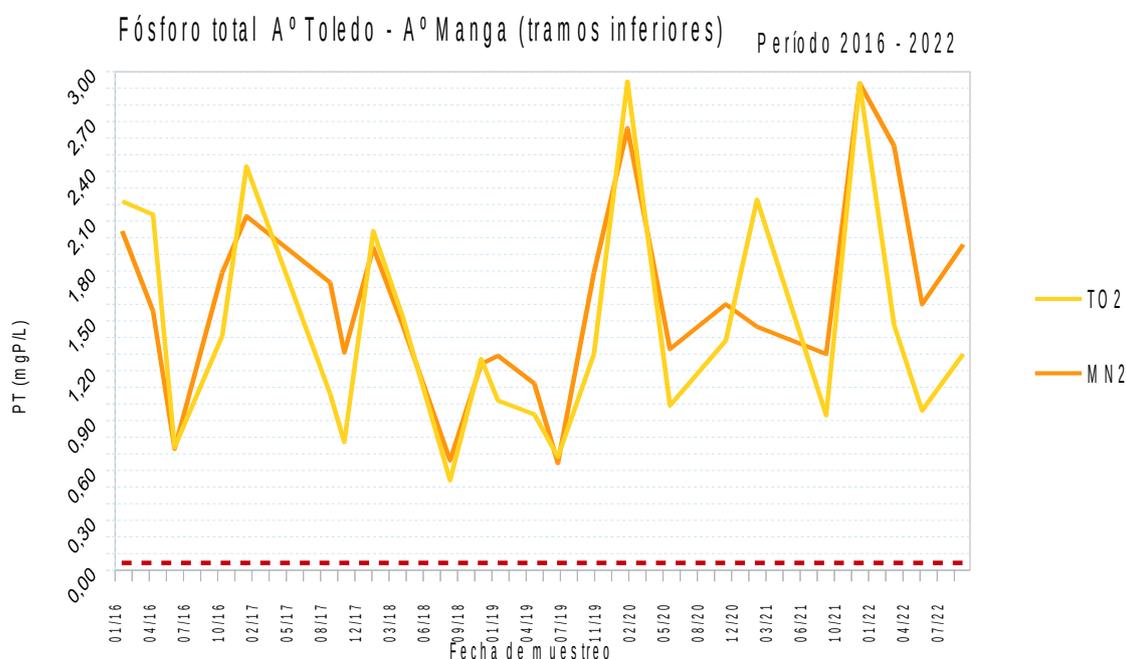


Figura 5.4.9. Concentraciones de fósforo total en estaciones sobre el tramo inferior de los arroyos Toledo y Manga. La línea roja punteada indica el límite máximo para cursos de agua Clase 3 (0,025 mg P/L).

Las concentraciones puntuales máximas de fósforo total se registraron en la estación TO2 en febrero de 2020 y diciembre de 2021 (2,9 mg P/L).

En la figura 5.4.10 se aprecian las concentraciones de fósforo total para la cañada Chacarita de los Padres, superando en varios órdenes de magnitud el límite de la normativa. Se detectaron valores de 5,4 mg P/L en noviembre de 2016.

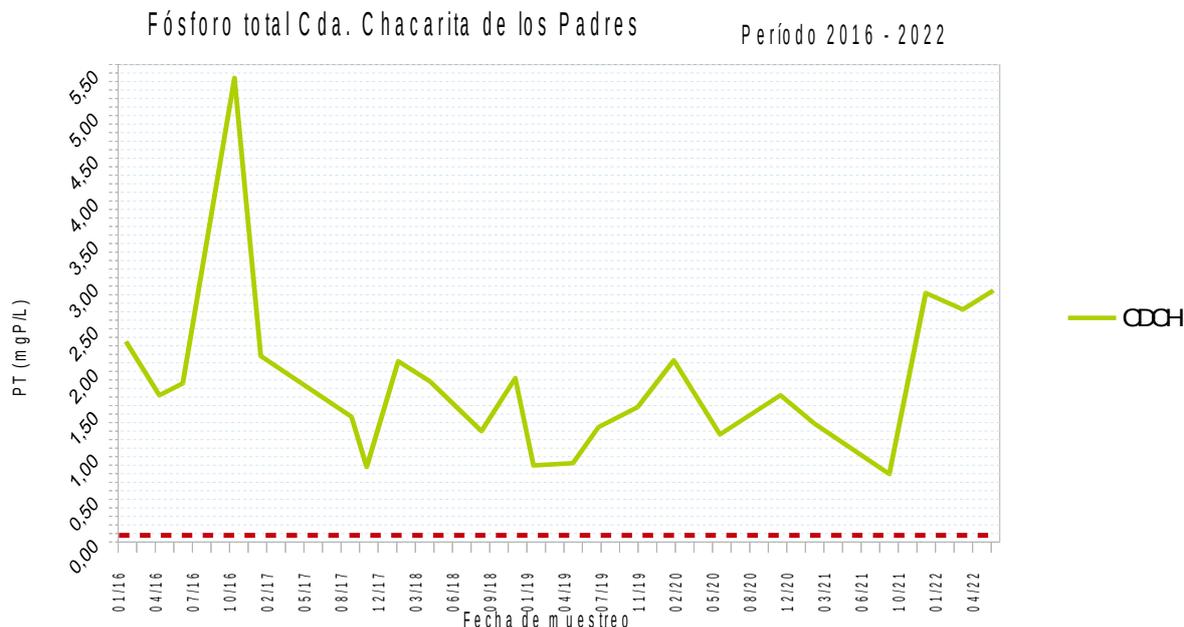


Figura 5.4.10. Concentraciones de fósforo total de estación sobre cañada Chacarita. La línea roja punteada indica el límite máximo para cursos de agua Clase 3 (0,025 mg P/L).

En las figuras 5.4.11, 5.4.12 y 5.4.13 se muestran las concentraciones puntuales de nitrógeno total en las estaciones de muestreo sobre la cuenca del arroyo Carrasco durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

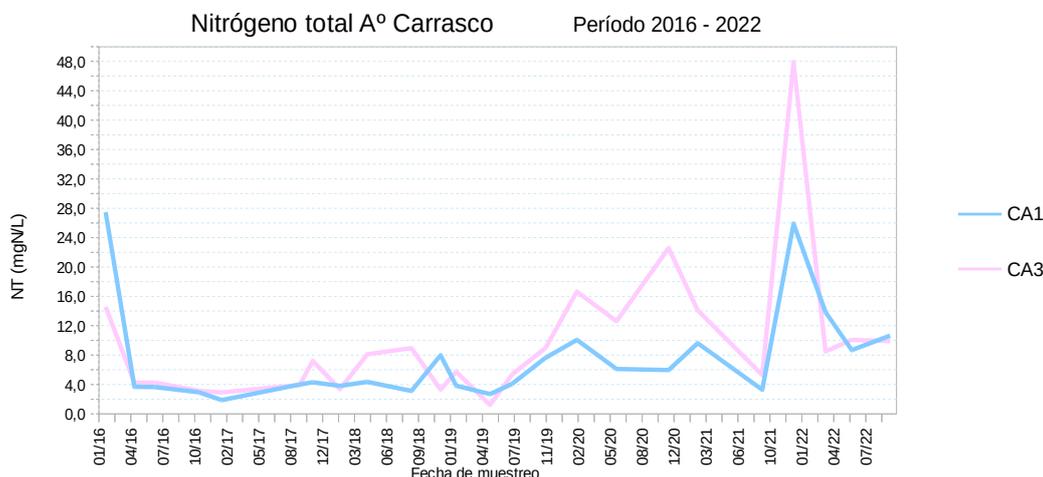


Figura 5.4.11. Concentraciones de nitrógeno total de las estaciones sobre el A° Carrasco.

Se destacan las concentraciones máximas del período registradas en diciembre del año 2021, (CA1: 26 mg N/L; CA3: 48 mg N/L).

Para los tramos inferiores de los arroyos tributarios Toledo y Manga, se aprecian concentraciones elevadas en todo el período de estudio, que se detallan en la figura 5.4.12.

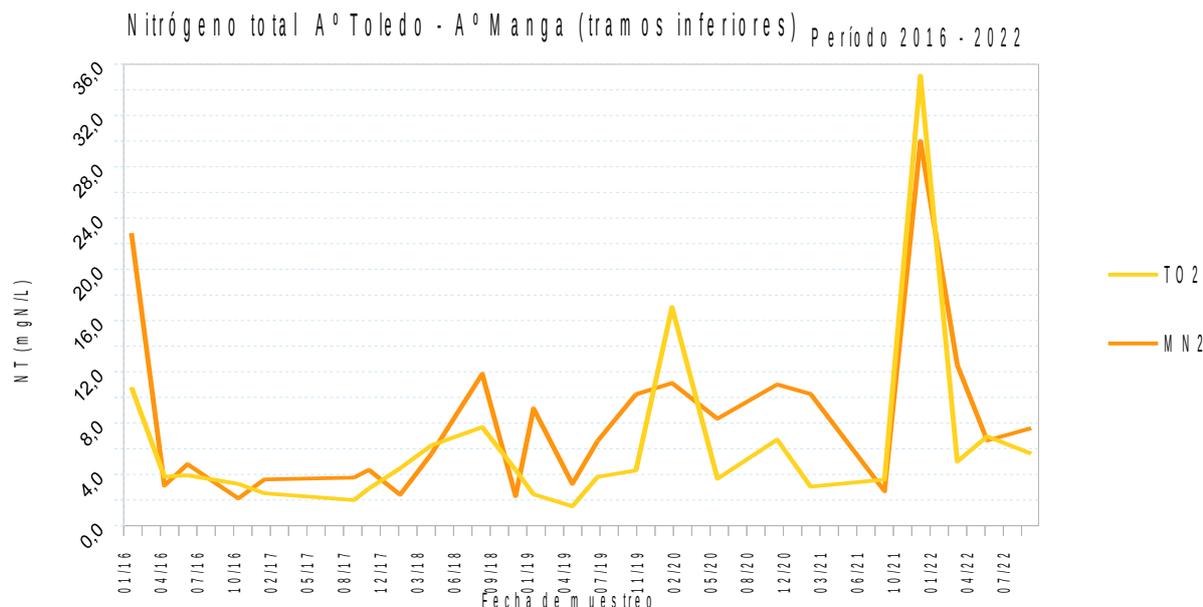


Figura 5.4.12. Concentraciones de nitrógeno total de las estaciones sobre tramos inferiores de los arroyos Toledo y Manga.

