



Intendencia
Montevideo

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

PROGRAMA DE MONITOREO DE CUERPOS DE AGUA DE MONTEVIDEO

INFORME ANUAL 2024



Dirección del Servicio

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 preparación del material, realización de los muestreos y determinación de los parámetros correspondientes.

Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental

Ana Vinocur s/n, Punta Carretas
CP 11300 - Montevideo Uruguay
Telefax: 1950 9919

www.montevideo.gub.uy

1 ÍNDICE

1	ÍNDICE DE CONTENIDO	3
2	INTRODUCCIÓN	4
3	OBJETIVOS y ALCANCE	5
4	METODOLOGÍA	7
5	RESULTADOS	10
5.1.	ARROYO MIGUELETE	11
5.2.	ARROYO PANTANOSO	17
5.3	ARROYO LAS PIEDRAS	23
5.4.	CUENCA DEL ARROYO CARRASCO	29
5.5.	ARROYO SAN GREGORIO Y MELILLA	37
5.6.	OTROS CURSOS MENORES	43
5.7.	BIOENSAYOS	47
6.	CONSIDERACIONES FINALES	49
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

2 INTRODUCCION

Los cursos de agua en contextos urbanos cumplen funciones ecológicas, sociales y culturales fundamentales. Actúan como corredores biológicos, sostienen biodiversidad, regulan flujos hídricos y procesan nutrientes; al mismo tiempo son espacios de recreación, identidad cultural y bienestar para la población. Su ubicación en las zonas bajas de las cuencas los convierte en receptores de los efectos acumulativos del uso del suelo urbano (Paul & Meyer, 2001).

La urbanización produce un fenómeno conocido como “síndrome del arroyo urbano” (*urban stream syndrome*), caracterizado por la degradación ecológica de los cursos de agua en áreas urbanas. Entre sus síntomas se incluyen: una hidrología más descontrolada, con crecidas repentinas y reducción de caudales de base; aumentos de nutrientes y contaminantes varios; alteraciones morfológicas de los cauces, con erosión y pérdida de hábitats; disminución de la biodiversidad acuática, con dominancia de especies tolerantes; y reducción de funciones ecosistémicas (Walsh et al., 2005; Paul & Meyer, 2001).

La restauración de arroyos urbanos es compleja y costosa debido a la densidad poblacional, la fragmentación territorial y la presencia de infraestructura crítica (carreteras, conducciones de saneamiento o pluviales, tendidos eléctricos, etc.). Sin embargo, resulta esencial para recuperar servicios ecosistémicos y reducir riesgos asociados al cambio climático y las inundaciones. Entre las principales estrategias de restauración se destacan el manejo de aguas pluviales mediante infraestructura verde (parques inundables, humedales urbanos, techos y pavimentos permeables), la revegetación de riberas, la reconfiguración de cauces y la integración de estas acciones en una planificación urbana más amplia (Bernhardt & Palmer, 2007; Demuzere et al., 2014).

En el plano regional, en América Latina se reconoce la necesidad de transitar hacia un modelo de gestión integrada de los recursos hídricos, que considere simultáneamente el agua como bien social, económico y ambiental. El informe de la CEPAL (2005) sobre gestión de los recursos hídricos en la región enfatiza la importancia de reducir la desigualdad en el acceso al agua, la presión creciente sobre las fuentes urbanas y la vulnerabilidad frente al cambio climático. Asimismo, destaca que la gobernanza hídrica debe articular múltiples niveles —nacional, local y comunitario— y promover la participación social en la planificación. No obstante, se identifican como principales obstáculos la urbanización descontrolada, la contaminación difusa y puntual, y la fragmentación institucional.

En este sentido, la Agenda Ambiental Estratégica de Montevideo (2025) incorpora de manera explícita la gestión del agua a través de un Plan Director de Saneamiento y Drenaje Urbano con horizonte al año 2050 (Intendencia de Montevideo, 2025). Este plan se estructura en cuatro ejes:

1. **Expansión de la cobertura**, con el objetivo de universalizar el saneamiento y garantizar un drenaje pluvial seguro, beneficiando a más de 130.000 personas que actualmente no cuentan con el servicio.
2. **Mitigación del riesgo hídrico**, dado que las inundaciones urbanas afectan hasta 110.000 personas en eventos extremos.
3. **Mejora de la calidad ambiental**, mediante la reducción de vertidos de efluentes en cuerpos de agua urbanos.
4. **Gestión y operación eficiente de activos**, para impulsar una operación adecuada y planificada de los sistemas de saneamiento y drenaje alcanzando estándares de servicio y objetivos ambientales adecuados y comprometidos con los usuarios.

Además, Montevideo ha incorporado la restauración de ecosistemas urbanos (playas, arroyos, parques) y la creación de corredores biológicos, con fuerte énfasis en la participación ciudadana y la educación ambiental. Este enfoque local se alinea con las tendencias internacionales de gestión integrada de cuencas urbanas, combinando infraestructura gris y verde, en el marco de políticas de adaptación y mitigación del cambio climático (Demuzere et al., 2014). A la vez, responde a los lineamientos regionales de gobernanza hídrica que propone la CEPAL (2005), donde la planificación urbana, la justicia social y la sostenibilidad ambiental son principios básicos de acción.

3 OBJETIVOS Y ALCANCE

El Programa de Monitoreo de Cuerpos de Agua 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 2024 se realizaron:

En cursos principales: 3 campañas de monitoreo en los arroyos Miguelete, Pantanoso, Las Piedras y en la cuenca del arroyo Carrasco.

En cuencas menores: 2 campañas de monitoreo en los tributarios de los cursos principales.

- ◆ tributarios del arroyo Miguelete (arroyo Mendoza, cañadas 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 el relleno sanitario de la I.M.: Cañada de las Canteras y A° 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, Dellazoppa y cañada Bélgica)
- ◆ tributarios del Río Santa Lucía (arroyos San Gregorio, Melilla y sus afluentes)

En las Figuras 3.1 y 3.2 se muestran las estaciones de monitoreo de los cursos principales y cuencas menores respectivamente

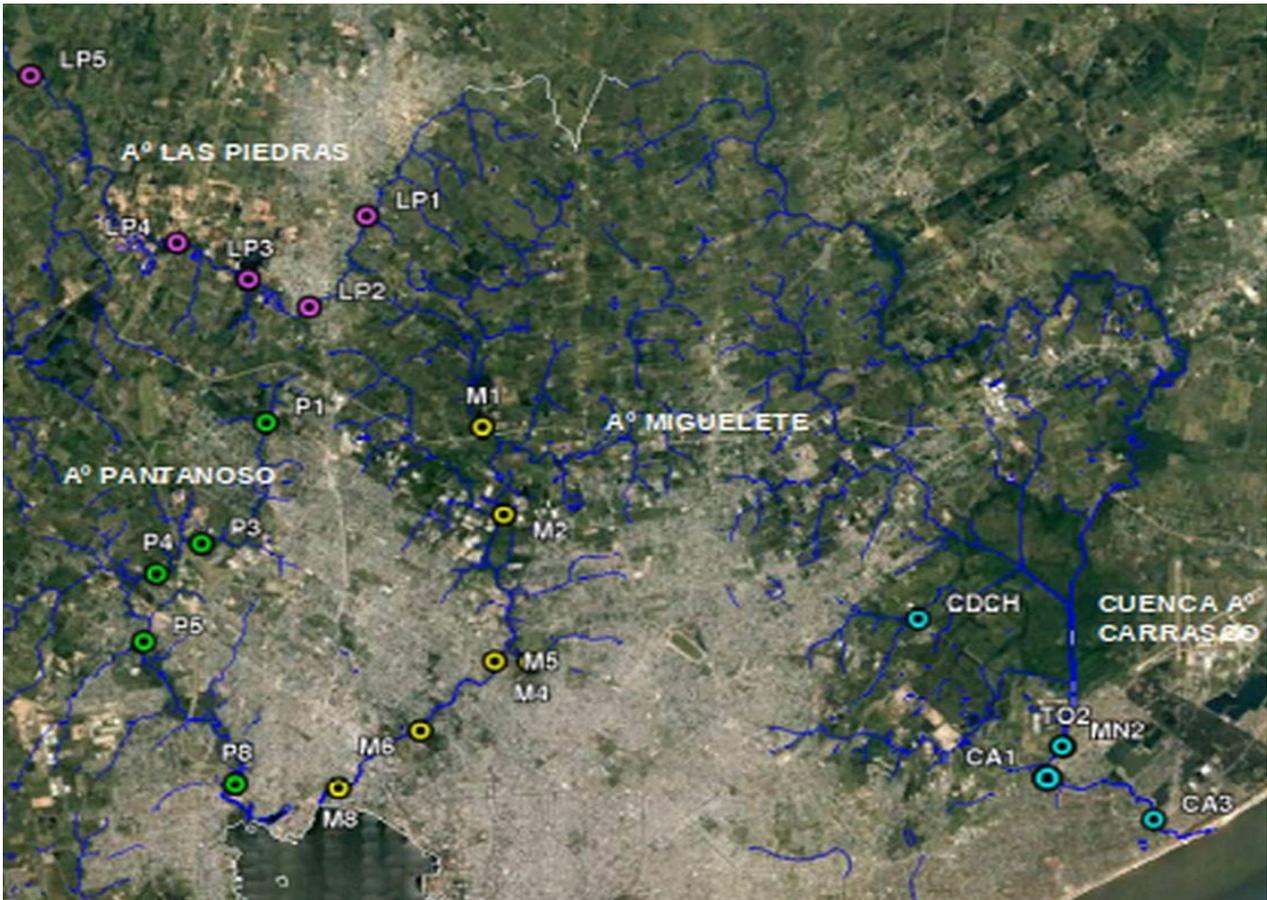


Figura 3.1. Puntos de muestreo de los Cursos Principales. Fuente: Google Earth®

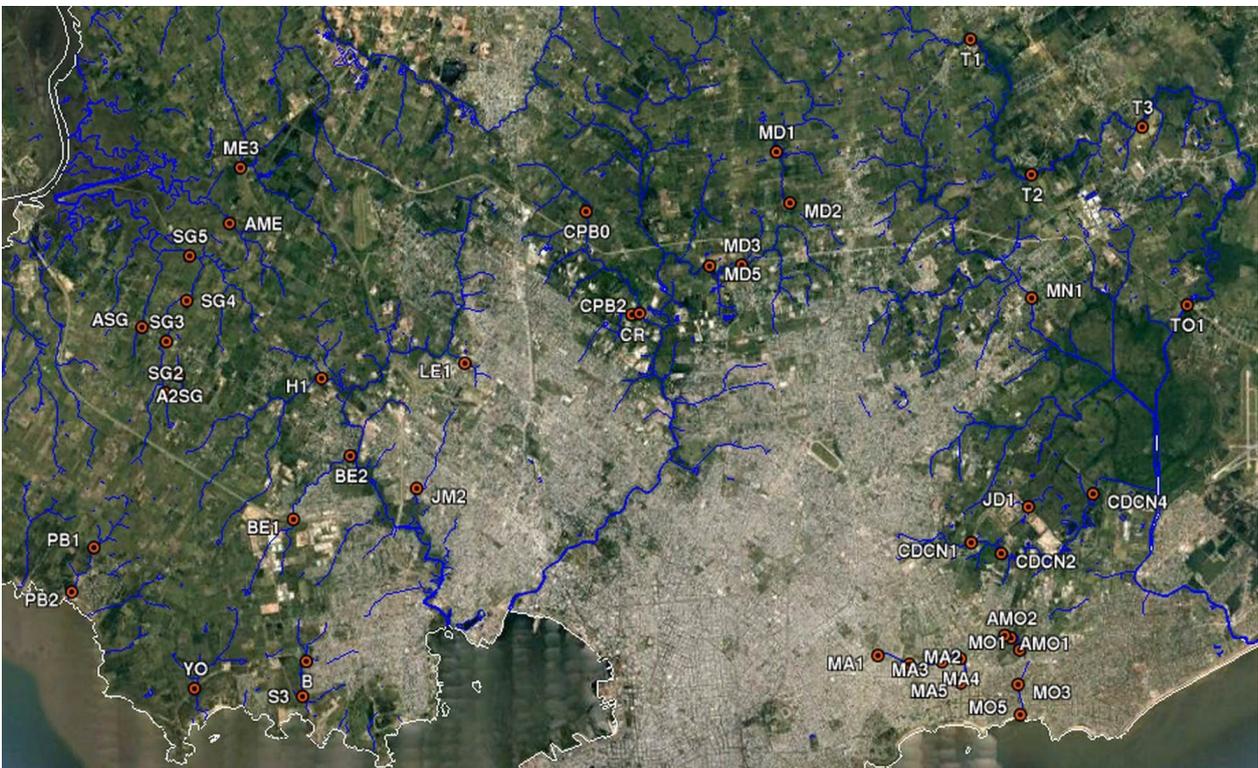


Figura 3.2 Puntos de muestreo de las Cuenca Menores. Fuente: Google Earth®

4 METODOLOGÍA

En el marco del Programa de Monitoreo de Cuerpos 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 tomando como referencia los límites establecidos en el Decreto 253/79 y modificativos posteriores, establecidos para la Clase 3, de acuerdo a clasificación definida en la Resolución Ministerial 99/2005 del anteriormente llamado Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA).