Se destacan las concentraciones máximas del período, registradas en el muestreo de diciembre de 2021 (MN2: 30 mg N/L; TO2: 35 mg N/L).

En la estación ubicada en la cañada Chacarita de los Padres el máximo valor se registró en setiembre de 2018 (48 mg N/L) tal como se aprecia en la figura 5.4.13, siendo muy elevadas las concentraciones registradas en todo el período (mayores a 10 mg N/L).

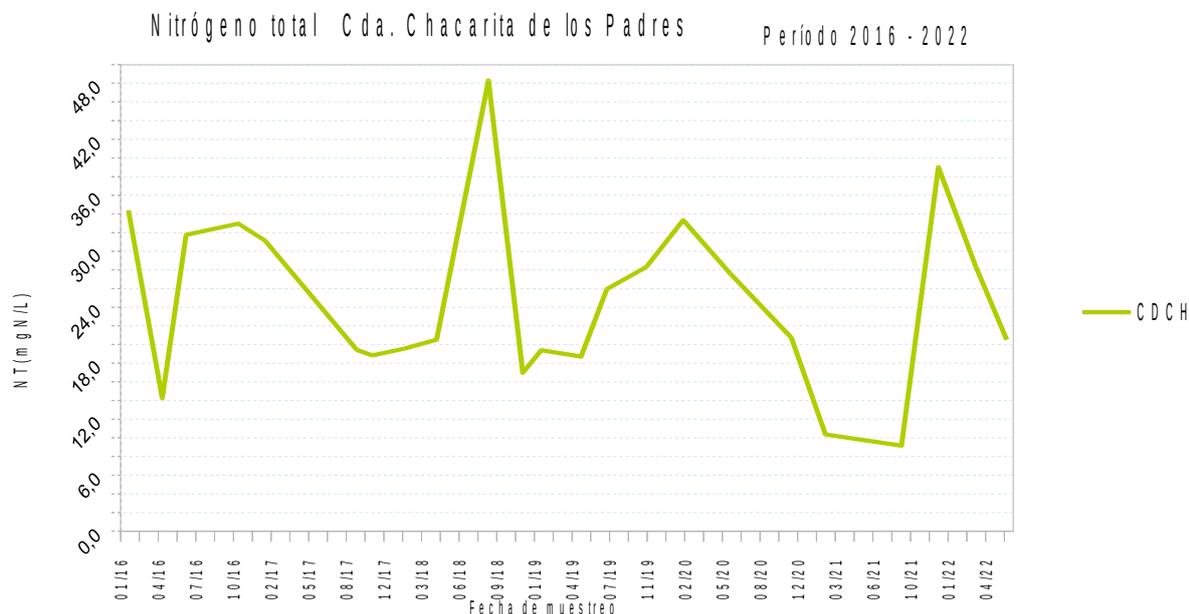


Fig. 5.4.13. Concentraciones de nitrógeno total de estación sobre cañada Chacarita.

En las figuras 5.4.14, 5.4.15 y 5.4.16 se muestran los valores puntuales de amoníaco libre en las 5 estaciones de muestreo durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

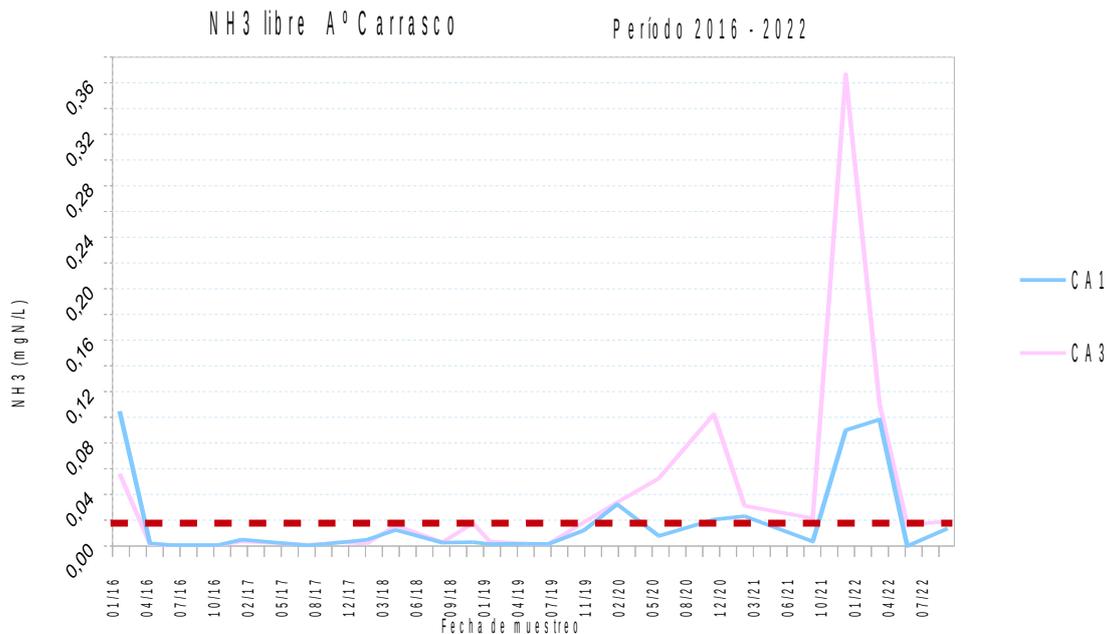


Figura 5.4.14. Amoníaco libre de las estaciones sobre el arroyo Carrasco. La línea roja punteada indica el límite máximo (0,020 mg N/L) para cursos de agua Clase 3.

De la gráfica anterior se destaca que se incrementaron las concentraciones de amoníaco libre a partir del año 2019, especialmente en la estación CA3. Este comportamiento también se observa en las estaciones sobre el tramo inferior de los arroyos Toledo y Manga, como se aprecia en la figura 5.4.15.

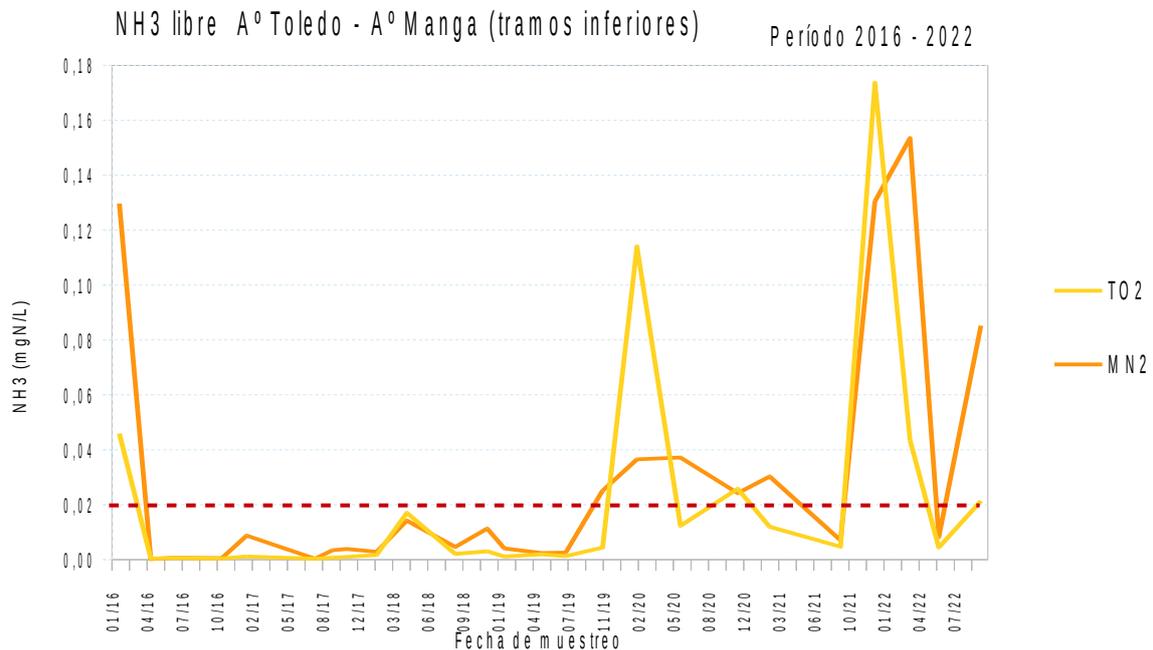


Figura 5.4.15. Amoníaco libre de las estaciones del tramo inferior de A° Toledo y Manga. La línea roja punteada indica el límite máximo (0,020 mg N/L) para cursos de agua Clase 3.

En la cañada Chacarita de los Padres, se registraron concentraciones de amoníaco libre muy superiores al valor máximo de la normativa en prácticamente todo el periodo de estudio, especialmente en el muestreo de diciembre de 2021 (0,56 mg N/L), como se aprecia en la figura 5.4.16.

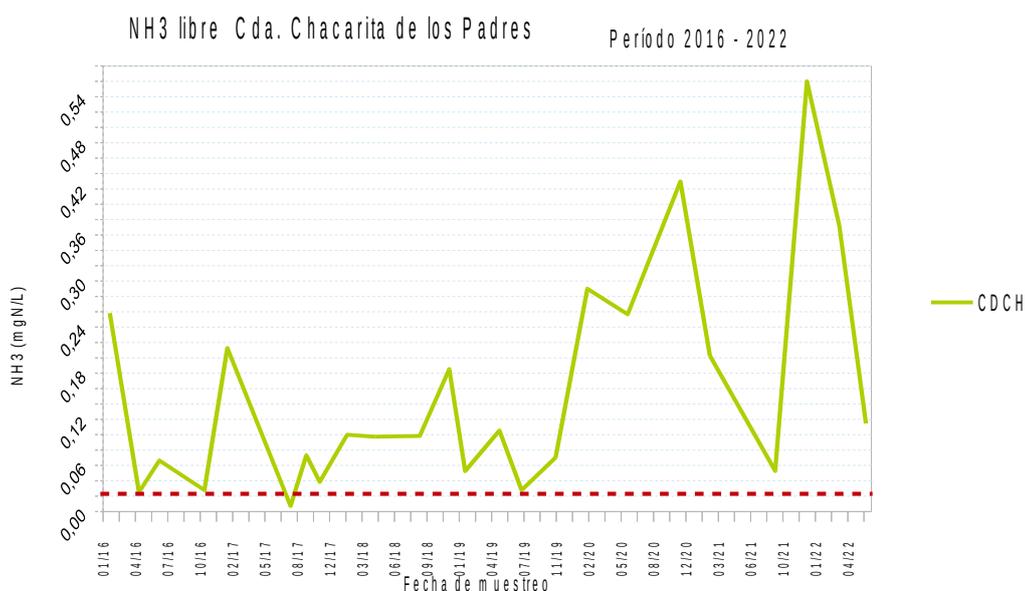


Figura 5.4.16. Amoníaco libre de la estación en la cañada Chacarita. La línea roja punteada indica el límite máximo (0,020 mg N/L) para cursos de agua Clase 3.

### Tributarios del Arroyo Carrasco

En cuanto a los tributarios de la cuenca se observa durante todo el año 2022 incumplimientos para varios parámetros estudiados en las estaciones de monitoreo (valores en rojo de la Tabla 5.4.3)

Tabla 5.4.3. Concentraciones de OD, DBO<sub>5</sub>, PT, NT, NH<sub>3</sub>, Cf, y metales en tributarios Cuenca A° Carrasco año 2022.

	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg N/L)	Amoníaco Libre (mg/L)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)	Cromo (mg/L)	Plomo (mg/L)
Arroyo Toledo	T1	12/01/22	2,54	5	2,0	14,2	0,193	7,1E+03	-	-
	T2	05/07/22	2,34	2	2,1	7,0	0,010	7,0E+02		
		12/01/22	4,26	2	0,9	6,0	0,003	5,4E+02	-	-
	T3	05/07/22	2,26	2	1,1	5,0	0,008	4,2E+03		
		12/01/22	7,94	3	1,0	6,9	0,005	1,2E+02	-	-
TO1	05/07/22	3,38	3	1,4	5,3	0,009	9,0E+02			
	12/01/22	10,09	3	1,0	8,4	0,006	1,2E+03	-	-	
Arroyo Manga	MN1	12/01/22	5,35	4	2,1	22,3	0,168	4,1E+03		
		05/07/22	7,20	6	1,4	18,3	0,025	5,2E+03	-	-
Cañada Canteras	CDCN1	08/06/2022	0,12	50	2,4	20,6	0,169	7,4E+05	< 0,005	< 0,020
		09/11/2022	0,10	14	1,2	8,9	0,033	7,0E+04	< 0,005	< 0,020
	CDCN2	08/06/2022	0,12	50	2,7	26,0	0,258	7,7E+05	< 0,005	< 0,020
		09/11/2022	8,81	5	1,4	16,2	0,329	3,0E+04	< 0,005	< 0,020
CDCN4	08/06/2022	5,50	4	0,8	17,7	0,057	2,0E+03	0,115	0,027	
	09/11/2022	4,02	4	0,8	5,0	0,013	< 100	< 0,005	< 0,020	
Arroyo Juan Díaz	Lix-JD1	08/06/2022	0,03	> 450	10,7	660	19,8	6,7E+04	0,90	< 0,020
		09/11/2022	0,07	94	11,7	> 540	13,2	1,0E+03	0,60	0,095
	JD3	09/11/2022	3,14	24	4,1	250	13,2	4,0E+03	0,30	< 0,020
Cda. Chacarita	AS1	08/06/2022	8,28	6	0,5	2,7	0,003	1,0E+03	< 0,005	< 0,020
	AS1	09/11/2022	2,21	14	0,3	5,5	0,004	1,6E+02	< 0,005	< 0,020

De la Tabla anterior se destaca:

- En todas las estaciones de monitoreo se superan los límites para fósforo y nitrógeno total durante el año 2022, registrándose las concentraciones más elevadas en las estaciones ubicadas sobre el A° Juan Díaz.

- Las concentraciones puntuales de  $\text{DBO}_5$  en las estaciones del tramo superior de los arroyos Toledo y Manga, fueron menores a 10 mg/L. En el resto de las estaciones los registros fluctúan, llegando a valores mayores a 450 mg/L y de 94 mg/L en el caso de las estaciones sobre el A° Juan Díaz.
- Se analizan metales (cromo y plomo) en las estaciones ubicadas en el área de influencia del Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos, detectándose algunas concentraciones que superaron el límite máximo de la normativa nacional.

## 5.5 ARROYO SAN GREGORIO, ARROYO MELILLA Y AFLUENTES

Los arroyos San Gregorio y Melilla son tributarios del Río Santa Lucía y en su cuenca están asentadas algunas industrias y establecimientos agropecuarios que realizan vertidos directos a estos cursos de agua o a algún afluente de ellos. Para evaluar la calidad de sus aguas así como la de sus principales afluentes, se realizan dos campañas de monitoreo anuales, en las estaciones que se muestran en la figura 5.5.1.

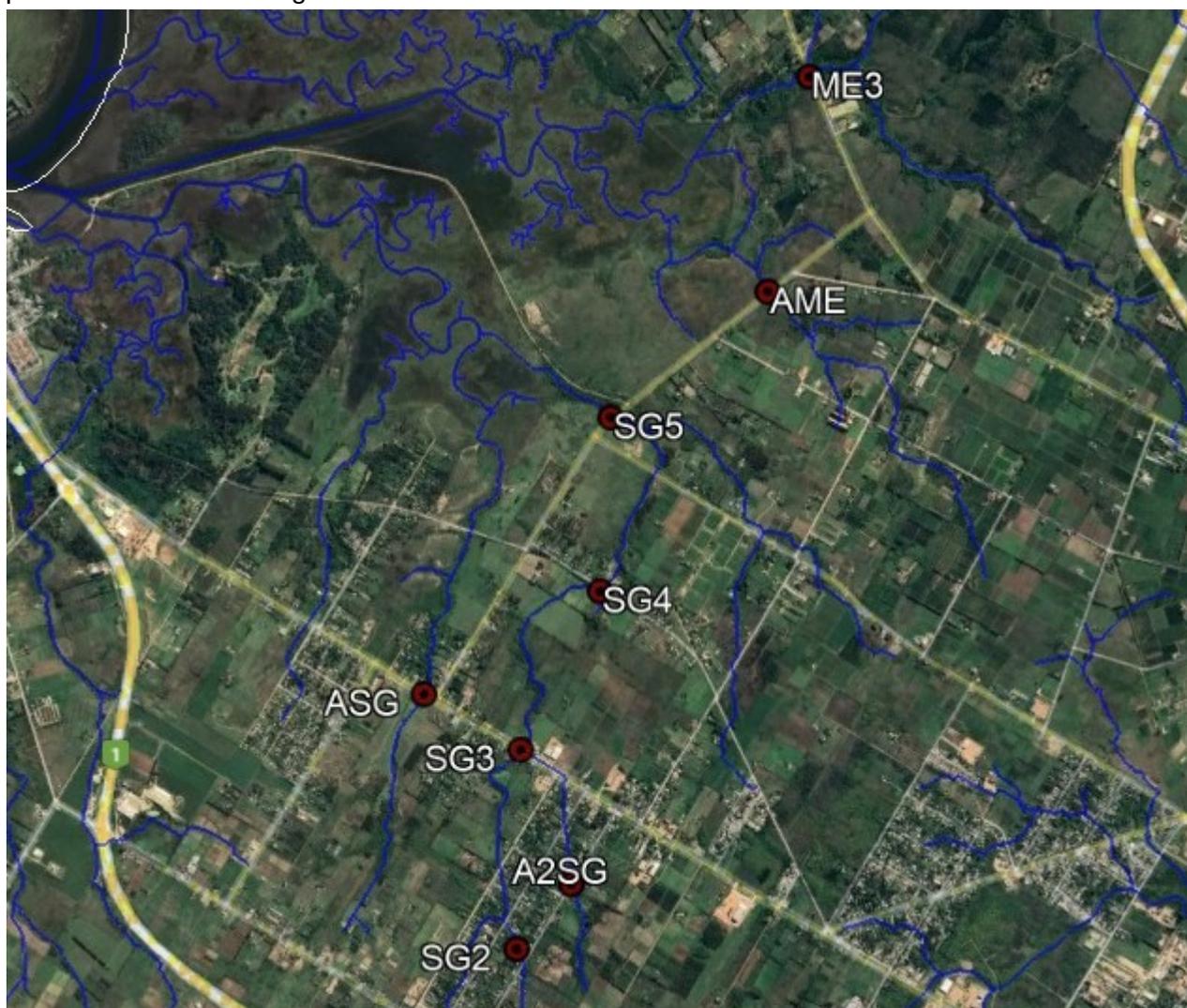


Figura 5.5.1. Estaciones de monitoreo A° San Gregorio – A° Melilla y afluentes. Fuente Google Earth®