Respecto al parámetro Nitrógeno Total, se toman como referencia los valores guía sugeridos por la Mesa Técnica del Agua (2017) <https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/DCA-MesaT%C3%A9cnicaAgua-MVOTMA-propuesta-NIVELES-GUIA-N-P-Clo-grupo-t%C3%A9cnico-FINAL-20.03.171.pdf>. Para el presente informe se considera como valor límite el máximo de los valores sugeridos, 1,0 mg/L de N total.

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

Parámetros	Método de ensayo
pH	SMEWW, 24 th Ed. Mét.4500-H+
Temperatura	SMEWW, 24 th Ed. Mét.2550-B
Conductividad	SMEWW, 24 th Ed. Mét. 2510-B
Oxígeno Disuelto	SMEWW, 24 th Ed. Mét. 4500-O-G
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW, 24 th Ed. Mét. 2540-D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW, 24 th Ed. Mét.5210-B
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW, 24 th Ed. Mét.5220-D adaptada (Kit comercial)
Amonio	SMEWW, 24 th Ed. Mét. 4500-NH3-F
Fósforo Total	SMEWW, 24 th Ed. Mét. 4500-P-E
Nitrógeno Total	Kalf & Bentzen, 1984; Valderrama 1981
Tensoactivos aniónicos	SMEWW, 24 th Ed. Mét. 5540-C adaptada (Kit comercial)
Cromo Total	SMEWW, 24 th Ed. Mét. 3113
Plomo Total	SMEWW, 24 th Ed. Mét. 3113
Coliformes Fecales	SMEWW, 24 th Ed. Mét.9222-D

4.2 ÍNDICE DE CALIDAD ISCA

En el presente informe se continúa aplicando el Índice Simplificado de Calidad de Agua (ISCA) desarrollado por la Agència Catalana de L'Aigua en Cataluña, España. Este índice establece un

rango entre 0 y 100, cuanto mayor es el valor del índice, mejor es la calidad del agua. Para el cálculo de este índice se toman en cuenta los siguientes parámetros:

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

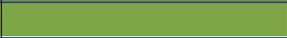
En la Tabla 4.2.1 se presentan: el rango de variación de cada parámetro y la fórmula utilizada

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

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

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, alternativa 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 permite 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, ellas le pueden otorgar una sensibilidad diferencial a los distintos contaminantes y por ello es recomendable utilizar más de un bioensayo que se corresponda con distintos organismos de prueba. Los organismos utilizados en los bioensayos del presente estudio fueron: *Daphnia magna* (crustáceo) y *Aliivibrio fischeri* (bacteria, anteriormente *Vibrio fischeri*). Particularmente ésta última es muy sensible a la contaminación por detergentes e hidrocarburos y los crustáceos son muy sensibles a los metales pesados.

El ensayo de *Daphnia magna* es un test de toxicidad estático y agudo (48 horas) que se ha implementado con adaptaciones del protocolo de la norma ISO 6341 (UNE-EN ISO 6341, 2012) y siguiendo recomendaciones de la red WaterTox (Castillo-Morales, 2004; Espínola *et al.*, 2005). Dicho ensayo se aplica a muestras líquidas de salinidad menor a 4 g/L (Schuytema *et al.*, 1997).

La toxicidad sobre *Aliivibrio fischeri* se determina mediante el Sistema Microtox® que se basa en la reducción de la bioluminiscencia natural de esta bacteria marina (EPS, 1992; SDI Microtox, 2009). En el presente estudio se aplicaron los protocolos “81,9% Screening test” y “81,9% Basic test”. Se adoptó como límite umbral de toxicidad el valor 17% de inhibición de emisión de luz (%IEL), correspondiente al límite de cuantificación (EPS, 1992).

Los resultados para los ensayos de *D. magna* y *A. fischeri* se expresan en Unidades de Toxicidad (UT) determinadas a partir de la fórmula: $UT = 100 / CL50$, donde CL50 es la Concentración Letal al 50% estimada en el bioensayo (Castillo-Morales, 2004). En el caso de *A. fischeri* la estimación de efecto corresponde a la Concentración de Inhibición al 50% de la emisión de luz de la bacteria. Por consiguiente, los valores más altos de UT corresponden a una mayor toxicidad. La Tabla 4.3.1 presenta las categorías correspondientes de acuerdo a las UT siguiendo el criterio adoptado por el anteriormente llamado MVOTMA (2017, 6059UY).

Si bien se realizan bioensayos para las muestras de las principales cuencas, aún no están contemplados en la normativa vigente. 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.)

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.

5 RESULTADOS

En el presente informe se reportan los resultados de las campañas del Programa de Monitoreo de Cuerpos de Agua del año 2024, 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 como requisito 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 cumplen con los respectivos estándares de clase 3, y no a que la totalidad de las características del curso de agua se corresponden con dicha clase.

Para 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 5.1 se presenta un mapa de los cursos principales de Montevideo, coloreados según las Categorías del índice ISCA anual.

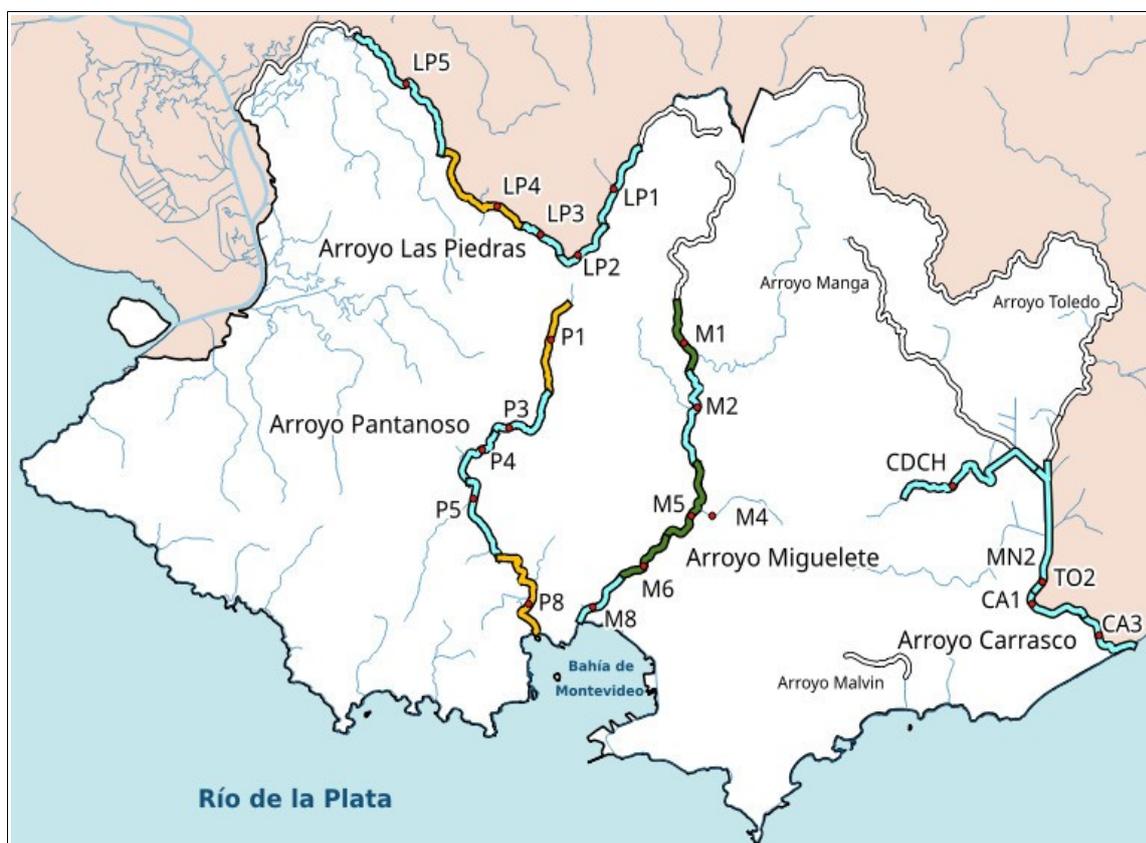


Figura 5.1. Mapa con tramos de los Cursos principales según Categorías del Índice ISCA, año 2024

Tabla 5.1. Categorías del Índice 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	

A continuación se presentan los resultados de los parámetros estudiados en las campañas realizadas durante el año 2024, así como también la variación histórica del índice ISCA para los cursos de agua principales. Además, se evalúa la evolución temporal de algunos parámetros (Demanda Bioquímica de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, Nitrógeno Total y Fósforo Total) en formato de gráfico de caja (*boxplot*). En los mismos se muestran la mediana (línea central), el percentil 25 (límite inferior de la caja), el percentil 75 (límite superior de la caja), el mínimo (extremo de la línea inferior) y el máximo (extremo de la línea superior)

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, y finalmente desemboca en la Bahía de Montevideo.

En el 2024 se realizaron tres campañas de monitoreo en el curso principal y dos en sus tributarios (Figura 5.1.1)

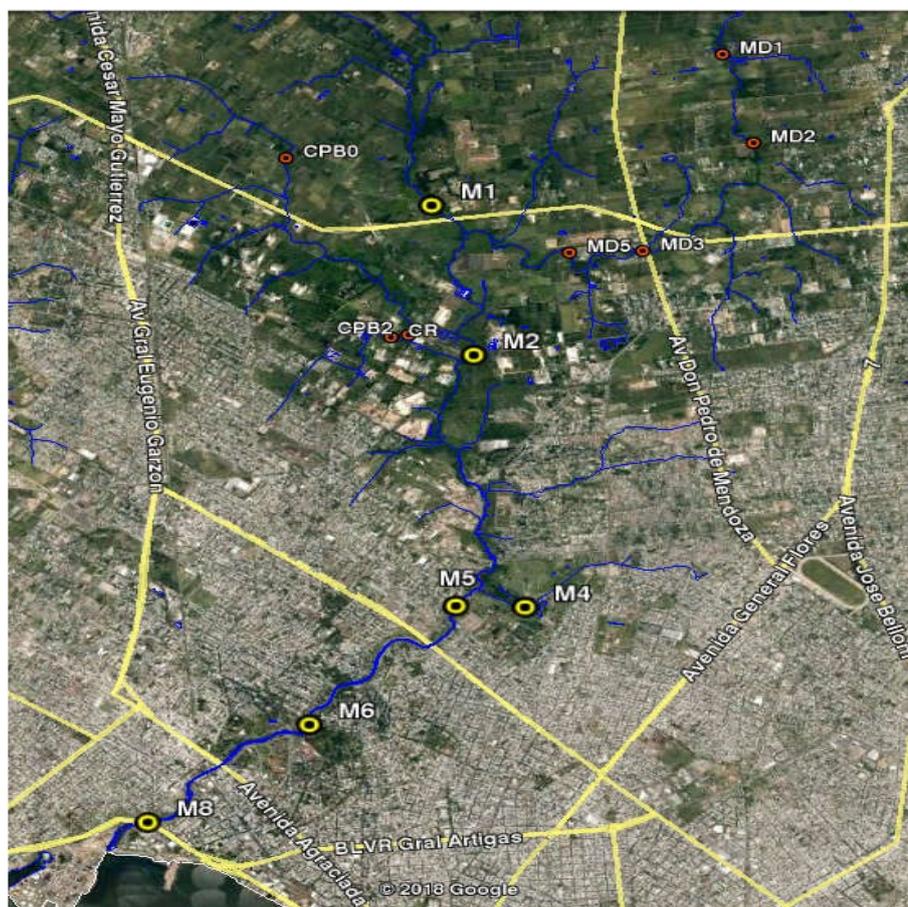


Figura.5.1.1. Estaciones de monitoreo del Aº Miguelete y tributarios. Fuente Google Earth®

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^a 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 (DBO₅), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH₃) coliformes fecales (Cf), tensoactivos aniónicos, cromo (Cr) y plomo (Pb) para las estaciones monitoreadas.

Los valores que cumplen con los límites de referencia se observan en color verde y en rojo se indican los incumplimientos.

Tabla 5.1.1 Concentraciones de OD, DBO₅, PT, NT, NH₃, Cf, Tensoactivos, Cr y Pb del A° Miguelete (2024).

Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg/L N)	Amoníaco Libre (mg/L N)	Tensoactivos (mg/L de LAS PM:318 g/mol)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)	Cromo (mg/L)	Plomo (mg/L)
M1	24/01/2024	10,3	> 42	1,33	3,4	0,032	0,20	1,3E+02	< 0,005	< 0,020
	28/05/2024	9,6	6	0,98	2,3	0,002	0,07	2,0E+04	0,008	< 0,020
	17/09/2024	4,9	2	1,13	6,0	0,009	0,19	1,8E+02	< 0,005	< 0,010
M2	24/01/2024	3,3	3	2,07	5,1	0,075	0,17	5,6E+02	0,007	< 0,020
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M4	24/01/2024	-	-	-	-	-	-	5,0E+03	-	-
	28/05/2024	-	-	-	-	-	-	3,5E+05	-	-
	17/09/2024	-	-	-	-	-	-	6,0E+04	-	-
M5	24/01/2024	3,8	8	2,93	6,6	0,146	0,68	2,0E+04	0,005	< 0,020
	28/05/2024	8,3	7	1,67	4,4	0,002	0,14	5,3E+04	0,009	< 0,020
	17/09/2024	8,2	6	1,21	6,7	0,018	0,28	5,2E+03	< 0,005	< 0,010
M6	24/01/2024	4,4	7	2,97	6,8	0,259	0,20	4,8E+03	< 0,005	< 0,020
	28/05/2024	9,6	8	2,07	4,1	0,003	0,14	7,2E+04	0,009	< 0,020
	17/09/2024	8,5	3	1,07	5,9	0,013	0,29	1,3E+03	< 0,005	< 0,010
M8	24/01/2024	5,9	7	2,84	7,8	0,127	0,35	-	< 0,005	< 0,020
	28/05/2024	9,5	9	2,44	4,6	0,003	0,14	4,8E+04	0,008	< 0,020
	17/09/2024	5,8	4	1,13	6,2	0,009	0,41	4,0E+02	< 0,005	< 0,010

Al igual que el años anteriores, durante el 2024 se observaron valores de fósforo total y nitrógeno total superiores a los límites de las normativas en todas las estaciones de monitoreo. En el caso

del parámetro DBO₅, todas las estaciones presentan valores acordes a la normativa durante todo el año, salvo en el caso de M1 en el muestreo del 24 de enero. Se observa además que en la campaña de muestreo de enero, todos los valores de amoníaco libre superaron los límites de la normativa en todas las estaciones del curso principal. En cuanto a los coliformes fecales los valores puntuales de las estaciones M4 y M5 excedieron los límites del decreto 253/79 durante todo el año.

Los valores registrados para los parámetros tensoactivos aniónicos, cromo y plomo cumplieron con los límites de la normativa vigente durante todo el año y en todas las estaciones de muestreo.

Observaciones:

- En la estación M2 sólo se pudo realizar la toma de muestra en enero, en el resto del año hubo inconvenientes de accesibilidad.

- La estación M4 se ubica en la cañada Casavalle y está canalizada en su mayor parte. La misma recibe el aporte de algunas zonas sin saneamiento así como vertimientos desde los aliviaderos de la red de saneamiento, y en la misma sólo se realiza el relevamiento de coliformes fecales.

A continuación se muestra en formato de gráfico de caja (*boxplot*) el comportamiento de algunos parámetros en cada una de las estaciones de monitoreo durante el período 2012 a 2024 (n = 232).

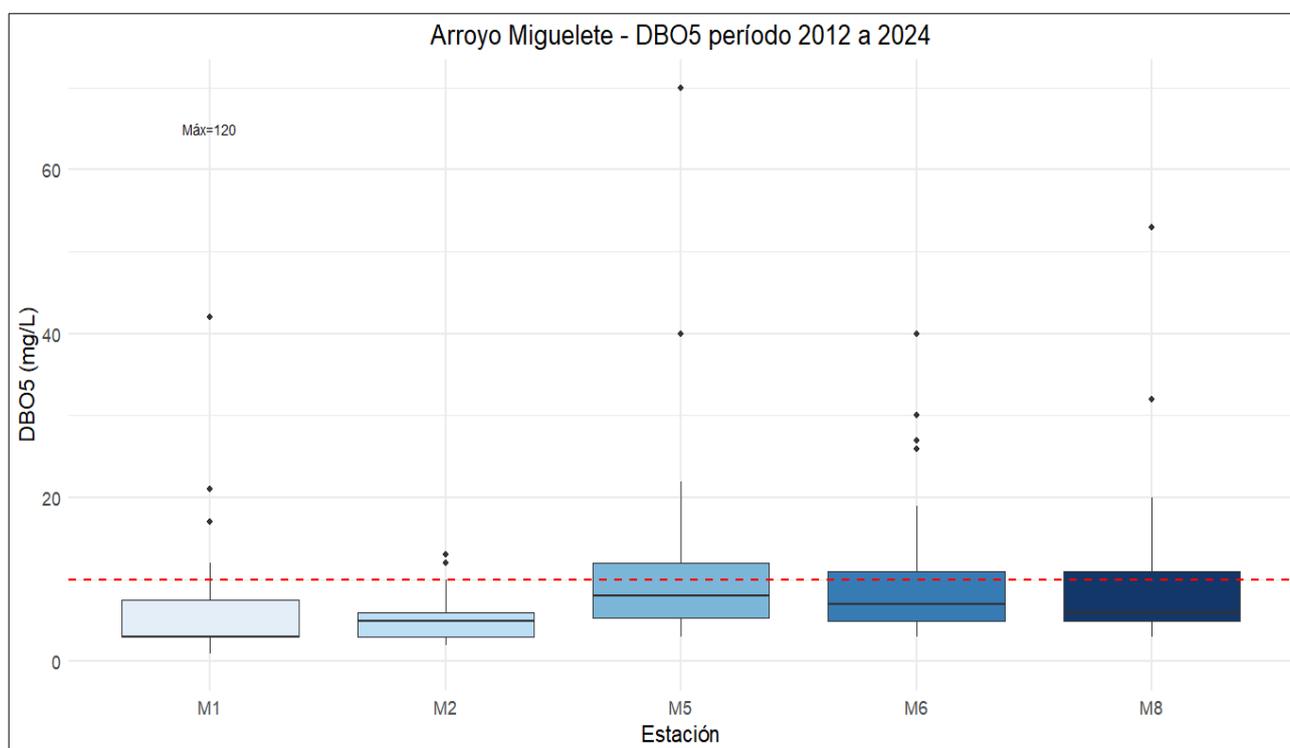


Figura 5.1.2. DBO₅ de las estaciones del A° Miguelete. La línea roja indica el límite máximo legal (10 mg/L).

En la figura 5.1.2 se aprecia una marcada heterogeneidad espacial en los valores de DBO₅, las estaciones M1 y M2 exhiben los valores centrales (mediana y rango intercuartil) más bajos del sistema, aunque M1 presenta *outliers* (valores atípicos) y valores máximos elevados (120 mg/L en enero de 2019). Las estaciones M5, M6 y M8 muestran un desplazamiento de la mediana hacia valores superiores y una mayor dispersión, especialmente M5, donde el rango intercuartil se amplía notablemente. Esto sugiere una mayor variabilidad y eventos frecuentes de aportes de vertidos con alta carga orgánica.

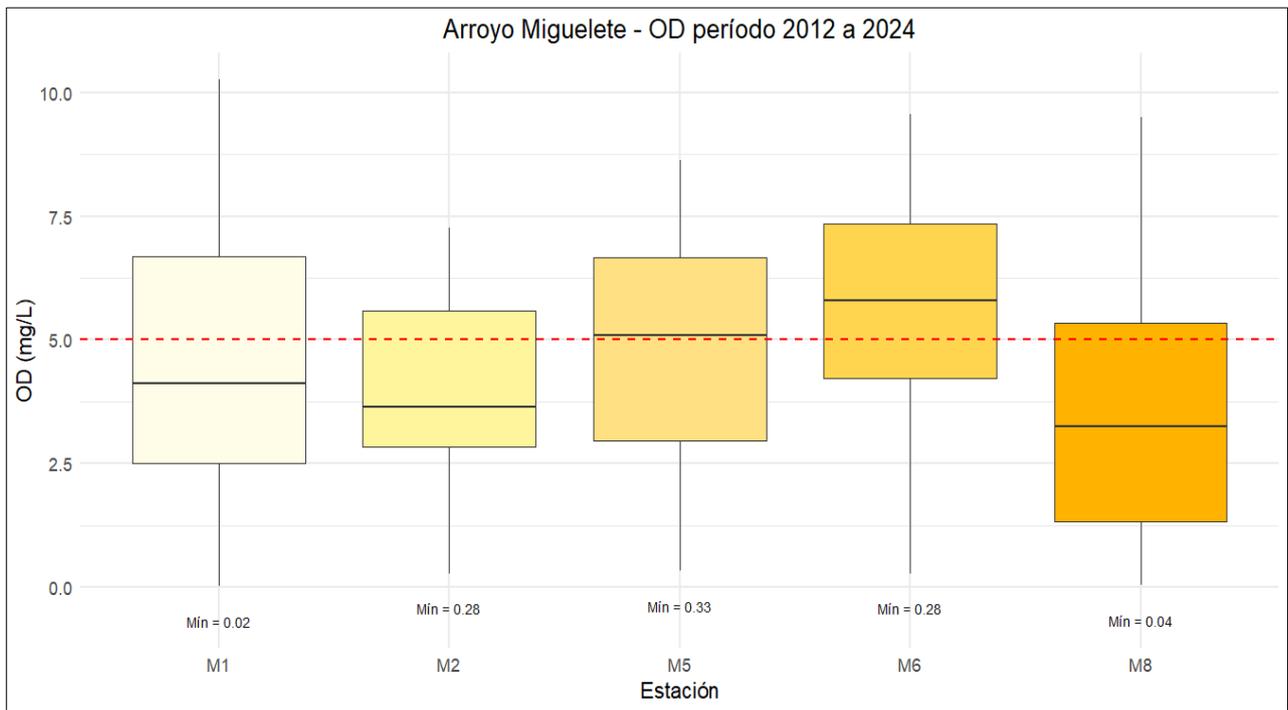


Figura 5.1.3 Oxígeno disuelto de las estaciones del A° Miguelete. La línea roja indica el límite mínimo legal (5 mg/L).

En la figura 5.1.3. se observa que en todas las estaciones se registraron episodios con concentraciones mínimas de OD cercanas a 0 mg/L y sólo en la estación M6 el valor central fue superior al mínimo de la normativa. La estación M8 tiene más del 50% de los datos por debajo del umbral de 5 mg/L, el primer cuartil está cerca de 1,5 mg/L, la mediana alrededor de 3 mg/L y el tercer cuartil apenas supera los 5 mg/L.

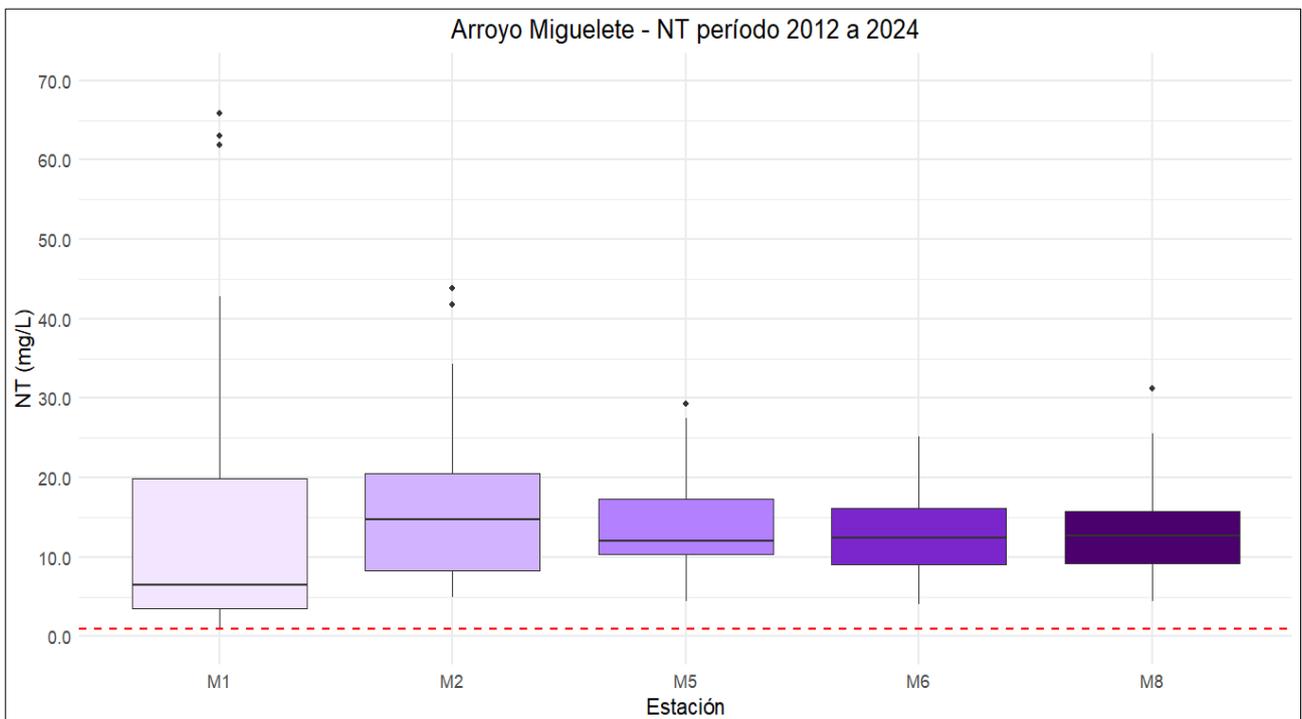


Figura 5.1.4. Nitrógeno total de las estaciones del A° Miguelete. La línea roja indica el máximo propuesto (1 mg/L).