Estaciones de monitoreo:

- SG2: A° San Gregorio y calle Mario R. Pérez (entre Cno. Anaya y Lomas de Zamora)
- SG3: A° San Gregorio y Av. Luis Batlle Berres
- SG4: A° San Gregorio y calle del Tranvía a la Barra (cont. Cno. del Tapir)

- SG5: A° San Gregorio y Cno. Los Camalotes (entre Cno. Luis E. Pérez y Av. de los Deportes)
- ASG: Afluente del A° San Gregorio y Av. Luis Batlle Berres
- A2SG: Afluente del A° San Gregorio y Cno. Anaya (esq. calle Mauricio Llamas)
- ME3: Arroyo Melilla y Cno. La Redención
- AME: Afluente del Arroyo Melilla y Cno. Los Camalotes

En la Tabla 5.5.1 se muestran los valores de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH<sub>3</sub>) y coliformes fecales (Cf). En color verde se indican aquellas concentraciones que cumplen con la normativa nacional vigente (Decreto 253/79 y modificaciones posteriores) e internacional de referencia (USEPA, 2016). En color rojo se indican los incumplimientos para ambas normativas.

Tabla 5.5.1. Concentraciones de OD, DBO<sub>5</sub>, PT, NT, NH<sub>3</sub>, Cf. A° San Gregorio-A° Melilla y tributarios 2022.

	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg N/L)	Amoníaco Libre (mg N/L)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)
Arroyo San Gregorio y afluentes	SG2	03/05/2022	0,1	220	4,76	93	1,9805	3,9E+05
		28/12/2022	0,3	22	1,95	150,0	3,2685	5,0E+04
	SG3	03/05/2022	0,1	67	6,83	79	1,8934	4,0E+05
		28/12/2022	0,3	13	1,59	140,0	2,8400	3,1E+04
	SG4	03/05/2022	5,2	> 86	2,40	35	0,1501	8,0E+04
		28/12/2022	0,2	46	1,75	81,0	0,9632	4,6E+06
	SG5	03/05/2022	0,2	21	1,77	49	0,5490	9,7E+04
		28/12/2022	1,3	9	1,87	91,0	1,2922	7,9E+03
	ASG	03/05/2022	6,5	6	0,59	4,7	0,0142	1,3E+03
		28/12/2022	0,2	21	1,23	11,0	0,0071	7,3E+04
A2SG	03/05/2022	0,7	36	1,19	11	0,0066	4,4E+05	
Arroyo Melilla y Afluente	ME3	03/05/2022	2,2	1	0,41	2,1	0,0036	1,2E+03
		28/12/2022	1,9	10	0,35	0,7	0,0091	4,7E+03
	AME	03/05/2022	2,5	2	2,16	4,0	0,0110	2,4E+02

De la Tabla anterior se destaca:

- Las concentraciones detectadas sobre el arroyo San Gregorio, no cumplieron con la normativa nacional e internacional para los parámetros: PT, NT, NH<sub>3</sub> libre y coliformes fecales en todos los muestreos del año 2022. Para OD y DBO<sub>5</sub> en el curso principal sólo se registraron concentraciones de cumplimiento en un sólo muestreo.
- En el arroyo Melilla y su afluente se logra una mejora de algunos de los parámetros antes mencionados.

### Evolución de parámetros - años 2016 a 2022

Dentro de la cuenca de drenaje del tramo inferior del Río Santa Lucía, se encuentra el arroyo San Gregorio como tributario del mismo. A continuación se presenta la evolución histórica de los siguientes parámetros: oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), y amoníaco libre (NH<sub>3</sub>) durante el período 2016 a 2022, en las cuatro estaciones de monitoreo de este curso.

En la figura 5.5.2 se muestran los valores puntuales de concentración de oxígeno disuelto de las cuatro estaciones de muestreo ubicadas sobre el arroyo San Gregorio durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

### O D A °S an G regorio (2016 - 2022)

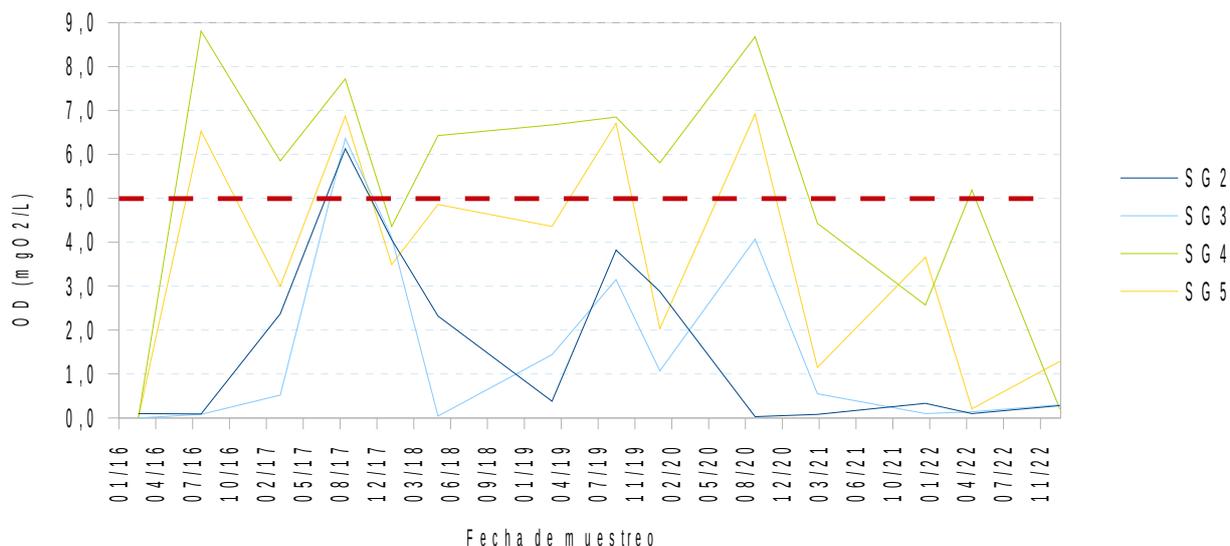


Figura 5.5.2. Concentración de oxígeno disuelto. La línea roja punteada indica el límite mínimo (5,0 mg O<sub>2</sub>/L) para cursos de agua Clase 3.

De la figura anterior se aprecia un aumento en cuanto al oxígeno disuelto desde el punto de muestreo SG2 hacia SG5 (cercano a la desembocadura) hasta el primer trimestre del año 2021. Durante los muestreos del año 2022 se registró una disminución acentuada del OD en todas las estaciones, incluso por debajo del límite normativo en casi todos los muestreos.

En la figura 5.5.3 se muestran los valores puntuales de DBO<sub>5</sub> de las 4 estaciones de muestreo del arroyo San Gregorio durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

### A°San Gregorio (2016 - 2022)

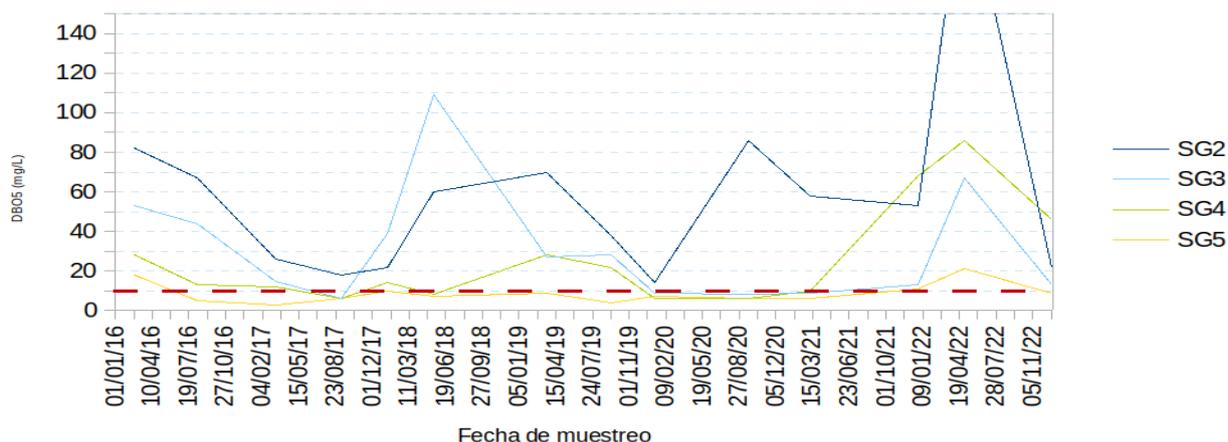


Figura 5.5.3. Demanda bioquímica de oxígeno. La línea roja punteada indica el límite máximo (10 mg/L) para cursos de agua Clase 3.