En la figura 5.1.4 se observa que todas las estaciones registraron concentraciones de NT muy por encima del límite propuesto (incluyendo valores mínimos y medianas), con valores extremos en la estación M1 (mayores a 60 mg/L).

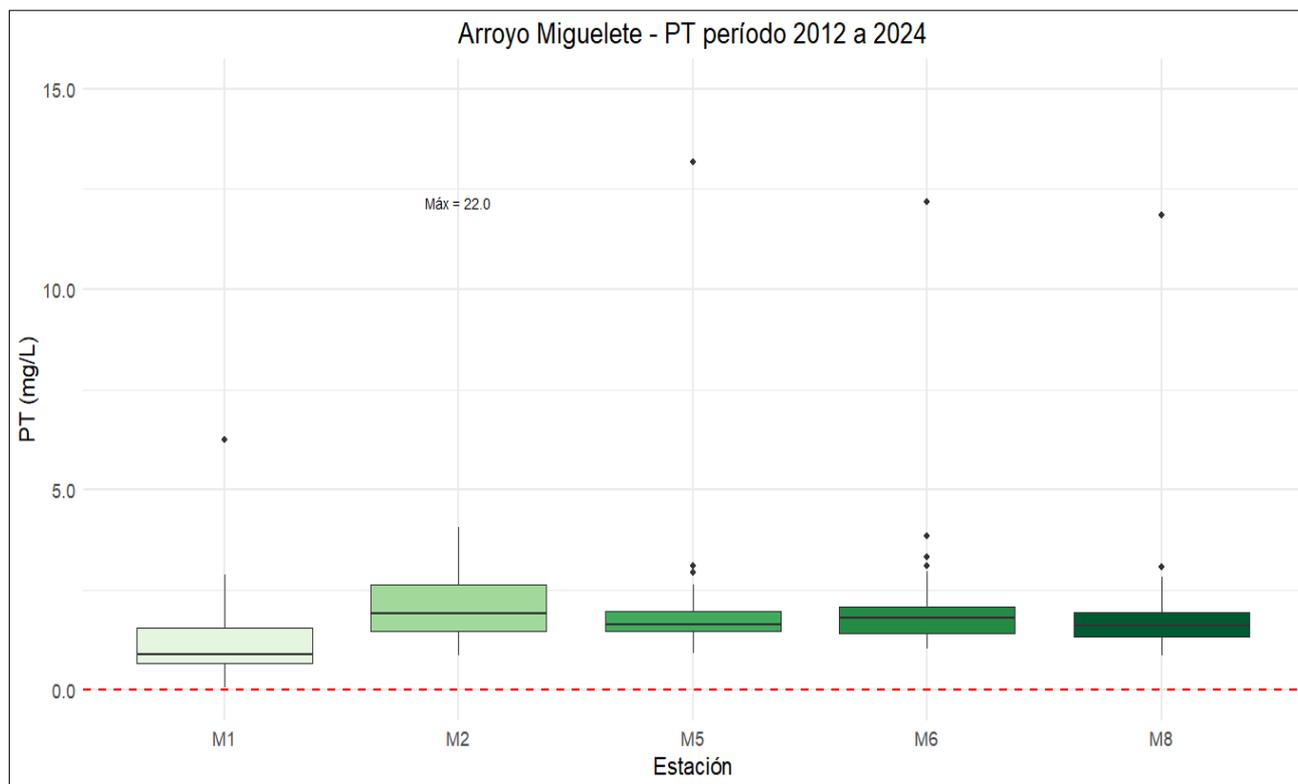


Figura 5.1.5. Fósforo total de las estaciones del A° Miguelete. La línea roja indica el límite máximo de la normativa (0,025 mg/L).

Al igual que para nitrógeno, el fósforo total en todo el período analizado registró valores mínimos, primer cuartil y medianas muy superiores al límite de la reglamentación, con *outliers* en todas las estaciones y un máximo en M2 de 22 mg/L detectado en setiembre de 2022.

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

Tabla 5.1.2. Evolución del Índice ISCA período 2005 – 2024.

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	ISCA 2023	ISCA 2024
M1	69	66	69	60	56	59	55	50	60	66	52	59	63	58	54	50	61	59	53	63
M2	64	62	61	58	50	57	60	57	61	61	52	58	60	56	59	57	58	54	52	58
M5	59	64	61	59	56	59	59	52	55	58	54	55	60	66	61	60	63	64	58	63
M6	59	63	61	61	54	61	58	46	55	59	57	58	61	65	67	63	64	67	60	63
M8	55	51	55	45	45	56	50	50	55	55	54	54	51	56	55	33	49	48	38	55

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 2024 se mantiene la misma categoría del ISCA del año anterior sólo para la estación M2, para el resto de las estaciones se revierte la situación ocurrida en el 2023 y se observa un aumento en el valor del índice pasando de “Aguas Brutas” a “Aguas Medias” en el caso de M1, M5 y M6 y de “Aguas Deterioradas” a “Aguas Brutas” para el caso de M8.

Tributarios del Arroyo Miguelete

Durante el año 2024 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, DBO₅, PT, NT, NH₃, Colif. fecales en Tributarios A° Miguelete (2024)

	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg/L N)	Amoníaco Libre (mg/L N)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)
Arroyo Mendoza	MD1	06/03/2024	-	-	-	-	-	-
		20/08/2024	8,5	3	3,51	4,2	0,009	1,2E+03
	MD2	06/03/2024	4,0	4	1,01	6,8	0,032	3,1E+03
		20/08/2024	5,3	5	1,17	4,4	0,012	2,0E+03
	MD3	06/03/2024	4,3	3	1,45	5,7	0,040	1,3E+03
		20/08/2024	-	-	-	-	-	-
MD5	06/03/2024	3,0	2	1,53	7,0	0,036	1,9E+04	
	20/08/2024	-	-	-	-	-	-	
Cañada Pajas Blancas	CPB0	06/03/2024	3,3	2	1,01	1,5	0,003	8,6E+03
		20/08/2024	4,8	1	0,84	4,5	0,005	5,6E+02
	CPB2	06/03/2024	7,3	2	0,89	3,3	0,011	5,6E+03
		20/08/2024	8,0	6	1,19	4,0	0,006	7,0E+02
Cañada de la Cruz	CR1	06/03/2024	4,5	4	0,68	3,6	0,013	4,6E+04
		20/08/2024	6,1	9	1,43	4,7	0,013	8,0E+02

De la tabla 5.1.3 se puede observar:

- valores de DBO₅ acordes a la normativa en todas las estaciones de monitoreo,
- incumplimientos para los parámetros fósforo total y nitrógeno total en todas las estaciones monitoreadas.
- valores de amoníaco libre acordes a la normativa durante todo el año en las cañadas Pajas Blancas y de la Cruz
- los demás parámetros analizados registraron valores de incumplimientos en forma intermitente con variaciones espaciales y temporales.
- el monitoreo 2024 del arroyo Mendoza presentó dificultades de accesibilidad que impidieron realizar la toma de muestra en algunas de las estaciones.

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.

En el 2024 se realizaron tres muestreos en el curso principal y dos muestreos en sus tributarios (Figura 5.2.1).

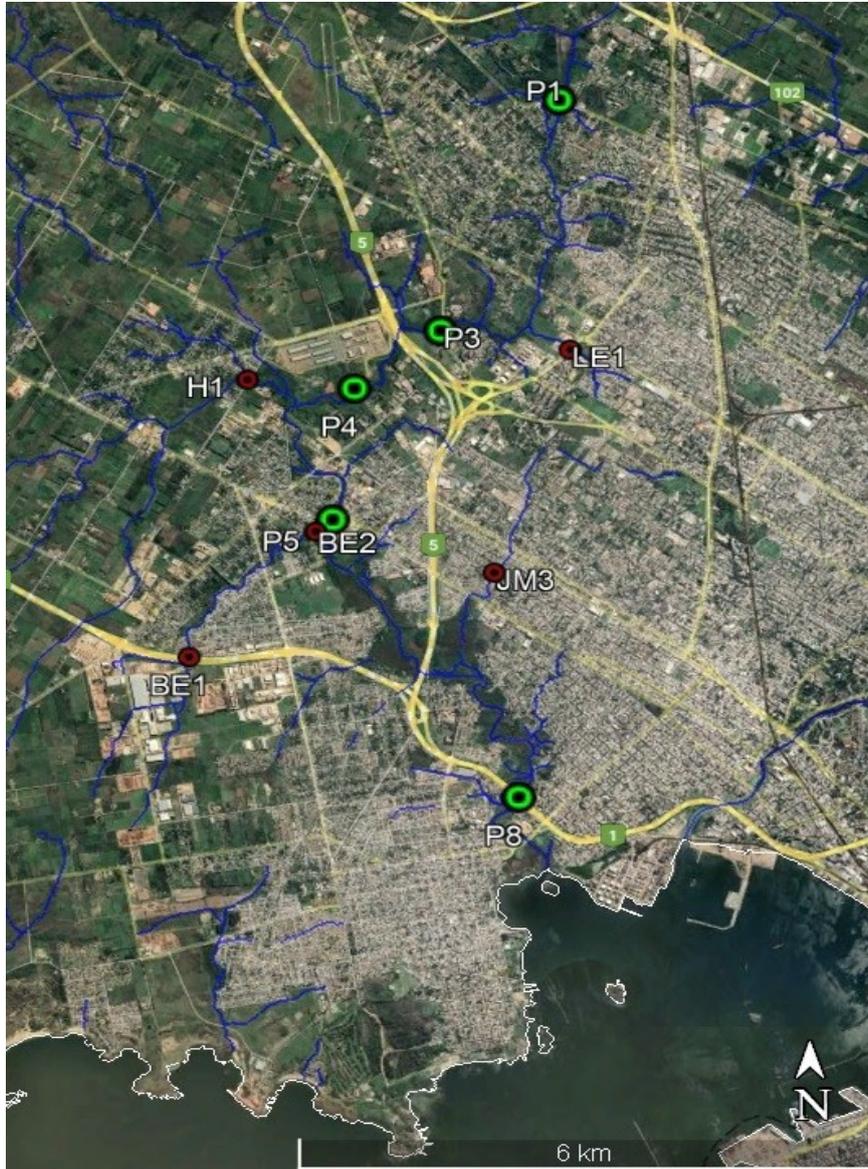


Figura 5.2.1. Estaciones de monitoreo del A° Pantanoso y tributarios. Fuente Google Earth®

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 N°1

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

Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

En la Tabla 5.2.1 se muestran los valores de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH₃), 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 de referencia, y en rojo se indican los incumplimientos.

Tabla 5.2.1. Concentraciones de OD, DBO₅, PT, NT, NH₃, Cf, Tensoactivos, Cr y Pb del A° Pantanoso (2024)

Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg/L N)	Amoníaco Libre (mg/L N)	Tensoactivos (mg/L de LAS PM:318 g/mol)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)	Cromo (mg/L)	Plomo (mg/L)
P1	31/01/2024	3,4	12	3,17	21,6	0,41	0,99	8,1E+04	< 0,005	< 0,020
	04/06/2024	6,0	5	1,30	8,6	0,03	0,40	1,9E+04	< 0,005	< 0,010
	24/09/2024	0,6	130	4,88	35,8	0,42	6,23	1,7E+06	< 0,005	< 0,010
P3	31/01/2024	0,1	16	4,94	15,9	0,37	1,41	6,3E+05	< 0,005	< 0,020
	04/06/2024	5,3	3	1,26	8,7	0,07	0,49	3,5E+03	< 0,005	< 0,010
	24/09/2024	1,4	17	3,69	17,1	0,30	1,06	1,0E+05	< 0,005	< 0,010
P4	31/01/2024	2,2	16	4,43	22,4	0,60	0,75	2,6E+05	0,008	< 0,020
	04/06/2024	6,7	5	1,35	7,2	0,09	0,52	6,0E+03	< 0,005	< 0,010
	24/09/2024	4,2	6	2,08	12,0	0,25	0,86	4,0E+02	< 0,005	< 0,010
P5	31/01/2024	2,5	4	3,95	17,1	0,61	0,29	2,6E+04	< 0,005	< 0,020
	04/06/2024	6,6	3	1,24	6,3	0,06	0,39	2,0E+03	< 0,005	< 0,010
	24/09/2024	3,8	4	1,76	10,1	0,15	0,34	3,0E+03	< 0,005	< 0,010
P8	31/01/2024	0,1	71	4,08	27,8	0,48	2,27	1,3E+06	0,007	< 0,020
	04/06/2024	0,9	15	1,57	9,7	0,08	0,99	5,2E+05	0,009	< 0,010
	24/09/2024	0,2	60	3,12	21,2	0,25	2,43	9,3E+05	0,007	< 0,010

Se reitera una situación muy similar al año anterior:

- En prácticamente todas las muestras del año 2024 se registraron concentraciones de oxígeno disuelto, fósforo total, nitrógeno total, amoníaco libre y coliformes fecales que no cumplen con los límites de las normativas de referencia.
- Se detectaron valores de DBO₅ y tensoactivos aniónicos acordes a la normativa de referencia en algunos muestreos, mientras que los valores de metales analizados (cromo y plomo), estuvieron por debajo de los límites de la norma nacional vigente.

También se analizó la evolución temporal de algunos parámetros durante el período 2012 a 2024 procesándose 233 datos. En las siguientes figuras se muestra la variación de cada uno de los parámetros según la estación de monitoreo en el período mencionado.

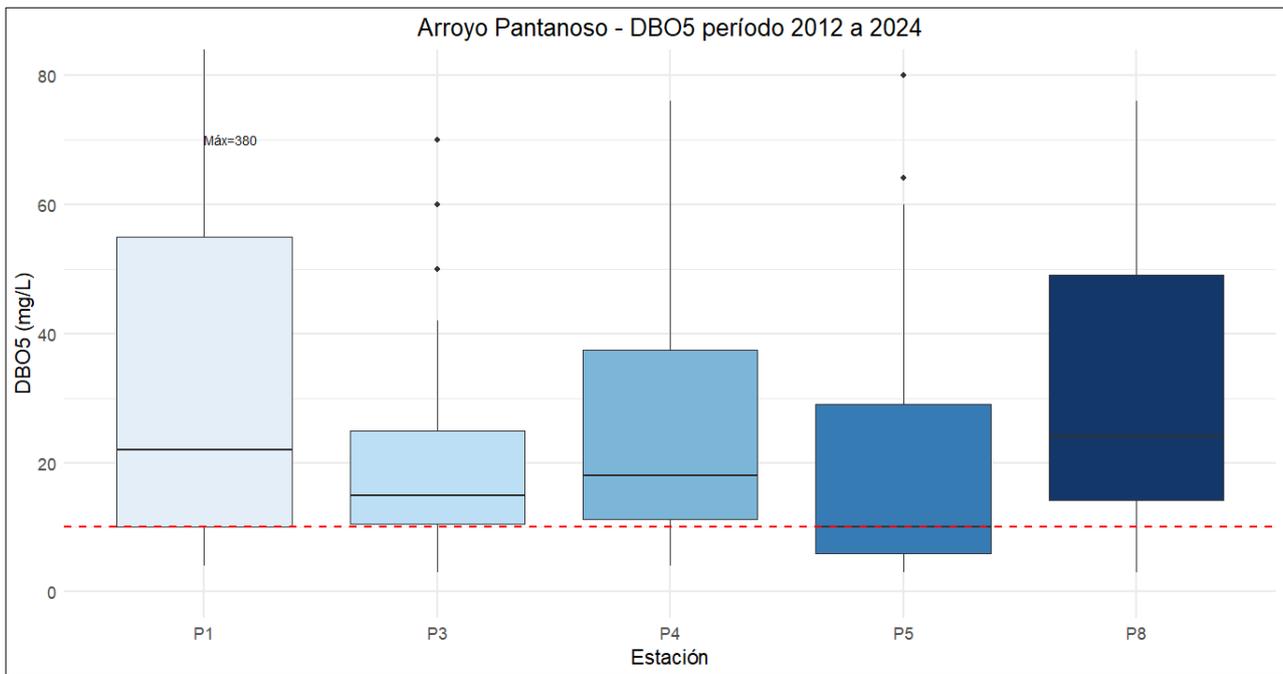


Figura 5.2.2. Variación de DBO₅ en el Arroyo Pantanoso. La línea roja indica el límite máximo (10 mg/L).

La DBO₅, como indicador de la carga orgánica biodegradable presente en el agua, presentó niveles elevados en todas las estaciones del arroyo Pantanoso, superando en la mayoría de los casos el umbral de 10 mg/L. La estación P1 mostró una mediana en torno a 22 mg/L y alcanzó un valor extremo de 380 mg/L, lo cual evidencia eventos puntuales de contaminación orgánica. La estación P8 también se destacó por su deterioro, con una mediana superior a 20 mg/L y una dispersión amplia. Las estaciones P3 y P4 presentaron medianas de entre 15 y 18 mg/L, si bien representa una leve mejora relativa, siguen estando claramente fuera de normativa. La única estación cuya mediana estuvo cercana al límite de 10 mg/L durante todo el período fue P5, aunque con presencia de valores máximos que superaron los 80 mg/L.

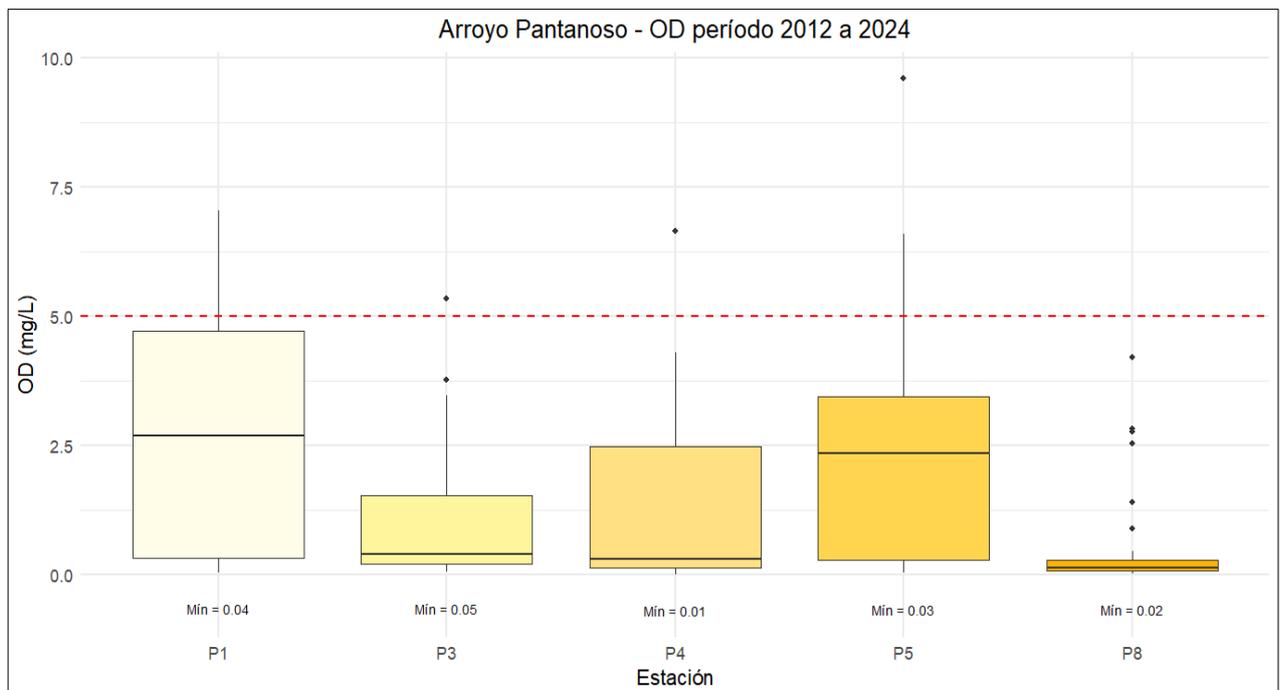


Figura 5.2.3. Variación del OD en el A^o Pantanoso. La línea roja indica el límite mínimo (5 mg/L).

El oxígeno disuelto (OD) mostró valores bajos en todas las estaciones del curso principal, con la mayoría de las mediciones, muy por debajo del límite mínimo de 5 mg/L. Las estaciones P3, P4 y P8 fueron las más comprometidas, con medianas por debajo de 0,6 mg/L y valores mínimos que alcanzaron niveles de anoxia (P4: 0,01 mg/L; P8: 0,02 mg/L; P3: 0,05 mg/L). La estación P1, si bien presentó una mediana algo superior (2,7 mg/L), también permanece en zona hipóxica, con eventos anóxicos (mínimo = 0,04 mg/L). La estación P5, con una mediana próxima a 2,4 mg/L, mostró la menor frecuencia de valores extremos, pero igualmente se mantuvo en condiciones que incumplen la normativa vigente.

El comportamiento del OD en el arroyo Pantanoso evidencia una sistemática deficiencia de oxigenación, muy probablemente asociada al exceso de carga orgánica (alta DBO₅) y a la actividad microbiana intensa, que consume rápidamente el oxígeno disponible.

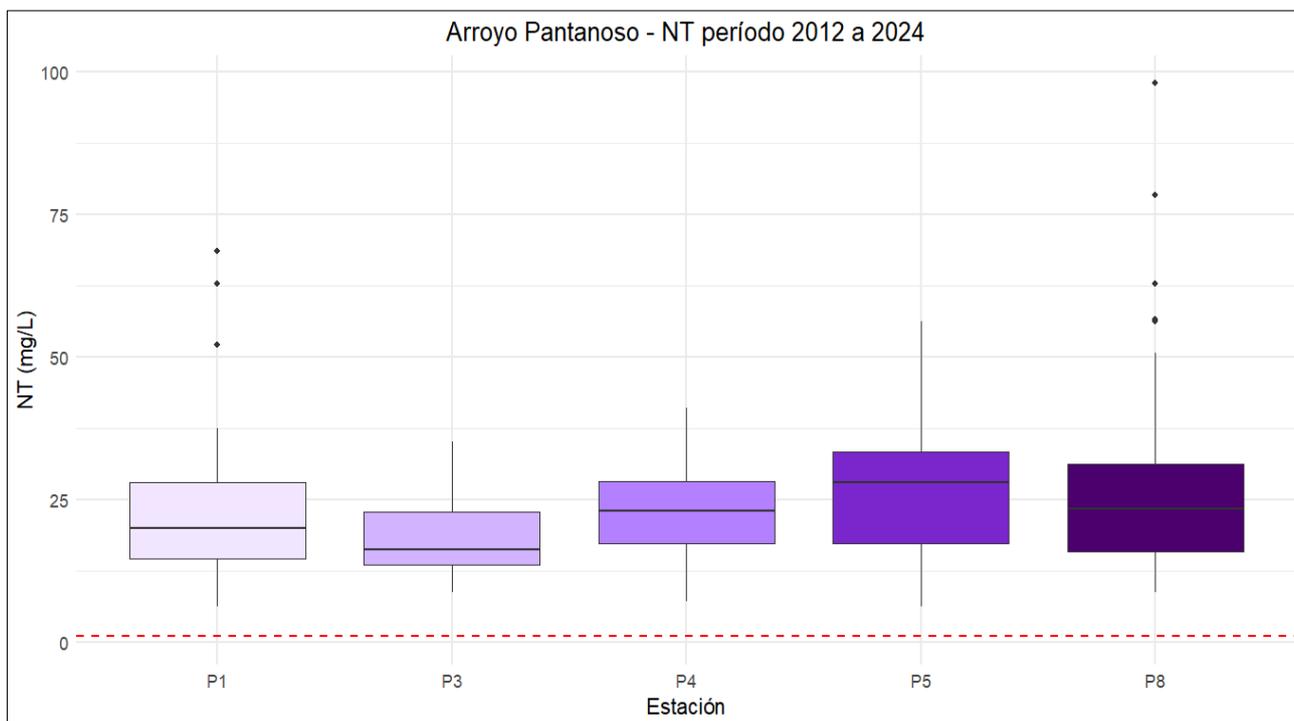


Figura 5.2.4. Variación de nitrógeno total del Aº Pantanoso. La línea roja indica el máximo propuesto (1 mg/L).