Del gráfico anterior se destaca que la estación SG2 incumple con la normativa en todo el período analizado, registrando el valor máximo (220 mg/L) en mayo de 2022. En dicha fecha se registraron altas concentraciones en todas las estaciones, incluso en SG5 (21 mg/L).

En la figura 5.5.4 se muestran los valores puntuales de fósforo total de las 4 estaciones de

muestreo del arroyo San Gregorio durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

Fósforo total A ° San Gregorio (2016 - 2022)

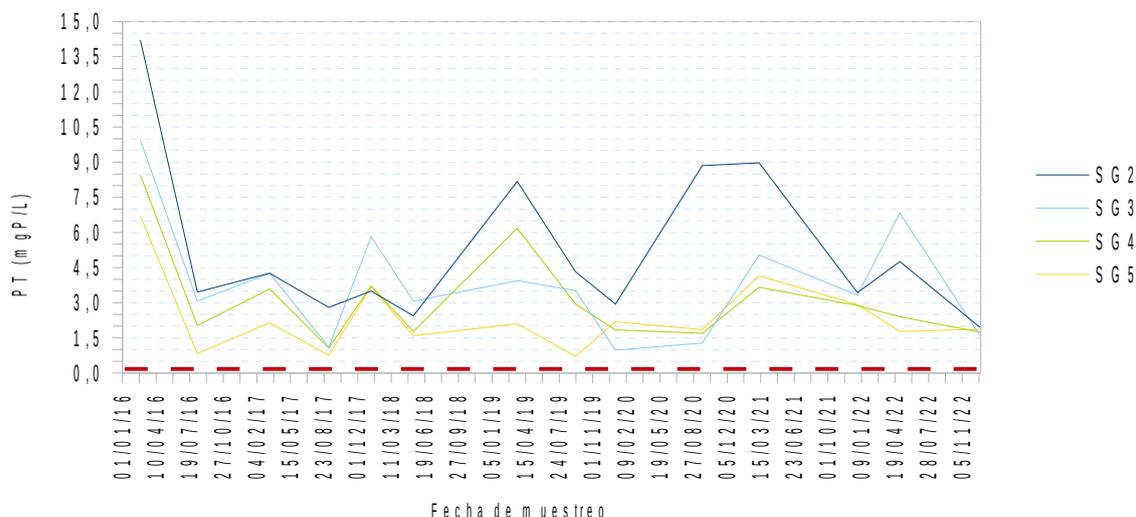


Figura 5.5.4. Concentraciones puntuales de fósforo total. La línea roja punteada indica el límite máximo (0,025 mg P/L) para Cursos de agua Clase 3.

Se destacan las concentraciones elevadas de fósforo total durante el período analizado en todo el tramo del curso, superando ampliamente el valor máximo exigido en la normativa nacional (0,025 mg P/L). Se destacan varios eventos con concentraciones extremas en todas las estaciones de monitoreo, particularmente en la estación de monitoreo SG2 se detectó la concentración máxima del período analizado en febrero de 2016 (14 mg P/L).

En la figura 5.5.5 se muestran los valores puntuales de nitrógeno total de las 4 estaciones de muestreo del arroyo San Gregorio durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

Nitrógeno total A ° San Gregorio (2016 - 2022)



Figura 5.5.5. Concentraciones de nitrógeno total del período 2016 a 2022.

Se aprecia de la figura anterior las elevadas concentraciones de nitrógeno total en todas las estaciones de muestreo del arroyo San Gregorio durante el período analizado. Siendo el punto SG2 donde se registraron los valores máximos, 184 mg N/L en 2017 y 150 mg N/L en 2022.

En la figura 5.5.6 se muestran los valores puntuales de amoníaco libre en las 4 estaciones de monitoreo del arroyo San Gregorio durante el período 2016 hasta el 2022 inclusive.

## A° San Gregorio (2016 - 2022)

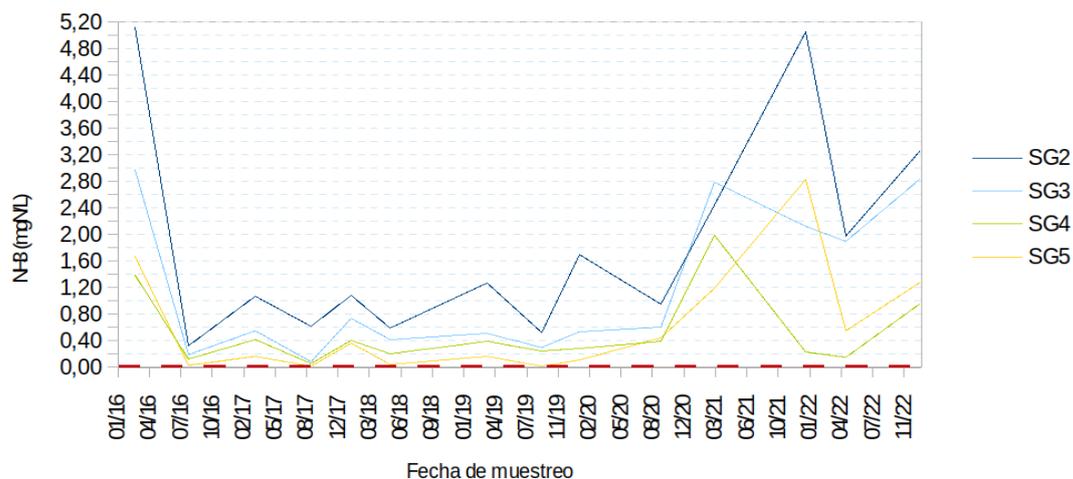


Figura 5.5.6. Concentraciones de amoníaco libre. La línea roja punteada indica el límite máximo (0,020 mg/L) para Cursos de agua Clase 3.

De la gráfica anterior se destaca que mayoritariamente las concentración de  $\text{NH}_3$  libre son superiores al límite máximo de la normativa (0,020 mg N/L), en la estación SG5 se registraron concentraciones menores al límite en sólo dos muestreos del período analizado. Se destacan los valores máximos registrados en SG2 de 5 mg N/L en 2016 y 2021.

## 5.6 OTROS CURSOS MENORES

### 5.6.1 Tributarios del Río de la Plata Zona Este

#### 5.6.1.1 Arroyo Malvín

La calidad de las aguas del Arroyo Malvín, es evaluada mediante dos monitoreos anuales en el tramo que no está entubado (entre Isla de Gaspar y Av. Estanislao López), (Figura 5.6.1.1).

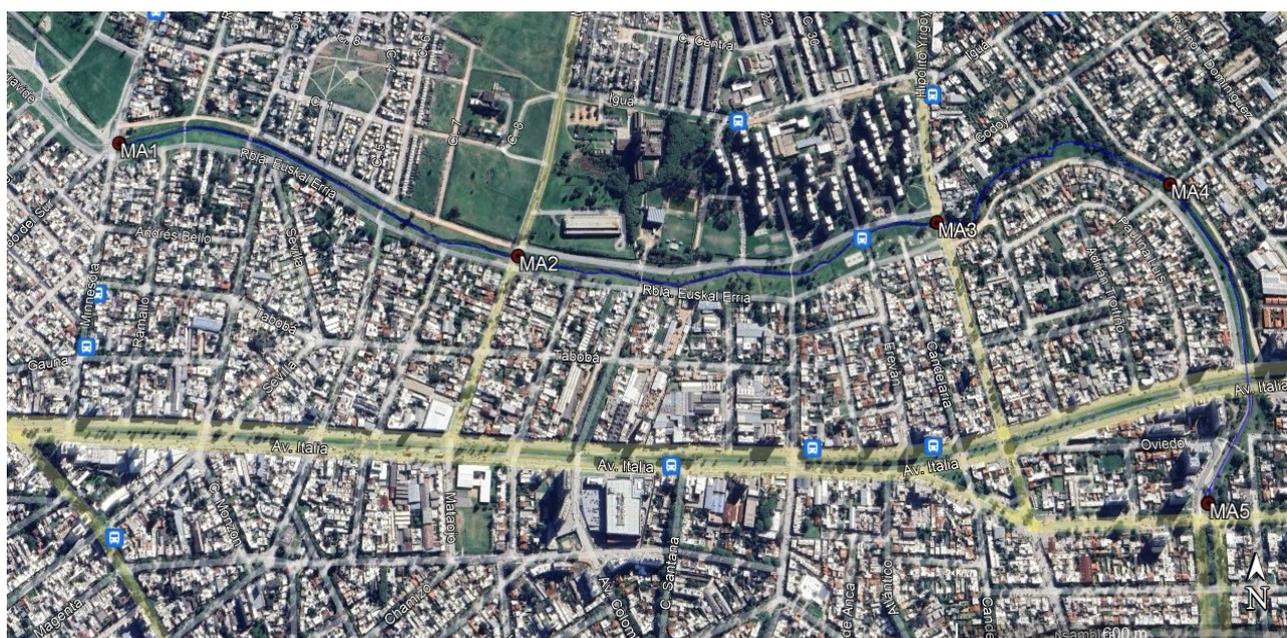


Figura 5.6.1.1. Estaciones de monitoreo del Arroyo Malvín. Fuente Google Earth®

## Estaciones de muestreo

- MA1: A° Malvín e Isla de Gaspar
- MA2: A° Malvín y Mataojo
- MA3: A° Malvín e Hipólito Yrigoyen
- MA4: A° Malvín y Espuelitas
- MA5: A° Malvín y Av. Estanislao López

En la Tabla 5.6.1.1 se muestran los valores de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH<sub>3</sub>) y coliformes fecales (Cf). En color verde se indican aquellas concentraciones que cumplen con la normativa nacional vigente (Decreto 253/79 y modificaciones posteriores) e internacional de referencia (USEPA, 2016). En color rojo se indican los incumplimientos para ambas normativas.