Los niveles de nitrógeno total (NT) en todas las estaciones del arroyo Pantanoso durante el período 2012 a 2024 superaron ampliamente el límite máximo propuesto de 1 mg/L. Se registraron medianas entre 15 y 30 mg/L, y *outliers* que superaron los 90 mg/L (como se observó en P8). Las estaciones P5 y P8 registraron los valores centrales más altos, con medianas aproximadas de 27 y 25 mg/L, respectivamente.

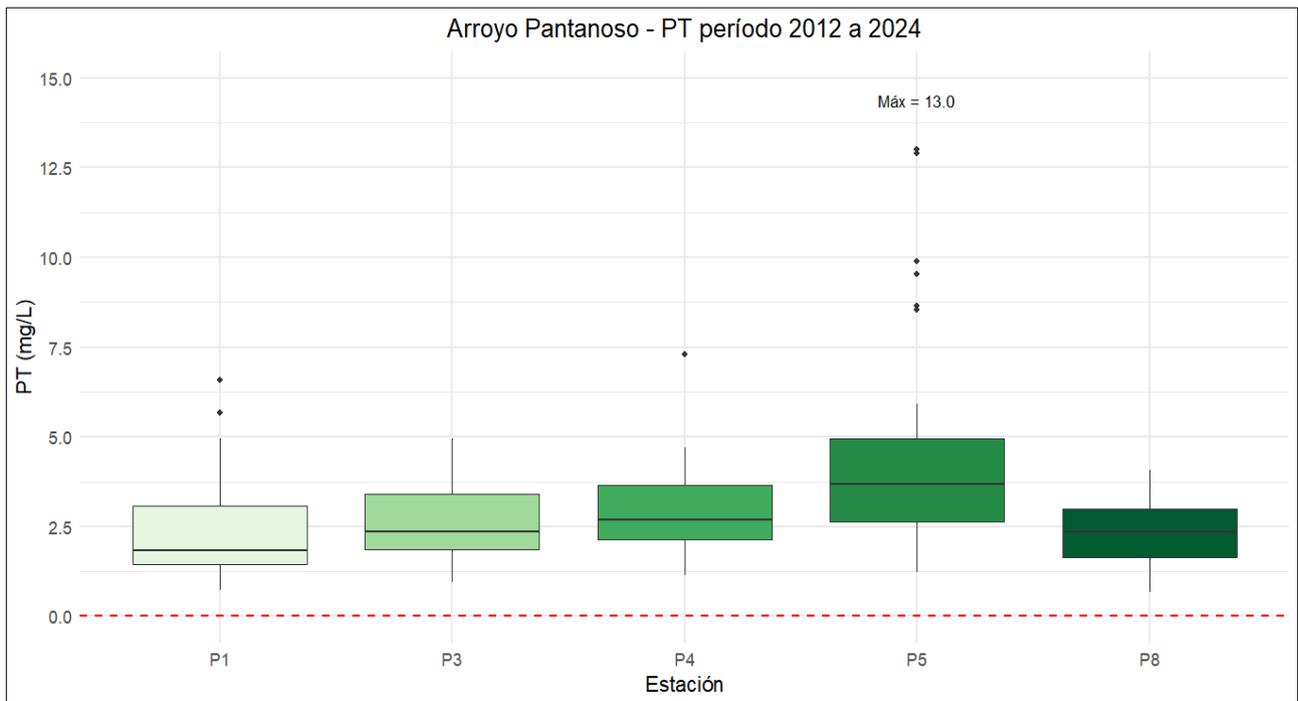


Figura 5.2.5. Variación del fósforo total del A° Pantanoso. La línea roja indica el límite máximo (0,025 mg/L).

El fósforo total (PT) es el principal nutriente limitante en sistemas dulceacuícolas y, por tanto, un determinante clave en el desencadenamiento de procesos de eutrofización. En el arroyo Pantanoso, los valores registrados en todas las estaciones superaron ampliamente el valor máximo de referencia de 0,025 mg/L, con medianas comprendidas entre 1,7 y 4 mg/L, lo que implica excesos de entre 60 y más de 150 veces el límite de la normativa.

La estación P5 fue la más crítica, con una mediana de aproximadamente 4 mg/L y valores máximos que alcanzaron los 13 mg/L. En el resto de las estaciones, las medianas oscilaron entre 1,7 y 2,8 mg/L, siempre en niveles que sostienen el estado hipereutrófico del curso de agua.

La alta disponibilidad de nitrógeno y fósforo favorece la aparición de floraciones algales, altera la dinámica trófica del sistema, y contribuye indirectamente a la disminución del oxígeno disuelto. Estos resultados reflejan la incapacidad del sistema para asimilar las cargas entrantes de nutrientes y evidencian la necesidad de implementar estrategias de reducción de los aportes, tanto desde fuentes puntuales como difusas, para restaurar el equilibrio ecológico del arroyo.

A continuación se evalúa la evolución de la calidad del agua mediante el índice ISCA desde el año 2005 al 2024 (Tabla 5.2.2).

Tabla 5.2.2 Índice ISCA período 2005 – 2024

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	ISCA 2023	ISCA 2024
P1	58	56	62	52	45	53	26	41	46	50	41	53	53	49	49	39	41	56	42	44
P3	50	50	48	49	47	54	45	45	49	47	46	47	50	49	45	51	51	54	44	52
P4	50	48	48	41	41	48	40	43	45	47	45	41	47	47	43	54	50	50	53	54
P5	48	43	38	43	42	41	32	35	39	40	38	49	50	48	42	60	53	50	47	55
P8	25	25	33	45	41	47	34	39	39	37	38	38	36	35	39	40	39	42	32	32

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	

Durante el año 2024 se mantienen prácticamente las mismas categorías del año anterior. Sólo la estación P2 cambia a una categoría de calidad superior: de aguas deterioradas pasa a aguas brutas.

Tributarios del Arroyo Pantanoso

Durante el año 2024 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, DBO₅, PT, NT, NH₃, y Cf. Tributarios A° Pantanoso (2024)

	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg/L N)	Amoníaco Libre (mg/L N)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)
Cañada Bellaca	BE1	02/04/2024	8,5	3	2,16	1,8	0,010	1,1E+03
		06/08/2024	9,2	3	1,56	2,7	0,018	7,0E+02
	BE2	02/04/2024	4,2	2	1,48	4,6	0,012	4,2E+03
		06/08/2024	2,5	4	1,62	4,4	0,054	9,3E+03
Cañada de la Higuera	H1	02/04/2024	3,7	5	1,99	8,6	0,060	9,8E+03
		06/08/2024	4,5	6	3,03	3,7	0,038	2,5E+03
Cañada Lecocq	LE1	02/04/2024	14,2	5	0,74	5,3	0,088	6,0E+03
		06/08/2024	11,7	11	1,12	5,4	0,048	4,7E+04
Cañada Jesús María	JM3	02/04/2024	0,6	18	3,34	16,3	0,408	5,0E+05
		06/08/2024	1,2	44	16,2	52,2	0,599	6,1E+05

De la tabla anterior se pueden observar:

- La estación JM3 presenta valores de incumplimiento para todos los muestreos en todos los parámetros.
- Valores de fósforo total y nitrógeno total que superan los límites establecidos en todos los muestreos.
- Concentraciones de OD acordes a la normativa en la cañadas Bellaca y Lecocq.
- Valores de DBO₅ que cumplen todo el año con los límites normativos, en las cañadas Bellaca y de la Higuera.
- Valores puntuales de coliformes fecales que superan la normativa vigente para todas las cañadas a excepción de la Bellaca.

5.3 ARROYO LAS PIEDRAS

En el Arroyo Las Piedras, durante el año 2024 se realizaron tres campañas de monitoreo en las cinco estaciones cuya ubicación se muestra en la figura 5.3.1.

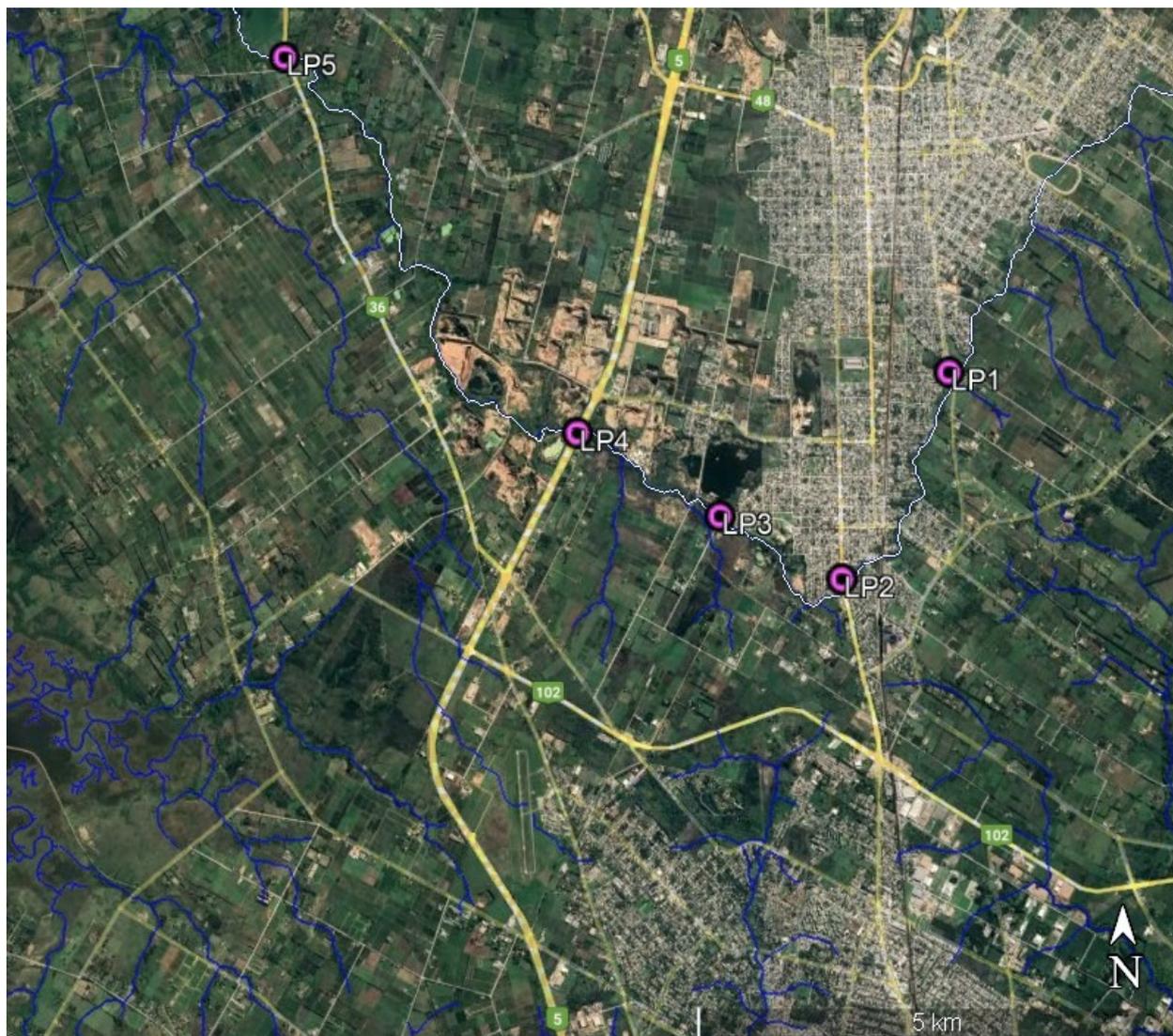


Figura 5.3.1. Estaciones de monitoreo del A° Las Piedras. Fuente Google Earth®

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 (DBO₅), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH₃), coliformes fecales (Cf), tensoactivos aniónicos y metales (Cr) y (Pb).

En color verde se indican aquellas concentraciones que cumplen con la normativa de referencia y

en color rojo se indican los incumplimientos.

Tabla 5.3.1. Valores de OD, DBO₅, PT, NT, NH₃, Cf, Tensoactivos, Cr y Pb de A° Las Piedras -2024

Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg/L N)	Amoníaco Libre (mg/L N)	Tensoactivos (mg/L de LAS PM:318 g/mol)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)	Cromo (mg/L)	Plomo (mg/L)
LP1	10/01/2024	7,4	8	2,43	9,4	0,42	0,43	7,2E+03	< 0,005	< 0,020
	25/06/2024	7,1	6	1,67	14,9	0,13	0,57	1,1E+04	< 0,005	< 0,010
	15/10/2024	5,6	8	2,17	12,7	0,22	0,61	1,8E+04	< 0,005	< 0,010
LP2	10/01/2024	0,1	22	2,86	11,4	0,23	1,35	2,2E+06	< 0,005	< 0,020
	25/06/2024	3,1	8	1,85	13,2	0,09	1,06	1,0E+05	< 0,005	< 0,010
	15/10/2024	4,4	7	1,65	9,6	0,14	0,85	2,4E+04	< 0,005	< 0,010
LP3	10/01/2024	1,2	10	3,83	17,1	0,51	1,04	4,4E+05	< 0,005	< 0,020
	25/06/2024	4,4	7	2,08	14,2	0,12	1,00	4,6E+04	< 0,005	< 0,010
	15/10/2024	3,3	8	1,88	12,3	0,24	0,96	3,4E+04	< 0,005	< 0,010
LP4	10/01/2024	2,4	6	3,67	14,3	0,55	0,52	2,9E+05	< 0,005	< 0,020
	25/06/2024	6,4	7	1,69	8,2	0,11	0,67	5,0E+03	0,020	0,043
	15/10/2024	4,3	6	1,77	8,7	0,20	0,83	5,5E+03	0,019	0,012
LP5	10/01/2024	4,8	2	3,12	11,2	0,42	0,32	1,5E+03	< 0,005	< 0,020
	25/06/2024	8,2	9	1,77	9,4	0,11	0,36	5,0E+03	< 0,005	< 0,010
	15/10/2024	5,0	8	1,73	7,1	0,13	0,54	1,9E+04	0,006	< 0,010

De la tabla 5.3.1 se puede observar:

- Valores de oxígeno disuelto acordes a la normativa en: LP1 en los tres muestreos, LP4 en el muestreo de junio y LP5 en los muestreos de junio y octubre.
- Valores de DBO₅ acordes a la normativa en prácticamente todas las estaciones durante todo el período.
- Concentraciones de PT, NT y NH₃ libre mayores a los límites de la normativa nacional e internacional de referencia para todas las estaciones de monitoreo.
- Valores de tensoactivos aniónicos acordes a la normativa, salvo en LP2 y LP3.
- Valores puntuales de coliformes fecales mayores a los límites de la normativa en todas las estaciones (salvo LP5 en enero 2024).
- Valores de plomo y cromo acordes a los límites de la normativa en todas las estaciones de monitoreo en todas las campañas.

Se analizó también la evolución temporal de algunos parámetros desde el año 2012 al 2024, con un total de datos de 230, para cada variable.

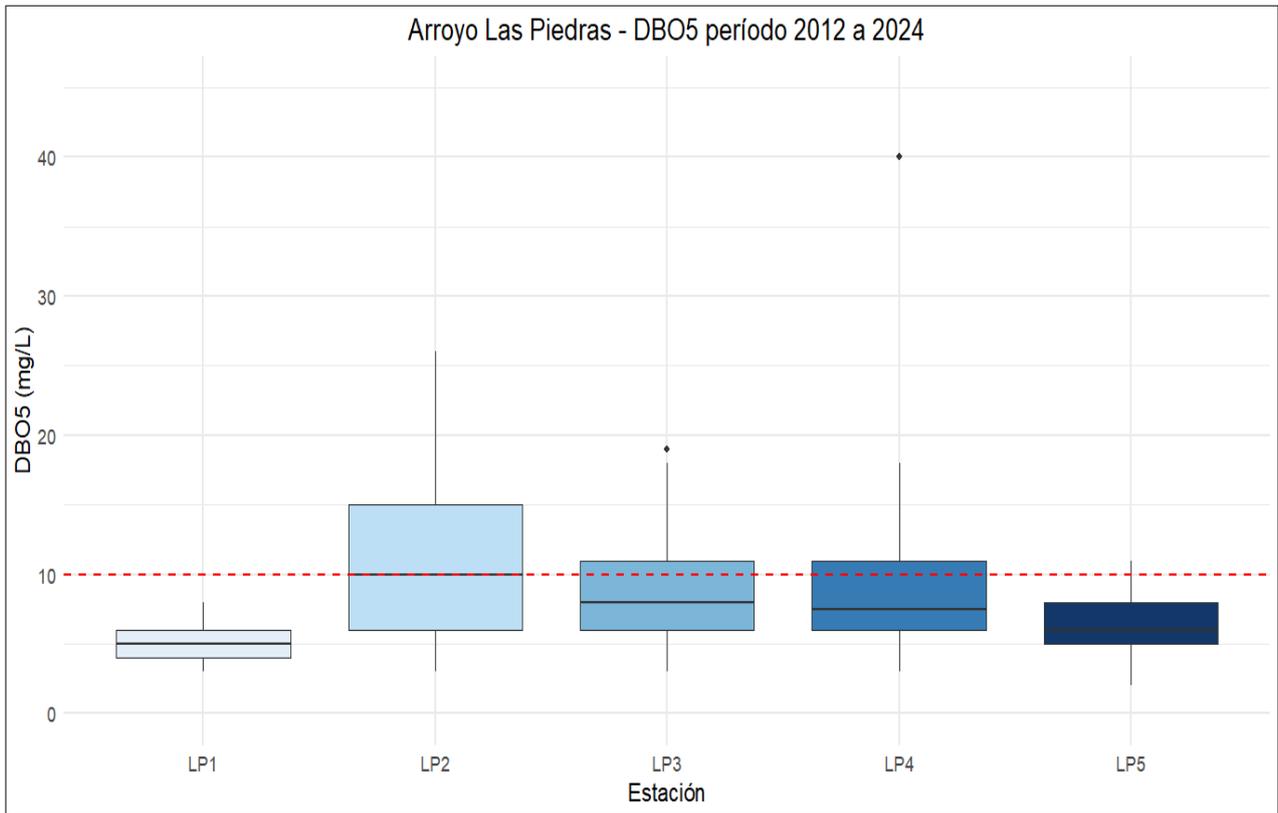


Figura 5.3.2. Variación de DBO₅ para el Arroyo Las Piedras. La línea roja indica el límite máximo (10 mg/L).

La DBO₅ presentó una distribución variable entre estaciones, con la estación LP1 como la única que exhibe una mediana claramente por debajo del límite de 10 mg/L, con valores entre 3 y 7 mg/L. Por el contrario, las estaciones LP2, LP3 y LP4 presentaron medianas cercanas o levemente inferiores a 10 mg/L, con rangos intercuartiles amplios y presencia de *outliers*, particularmente en LP4 (máximo de 40 mg/L en noviembre de 2019). En LP2, la dispersión fue mayor que en el resto de las estaciones, con valores mínimos cercanos a 3 mg/L y máximos superiores a 25 mg/L, indicando fluctuaciones de carga orgánica posiblemente asociadas a eventos de descargas puntuales.

En el caso de LP5, la mediana se ubicó apenas por debajo del límite de la normativa (8 mg/L), y la mayoría de los valores se mantienen entre 5 y 11 mg/L, con algunos registros por debajo del límite. Esta estación sugiere una leve tendencia hacia la mejora en cuanto a su carga orgánica biodegradable, aunque se reportaron concentraciones de incumplimiento en algunos muestreos del período.

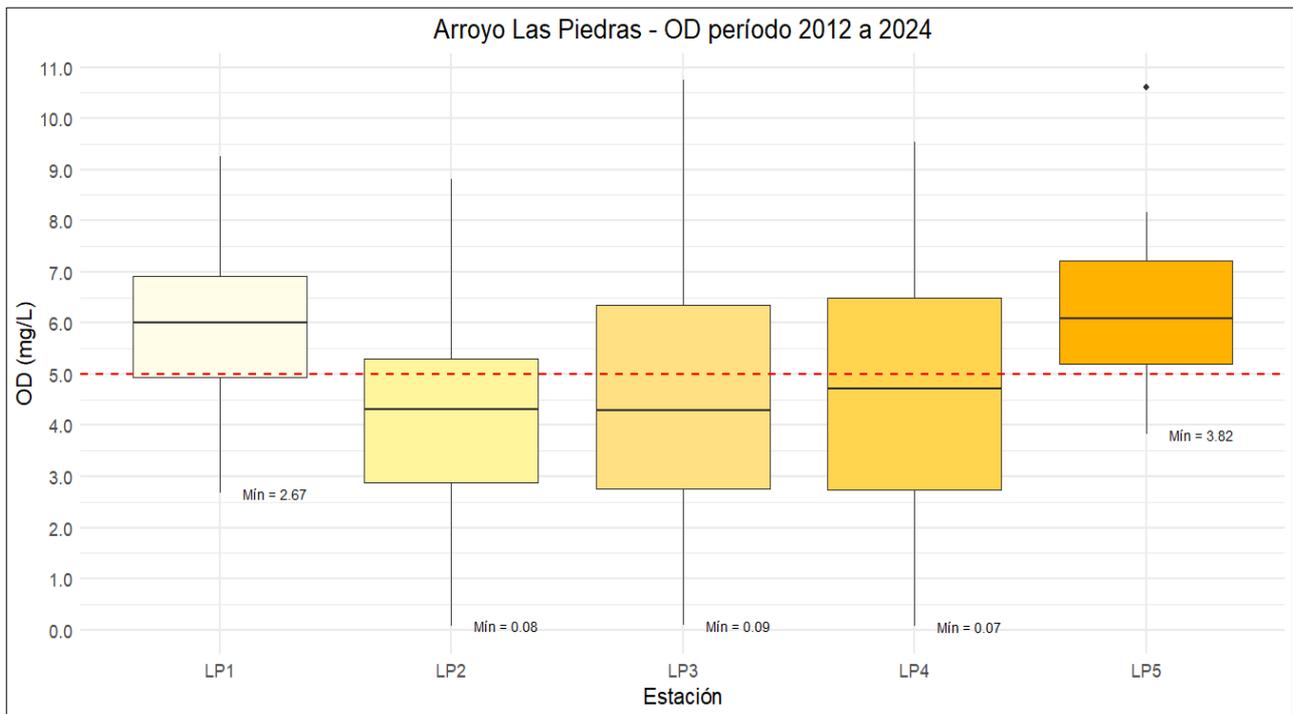


Figura 5.3.3. Variación de OD en el Arroyo Las Piedras. La línea roja indica el límite mínimo (5 mg/L).

Las estaciones LP1 y LP5 presentaron medianas de aproximadamente 6 – 6,5 mg/L, situándose por encima del límite de 5 mg/L. Sin embargo, en LP1, el OD mínimo registrado fue 2,67 mg/L, y en LP5 3,82 mg/L, indicando que existen períodos con niveles críticos, aunque no extremos. Las estaciones LP2, LP3 y LP4 presentaron medianas cercanas a 4,5 mg/L, con eventos de concentraciones mínimas de: LP2 = 0,08 mg/L, LP3 = 0,09 mg/L y LP4 = 0,07 mg/L, que corresponden a condiciones de anoxia.

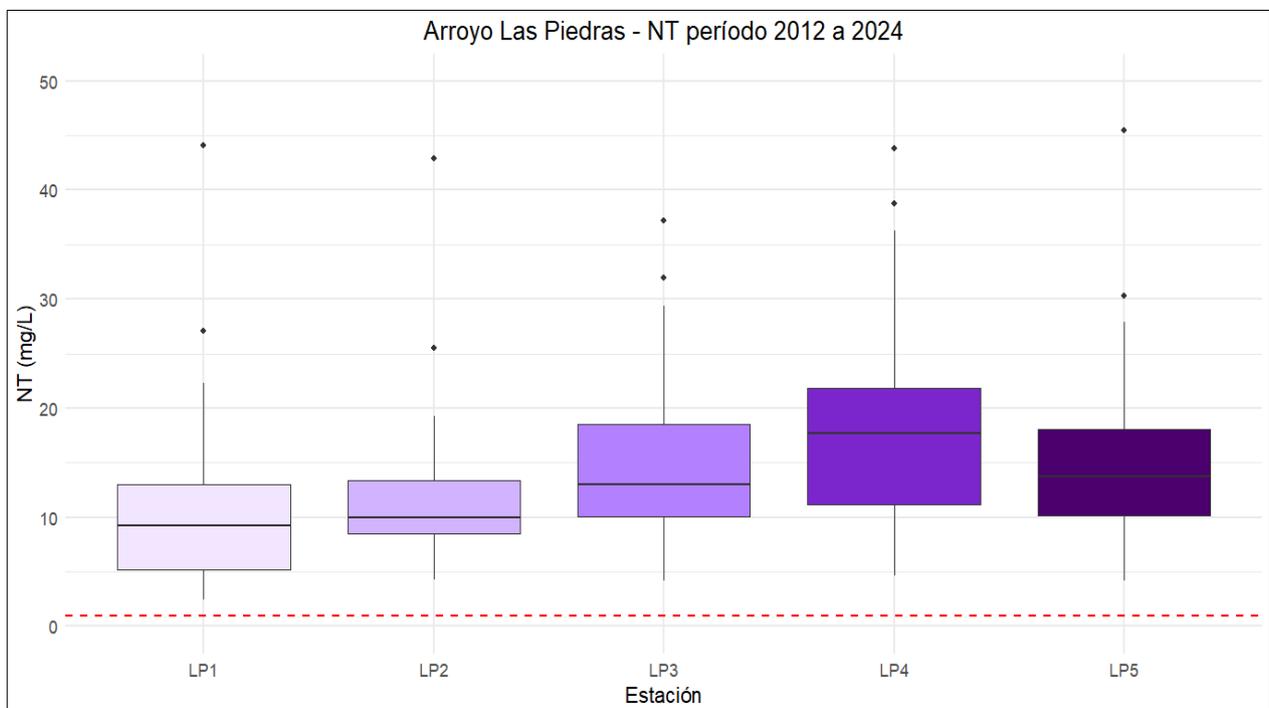


Figura 5.3.4. Variación de la concentración de nitrógeno total en el A° Las Piedras. La línea roja indica el límite propuesto (1 mg/L).