Tabla 5.6.1.1. Concentraciones de OD, DBO<sub>5</sub>, PT, NT, NH<sub>3</sub>, Cf. A° Malvín año 2022.

Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg N/L)	Amoníaco Libre (mg N/L)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)
MA1	18/01/2022	1,22	6	0,77	21,63	0,141	1,0E+06
	29/06/2022	2,30	62	2,66	48,5	0,143	6,7E+05
MA2	18/01/2022	1,22	6	0,77	21,63	0,141	1,0E+06
	29/06/2022	2,30	62	2,66	48,5	0,143	6,7E+05
MA3	18/01/2022	6,83	3	0,57	22,44	0,153	3,7E+04
	29/06/2022	8,08	8	1,18	24,1	0,210	2,0E+03
MA4	18/01/2022	3,47	44	3,3	44,01	0,531	8,6E+06
	29/06/2022	7,95	< 6	0,94	18,77	0,148	1,1E+03
MA5	18/01/2022	4,90	20	2,6	50,49	0,726	2,7E+06
	29/06/2022	11,78	11	0,78	17	0,187	7,0E+02

Se mantiene el deterioro sostenido de la calidad del agua del arroyo Malvín reportada en años anteriores. En el año 2022 se registraron valores de incumplimiento para prácticamente todos los parámetros y en todas las estaciones. En la estación MA3 se registraron concentraciones de OD y DBO<sub>5</sub> que cumplieron con la normativa nacional en ambos muestreos.

### 5.6.1.2 Arroyo Molino

El arroyo Molino es afluente del Lago Rivera y desemboca en la Playa Honda (figura 5.6.1.2).

Las estaciones de muestreo son:

- AMO1: Afluente Lago Rivera y Calle 6
- AMO2: Afluente Lago Rivera (entrada del Lago)
- MO1: A° Molino (salida del Lago)
- MO3: A° Molino y Volteadores
- MO5: A° Molino y Rambla O´Higgins



Figura 5.6.1.2. Estaciones de monitoreo del A° Molino. Fuente Google Earth®

En la Tabla 5.6.1.2 se muestran los valores de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH<sub>3</sub>) y coliformes fecales (Cf) determinados en el año 2022. En color verde se indican aquellas concentraciones que cumplen con la normativa nacional vigente (Decreto 253/79 y modificaciones posteriores) e internacional de referencia (USEPA, 2016). En color rojo se indican los incumplimientos para ambas normativas.

Tabla 5.6.1.2. Concentraciones de OD, DBO<sub>5</sub>, PT, NT, NH<sub>3</sub>, Cf. A° Molino y afluentes (2022)

Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg N/L)	Amoníaco Libre (mg N/L)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)
AMO1	25/01/2022	1,28	4	0,59	1,4	0,005	6,2E+03
	13/07/2022	1,92	1	0,76	3,51	0,002	1,2E+03
AMO2	25/01/2022	0,07	29	1,01	4,84	0,025	4,6E+05
	13/07/2022	3,76	3	1,01	1,32	0,002	3,6E+03
MO1	25/01/2022	3,15	16	1,23	0,61	0,009	3,4E+04
	13/07/2022	6,68	20	0,99	4,6	0,008	1,1E+03
MO3	25/01/2022	5,05	7	1,29	2,86	0,011	7,0E+03
	13/07/2022	5,73	5	0,65	3,51	0,002	1,6E+02
MO5	25/01/2022	7,81	5	0,96	0,74	0,027	1,2E+03
	13/07/2022	9,49	4	0,69	3,66	0,007	9,8E+03

En los dos muestreos del año 2022 se observaron valores de incumplimiento para fósforo total en todos los muestreos, y en el 60% de los casos para nitrógeno total.

Para el resto de los parámetros se observan fluctuaciones en cuanto al cumplimiento o no de la

normativa, pero se puede resumir que las estaciones más impactadas, con una menor calidad son las del tramo superior (AMO1 y AMO2).

### 5.6.2 Tributarios del Río de la Plata Zona Oeste: Cañadas de las playas del Oeste

En la figura 5.6.2.1 se muestra la ubicación de las estaciones de los tributarios del Río de la Plata, zona Oeste.



Figura 5.6.2.1. Estaciones de monitoreo de las cañadas de playas del Oeste. Fuente Google Earth®

#### Estaciones de muestreo

- PB1: Cañada de las Pajas Blancas y Cno. Pajas Blancas
- PB2: Desembocadura de Cda. de las Pajas Blancas en la Playa Pajas Blancas
- YO: Cañada de las Yeguas y Cno. Burdeos
- B: Cañada Bélgica, tributario de la Cañada Tala a la altura del Pasaje 19
- S3: Cañada Tala y Pasaje Artigas Sur

En la Tabla 5.6.2.1 se muestran los valores de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH<sub>3</sub>) y coliformes fecales (Cf). En color verde se indican aquellas concentraciones que cumplen con la normativa nacional vigente (Decreto 253/79 y modificaciones posteriores) e internacional de referencia (USEPA, 2016). En color rojo se indican los incumplimientos para ambas normativas.

Tabla 5.6.2.1. Concentraciones de OD, DBO<sub>5</sub>, PT, NT, NH<sub>3</sub>, Cf. Cdas. Playas del Oeste (2022)

	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg N/L)	Amoníaco Libre (mg N/L)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)
Cañada de las Pajas Blancas	PB1	04/01/2022	0,07	22	3,03	7,24	0,024	3,5E+03
		21/06/2022	6,32	4	1,06	2,88	0,009	3,0E+02
	PB2	04/01/2022	10,50	< 3	0,69	12,91	0,013	1,7E+02
		21/06/2022	5,12	2	0,75	9,32	0,002	2,0E+02
Cañada Bélgica	B	04/01/2022	1,30	5	1,34	37,50	0,229	3,0E+03
		21/06/2022	10,70	8	0,71	5,78	0,071	3,6E+04
Cañada Playa Dellazoppa	S3	04/01/2022	1,51	13	1,60	24,99	0,184	1,5E+04
		21/06/2022	6,90	5	1,88	8,36	0,041	4,0E+03

Durante el año 2022 no se pudo realizar la toma de muestras de la estación de monitoreo YO por falta de agua, el curso estaba seco y cubierto de vegetación.

En el resto de las estaciones se observaron incumplimientos en fósforo y nitrógeno total en ambos muestreos; en las Cañadas (B) y (S3) también se incumplen los parámetros amoníaco libre y coliformes fecales.

La Cañada de las Pajas Blancas (PB2) en su desembocadura en la playa del mismo nombre, registró valores de OD, DBO<sub>5</sub>, amoníaco libre y coliformes que cumplen con el Decreto 253/79.

## 5.7 BIOENSAYOS

### Arroyo Miguelete

Se realizaron determinaciones sobre los puntos M1, M5 y M8, en verano e invierno. Los resultados de las muestras del arroyo Miguelete se presentan en la Tabla 5.7.1

*Hydra* es el organismo de ensayo más afectado, con valores de UT predominantemente de categoría tóxica alcanzando el nivel muy tóxico en el sitio M1 en el invierno. Se puede observar que durante el invierno, la toxicidad si bien cae en la categoría tóxica muestra valores que van disminuyendo en el sentido del curso (8,0; 2,8 y 1,4 respectivamente).

En la estación estival no se observan variaciones significativas a lo largo del curso, todos los puntos quedan incluidos en la categoría tóxica para esta especie.

Respecto a la evaluación realizada en el año 2021 se observa un notorio aumento en la toxicidad especialmente en los puntos M1 y M5, continuando la tendencia informada en dicho año.

Para los ensayos de *Daphnia* y *Vibrio* se observa que se mantiene la tendencia histórica de valores no tóxicos o levemente tóxicos.

Tabla 5.7.1 Resultados de los bioensayos realizados en agua del arroyo Miguelete en el año 2022.

Sitios	Estación	<i>Hydra</i> (UT)	<i>Daphnia</i> (UT)	<i>Vibrio</i> (UT)
M1	Verano	2,8	1,0	1,0
	Invierno	8,0	1,0 (1,0 – 1,0)	1,0 (1,0 – 1,0)
	Anual	5,4	1,0	1,0
M5	Verano	3,9	1,0	1,0
	Invierno	2,8	1,0 (1,0 – 1,0)	1,0 (1,0 – 1,0)
	Anual	3,4	1,0	1,0
M8	Verano	3,2	1,0	1,0
	Invierno	1,4	1,0 (1,0 – 1,0)	1,0 (1,0 – 1,0)
	Anual	2,3	1,0	1,0

## Arroyo Pantanoso

Se realiza una campaña en verano y una en invierno, siendo los puntos de muestreo seleccionados: P1, P5 y P8. Los resultados de los ensayos se presentan en la Tabla 5.7.2.

Al igual que en años anteriores, registrado por la serie histórica de monitoreo, el ensayo de *Hydra* es el que marca una toxicidad importante mientras que *Daphnia* y *Vibrio* se presentan con niveles no tóxicos o levemente tóxicos.

*Hydra* presenta peores valores en verano y en los sitios P1 y P5. Todos los puntos relevados presentan toxicidad en el rango muy tóxico con dicha especie .

Tabla 5.7.2 Resultados de los bioensayos realizados en agua del arroyo Pantanoso en el año 2022.

Sitios	Estación	<i>Hydra</i> (UT)	<i>Daphnia</i> (UT)	<i>Vibrio</i> (UT)
P1	Verano	11,3	1,0	1,2
	Invierno	5,3	1,0 (1,0-1,0)	1,2 (1,2 - 1,3)
	Anual	8,3	1,0	1,2
P5	Verano	8,7	1,0	1,0
	Invierno	7,3	1,2 (1,0 -1,4)	4,8 (1,0 – 8,5)
	Anual	8,0	1,1	2,9
P8	Verano	5,7	1,0	1,2
	Invierno	5,7	1,1 (1,0 -1,2)	1,0 (1,0-1,0)
	Anual	5,7	1,0	1,1

Como consideración general, el arroyo Pantanoso mantiene niveles importantes de toxicidad (efecto agudo) que se destacan en los resultados de *Hydra* y que pueden o no ser observados además con otros ensayos. Se evidencia un notorio deterioro en la calidad del curso respecto a ésta especie respecto a 2021, no sólo por aumento de los valores de UT para todos los puntos sino que se vuelve homogéneamente muy tóxico.

Asimismo se puede apreciar que para la estación estival la toxicidad del curso tiene su máximo en el punto ubicado más próximo a la naciente y va mostrando tendencia decreciente a lo largo de su recorrido. Salvo para el punto más próximo a la desembocadura, se observa que la temporada estival presenta valores de toxicidad superiores a los observados en la temporada invernal.

Los valores para *Daphnia* siguen la tendencia histórica de toxicidades bajas (leve o no tóxica). Lo mismo puede decirse de *Vibrio* a excepción del lo observado en P5 en la temporada invernal donde se observa que los valores aumentan hasta alcanzar un máximo de 8,5 UT.

## Arroyo Las Piedras

Se realizaron determinaciones sobre los puntos LP1, LP3 y LP5, en verano e invierno. Los resultados de las muestras del arroyo Las Piedras se presentan en la Tabla 5.7.3.

Con el ensayo de *Hydra* se observan valores muy tóxicos en todos los sitios, continuando la tendencia al deterioro observada en los años anteriores. En este caso se observan valores ligeramente superiores en la estación invernal en todos los puntos de muestreo.

Para los ensayos con *D. magna* y *V. fischeri* se reportan valores no tóxicos para todos los muestreos realizados, valores que se enmarcan en los resultados observados en años anteriores.

Dado que se conoce la mayor sensibilidad de *Hydra* a la contaminación derivada de la degradación de la materia orgánica, es ésta polución la que se considera como principal responsable de la toxicidad observada y de su incremento.

Tabla 5.7.3 Resultados de los bioensayos realizados en agua del arroyo Las Piedras en el año 2022.

Sitios	Estación	<i>Hydra</i> (UT)	<i>Daphnia</i> (UT)	<i>Vibrio</i> (UT)
LP1	Verano	5,7	1,0	1,0
	Invierno	7,0 (6,1-8,0)	1,0 (1,0 – 1,0)	1,0 (1,0 – 1,0)
	Anual	6,4	1,0	1,0
LP3	Verano	5,7	1,0	1,0
	Invierno	8,5 (5,7-11,3)	1,0 (1,0 – 1,0)	1,0 (1,0 – 1,0)
	Anual	7,1	1,0	1,0
LP5	Verano	5,7	1,0	1,0
	Invierno	5,9 (5,7-6,1)	1,0 (1,0 – 1,0)	1,0 (1,0 – 1,0)
	Anual	5,8	1,0	1,0

### Cuenca del Arroyo Carrasco

Se realizaron determinaciones sobre los puntos CA3, MN2 y TO2, en verano e invierno. Los resultados para las muestras de la cuenca del Aº Carrasco se presentan en la Tabla 5.7.4.

Continuando la tendencia de evaluaciones anteriores en ésta cuenca se observa aumento de los niveles de toxicidad para el ensayo de *Hydra*.

Por otra parte, los ensayos de *D. magna* y *V. fischeri* mantienen niveles no tóxicos o levemente tóxicos.

Tabla 5.7.4. Resultados de los bioensayos realizados en agua del arroyo Carrasco en el año 2022.

Sitios	Estación	<i>Hydra</i> (UT)	<i>Daphnia</i> (UT)	<i>Vibrio</i> (UT)
CA3	Verano	---	1,0	1,0
	Invierno	4,2 (2,8-5,7)	1,0 (1,0 – 1,0)	1,0 (1,0 – 1,0)
	Anual	4,2	1,0	1,0
MN2	Verano	---	1,0	1,0
	Invierno	4,8 (4,0-5,7)	1,0 (1,0-1,0)	1,0 (1,0 – 1,0)
TO2	Verano	---	1,0	1,0
	Invierno	1,9 (1,0-2,8)	1,0 (1,0 – 1,0)	1,0 (1,0 – 1,0)

Nota: No se pudo realizar el ensayo de *Hydra* para la estación estival por carecer de individuos para el análisis.

Como consideración final se destaca que la serie histórica hasta 2019 para este curso de agua mostraba valores no tóxicos o levemente tóxicos en *Hydra*. Los resultados obtenidos para *Hydra* en 2022 continúan la tendencia iniciada en 2020 de deterioro creciente año a año. Por lo tanto, los resultados observados indican un cambio relevante en la calidad de agua de dicho curso que se mantiene por tres años consecutivos.

En resumen, para el año 2022 se puede indicar que la especie afectada en las cuencas informadas es *Hydra attenuata* en todas las cuencas, siendo los arroyos más afectados el Pantanoso y Las Piedras donde todos los valores se encuentran dentro de la categoría muy tóxica. Miguelete y Carrasco muestran mayor variabilidad en cuanto a los valores de afectación desde levemente tóxico a muy tóxico pero sus valores en esta última categoría están muy por debajo de los observados para las cuencas Pantanoso y Las Piedras.

Otro detalle a observar es que tanto en Miguelete como Pantanoso la toxicidad disminuye en el sentido del curso y salvo un punto (M1) se observa que la estación que presenta mayores niveles de toxicidad es la del verano.

*Daphnia* y *Vibrio* presentan valores similares en las cuencas monitoreadas, siendo los resultados categorizados como no tóxico mayoritariamente. La excepción se encuentra en la cuenca Pantanoso para *Vibrio fischeri* donde se encontraron resultados levemente tóxico y muy tóxico (P5 invernal).

## 6 CONSIDERACIONES FINALES

Durante el año 2022 se han mantenido las características informadas en los años anteriores, no evidenciándose mejoras sustanciales en la calidad de las aguas de los cursos de Montevideo.

En la figura 6.1 se grafican para el período 2005 – 2022 el porcentaje de veces que la calidad del agua de cada estación de monitoreo permaneció en las diferentes categorías que establece el ISCA:

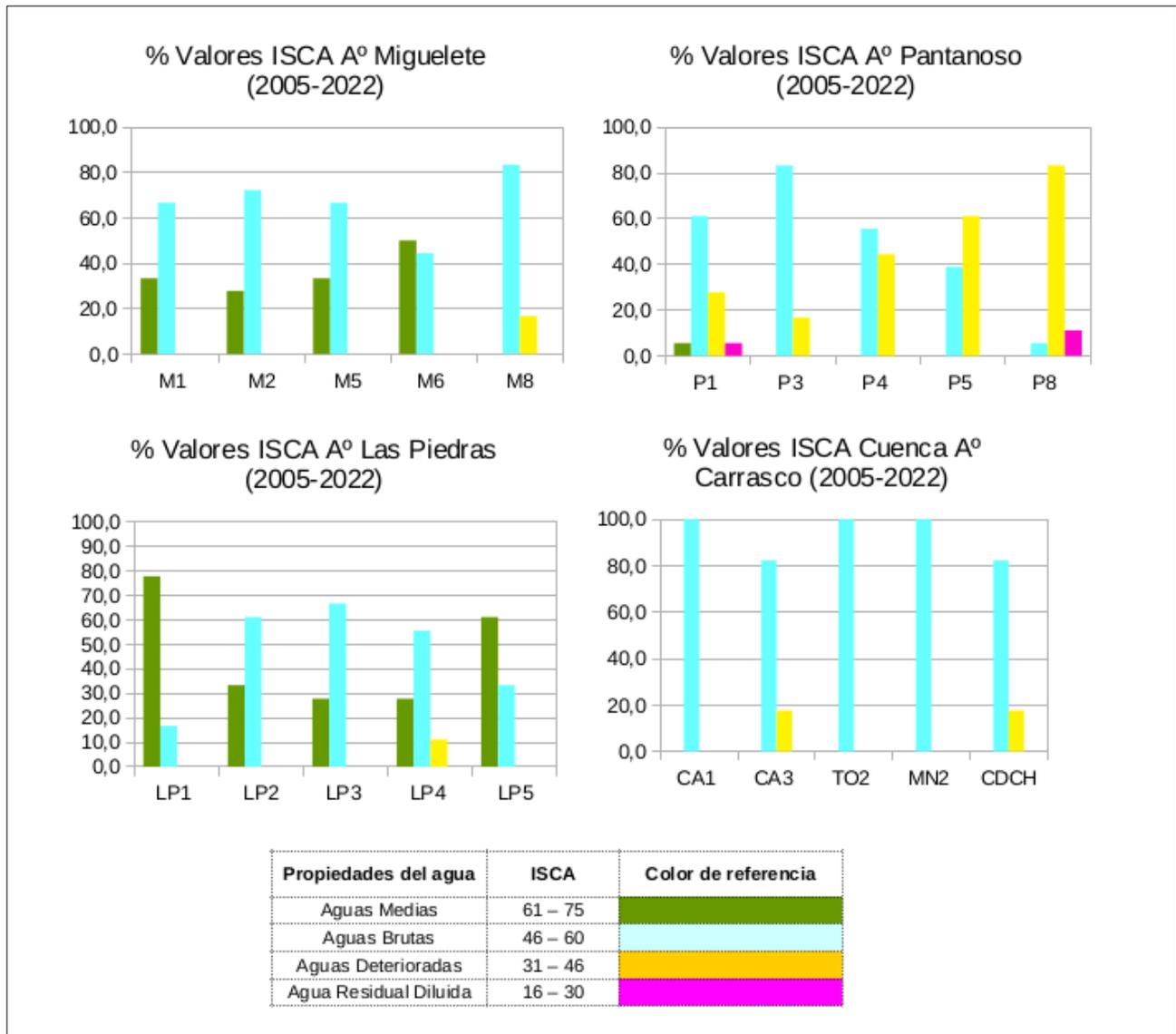


Figura 6.1. Porcentaje de ocurrencia de categorías según ISCA en Cuenca Mayores (2005-2022)

Las estaciones cuya calidad se ha visto más deteriorada en el período 2005-2022:

- Para el arroyo Miguelete la ubicada en su desembocadura en la bahía de Montevideo (M8), el 17% de las veces permaneció en la categoría de Aguas deterioradas, las demás veces su categoría fue superior (Aguas Brutas).
- Para el arroyo Pantanoso la estación P8 se clasificó como Aguas Deterioradas el 83% de las veces, incluso su categoría fue de Agua Residual Diluida el 11% de las veces y sólo en uno de los años del período (2010) se alcanzó la Categoría de Aguas Brutas. Además también se puede observar que para la estación P5 el porcentaje de ocurrencia en la categoría de Aguas Deterioradas alcanza el 61%, y el resto de las veces su categoría fue de Aguas Brutas.

- Para las estaciones de la cuenca del arroyo Carrasco, CA3 y CDCH se clasificaron en Aguas Deterioradas el 18% de las veces respectivamente y las demás veces su categoría fue de Aguas Brutas.

- Para las estaciones del arroyo Las Piedras, la estación LP4 se clasificó como Agua Deteriorada el 11% de las veces, siendo las demás veces de categorías superiores (Aguas Brutas e incluso Aguas Medias).

Las principales causas del estado de deterioro de los cursos de agua detectadas continúan siendo:

- Vertido de residuos sólidos en las márgenes o en los mismos cursos de agua.
- Aportes directos de efluentes de saneamiento sin tratar desde asentamientos irregulares ubicados en las cuencas, o desde zonas que aun no están cubiertas por los planes de saneamiento urbano.
- Potenciales vertimientos de emprendimientos industriales en las cuencas de drenaje: <https://montevideo.gub.uy/areas-tematicas/ambiente/control-de-industrias/reportes-semestrales-de-actividad-industrial-y-cumplimiento-de-normativa>
- Incremento en la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos que alteran la hidrodinámica de los cursos de agua y su cuenca de drenaje.

A nivel departamental la Intendencia de Montevideo definió un plan estratégico institucional para el quinquenio 2021 – 2025.

El mismo está compuesto de 4 lineamientos estratégicos, que se traducen en objetivos generales y estos a su vez en objetivos específicos ( <https://intranet.imm.gub.uy/planificacion-estrategica> )

El lineamiento estratégico número 1 es AMBIENTE y se subdivide en 4 objetivos generales, el primero de los cuales es:

### **1.1: GESTIÓN AMBIENTAL INTEGRAL**

**Posicionar a Montevideo como ciudad referente en temas de sustentabilidad ambiental de forma integral, desarrollando una agenda de largo plazo contribuyendo en temas como los ecosistemas urbanos, el cambio climático y la economía circular.**

Para alcanzar este objetivo se plantean a su vez 7 objetivos específicos, entre los cuales están:

#### **1.1.1 OBSERVATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL**

Crear un Observatorio Ambiental de Montevideo, definido como un espacio de consolidación de datos y servicios abiertos, indicadores y conocimiento experto asociados al ambiente.

#### **1.1.7 CUERPOS DE AGUA Y ECOSISTEMAS URBANOS, RURALES Y NATURALES**

Avanzar en una ciudad sensible al agua, incluyendo acciones específicas para los cuerpos de agua departamentales y metropolitanos.

El Programa de Monitoreo de Cuerpos de Agua de Montevideo si bien inicialmente surge como un componente del Plan de Saneamiento Urbano, ha sido modificado respecto a como fue concebido originalmente de forma tal de adaptarse a los cambios que se han ido sucediendo. Actualmente contribuye con los objetivos específicos 1.1.1 y 1.1.7 del plan estratégico institucional, y se aspira a que la información generada sea de utilidad para la toma de decisiones.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cacho, C., Rodríguez, A., Risso, J., Sienra, 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.) (2004). Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. ISBN: 968-5536-33-3. México: IMTA. Canadá: IDRC, 189 p.
- CEPAL (2023) - Comisión Económica para América Latina y el Caribe. América Latina y el Caribe en la mitad del camino hacia 2030: Avances y Propuestas de Aceleración. Sexto informe sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe (LC/FDS.6/3/Rev.1), Santiago 231 pp.
- Decreto Poder Ejecutivo, N° 253/79 del 09/05/1979 y modificativos (Decretos N° 232/88, N° 698/89 y N° 195/91). On line: <http://www.impo.com.uy/bases/decretos/253-1979>
- Diaz-Baez, M.C. & Perez, J.B. (2000). Intralaboratory experience with a battery of bioassays: Colombia experience. *Environmental Toxicology* 15(4): 297-303.
- EPS (1992). Biological test method: toxicity test using luminescent bacteria. Report EPS 1/RM/24, Environment Canada. 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; n° 15; 15-22) (año 5; n° 16; 19-23).
- Guilhermino, L., Diamantino, T., Silva, M.C. & 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.
- IWA (2022). International Water Association. Water Interactions – A Systemic View. Why we Need to Comprehend the Water–Climate–Energy–Food– Economics–Lifestyle Connections ISBN: 978-178906290-8, London, 275 pp.
- Kalff, J. & Bentzen, E. (1984). A Method for the Analysis of Total Nitrogen in Natural Waters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41 : 815-819.
- Karntanut, W. & Pascoe, D. (2002). The toxicity of copper, cadmium and zinc to four different *Hydra* (Cnidaria: Hydrozoa). *Chemosphere* 47: 1059 -1064.
- 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.
- MVOTMA (2017). Evaluación de la ecotoxicidad aguda de muestras ambientales líquidas mediante el test de bacterias luminiscentes (Sistema Microtox®). 6159UY Versión 0. En: "Manual de procedimientos analíticos para muestras ambientales" 3<sup>era</sup> Ed.
- Pardos, M., Benninghoff, C., Guéguen, C., Thomas, R., Dobrowolskib, J. & Dominik, J. (1999). Acute toxicity assessment of Polish (waste) water 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.o, G.D.
- Ronco, A., Sobrero, C., Grassi, V., Kaminski, L., Massolo, L. & Mina, L. (2000). WaterTox bioassay intercalibration network: results from Argentina. (2000). *Environmental Toxicology* 15(4): 287-296.
- SDI Microtox (2009). Tutorial SDI MicrotoxOmniR V.4.1.SDI Microtox (2009). Tutorial SDI MicrotoxOmniR V.4.1.

SMEWW (2023). Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. 24<sup>th</sup> Edition. ISBN 978-087553-299-8.

Teodorovic, I., Planojevic, I., Knezevic, P., Radak, S & Nemet, I. (2009). Sensitivity of bacterial vs. *Daphnia magna* toxicity test to metals. Cent. Eur. J. Biol. (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 ISO 6341:2012. Calidad de agua. Determinación de la inhibición de la movilidad de *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea). Ensayo de toxicidad aguda. (ISO 6341:2012).

UNE-EN ISO 11348-3:2007. Calidad del agua. Determinación del efecto inhibitor de muestras de agua sobre la luminiscencia de *Vibrio fischeri* (ensayo de bacterias luminiscentes). Parte 3: Método utilizando bacterias liofilizadas. (ISO 11348-3:2007).

UNESCO (2021). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water. ISBN 978-92-3-3001640. Paris, 225pp.

USEPA (2016). United States Environmental Protection Agency. FINAL Integrated Water Quality Assessment for Florida: 2016 Sections 303(d), 305(b), and 314 Report and Listing Update Division of Environmental Assessment and Restoration Florida Department of Environmental Protection. <https://floridadep.gov/sites/default/files/2016-Integrated-Report.pdf>.

Valderrama, J.C. (1981). The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. Marine Chemistry. Vol. 10, (2): 109-122.