Durante todo el período analizado las concentraciones (medianas o mínimos) a lo largo del curso de agua superan ampliamente el valor guía propuesto (1 mg/L). Las medianas oscilan entre 8 y 18 mg/L, con máximos que superan los 40 mg/L en LP3, LP4 y LP5.

Las estaciones LP1 y LP2 presentan los valores más bajos de mediana 8 – 10 mg/L, pero con *outliers* superiores a 40 mg/L. Las estaciones LP3 y LP4 muestran los valores más elevados de mediana, con amplia dispersión y múltiples valores atípicos, lo que puede indicar eventos de descargas con alta carga nitrogenada.

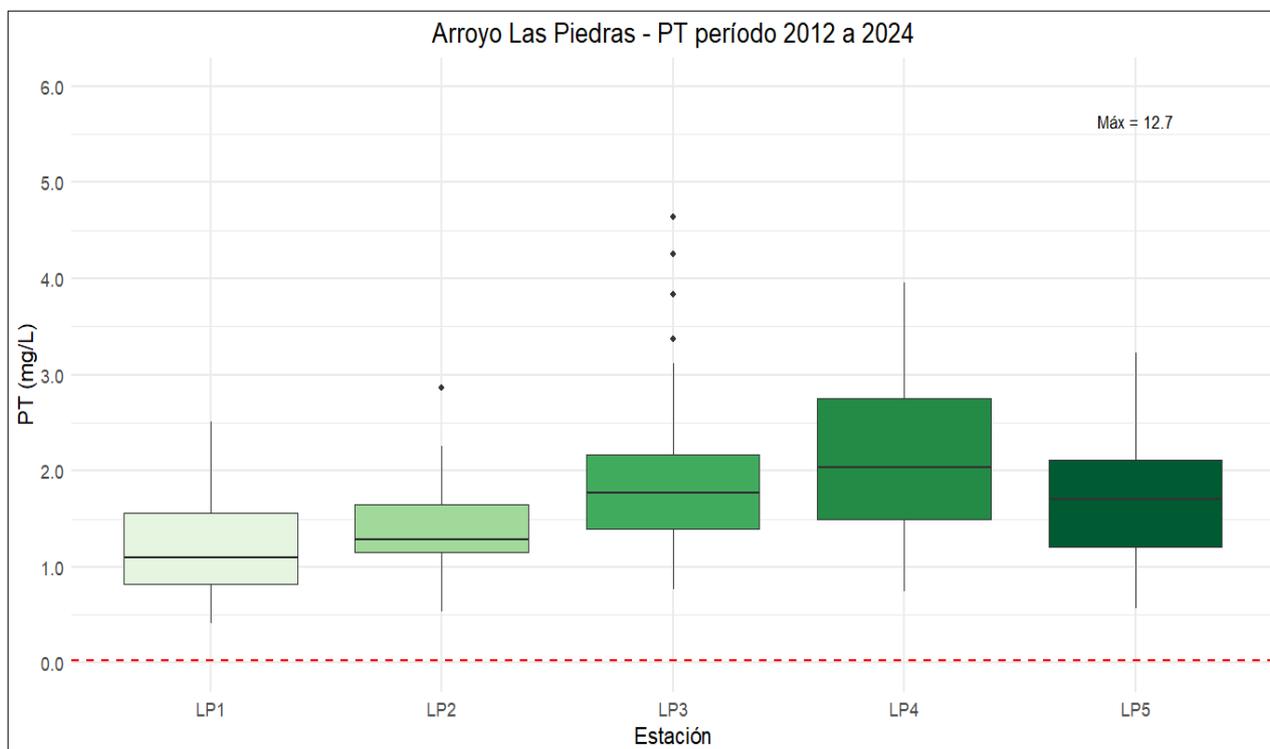


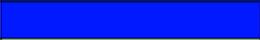
Figura 5.3.5. Valores de fósforo total del A° Las Piedras. La línea roja indica el límite de la normativa (0,025 mg/L).

El valor de referencia de la normativa vigente (0,025 mg/L) es superado en todas las estaciones en varios órdenes de magnitud. Las medianas van desde 1 mg/L en LP1 y LP2, hasta 2,5 – 3 mg/L en LP4 y LP5, con un máximo de 12,7 mg/L observado en LP5 en enero de 2017. El comportamiento del conjunto de las estaciones del Arroyo para fósforo total es similar al del nitrógeno total, evidenciándose un empeoramiento de las condiciones de eutrofia hacia las estaciones LP4 y LP5.

También se evalúa 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 año 2005 al 2024).

Tabla 5.3.2. Índice ISCA período 2005 – 2024

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	ISCA 2023	ISCA 2024
LP1	71	74	69	72	68	67	65	70	66	72	69	66	64	60	63	59	59	63	53	59
LP2	59	71	59	51	58	59	55	65	60	68	61	62	61	56	56	53	54	52	46	54
LP3	54	56	55	60	60	69	61	65	64	69	59	56	59	53	57	51	49	54	44	52
LP4	44	31	38	51	55	61	60	62	61	66	59	58	61	55	55	52	50	52	37	41
LP5	62	63	54	54	53	63	61	63	61	69	67	64	61	60	63	60	59	63	54	60

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 puede observar que LP4 es la única estación que cambió de categoría, pasando de Aguas deterioradas a Aguas Brutas. El resto de las estaciones se mantuvieron en las categorías del año anterior.

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 de muestreo que incluye el Programa de Monitoreo.

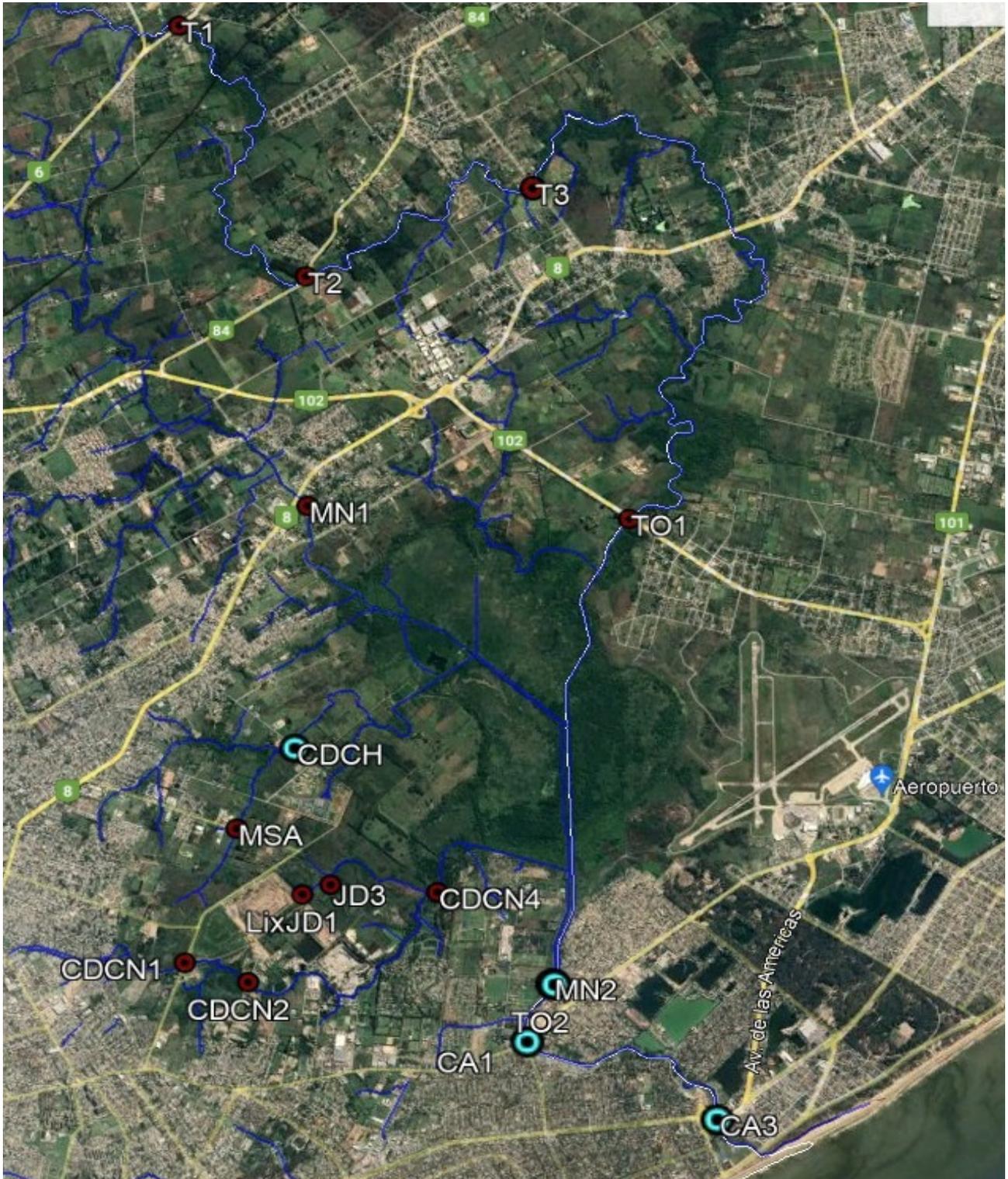


Figura 5.4.1. Estaciones de monitoreo de la Cuenca A° Carrasco. Fuente Google Earth®

Estaciones de muestreo:

- 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

Tributarios menores:

- 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 (DBO₅), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH₃), coliformes fecales, tensoactivos aniónicos, cromo (Cr) y plomo (Pb) 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 de referencia y en color rojo se indican los incumplimientos.

Tabla 5.4.1. Concentraciones de OD, DBO₅, PT, NT, NH₃, Cf, Tensoactivos, Cr y Pb Cuenca del A^o Carrasco 2024.

Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg/L N)	Amoníaco Libre (mg/L)	Tensoactivos (mg/L de LAS PM:318 g/mol)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)	Cromo (mg/L)	Plomo (mg/L)
CA1	02/01/2024	0,50	7	2,40	7,7	0,090	0,68	2,4E+05	< 0,005	< 0,020
	11/06/2024	3,66	1	1,14	6,5	0,006	0,14	4,0E+02	< 0,005	< 0,010
	08/10/2024	2,54	3	1,44	2,8	0,017	0,22	2,1E+04	< 0,005	< 0,010
CA3	02/01/2024	1,72	6	1,95	9,6	0,093	0,30	9,5E+04	< 0,005	< 0,020
	11/06/2024	2,19	2	1,28	4,8	0,013	0,17	2,4E+04	< 0,005	< 0,010
	08/10/2024	3,57	2	1,28	3,3	0,009	0,21	1,0E+03	< 0,005	< 0,010
MN2	02/01/2024	1,78	2	2,70	9,5	0,145	0,24	2,4E+02	< 0,005	< 0,020
	11/06/2024	3,21	1	1,49	5,9	0,016	0,21	2,4E+02	< 0,005	< 0,010
	08/10/2024	4,91	2	1,77	9,5	0,026	0,29	4,3E+02	< 0,005	< 0,010
TO2	02/01/2024	0,04	19	2,52	8,5	0,048	0,63	5,5E+05	< 0,005	< 0,020
	11/06/2024	3,91	1	1,16	3,6	0,003	0,14	3,0E+02	< 0,005	< 0,010
	08/10/2024	3,00	10	1,36	6,2	0,017	0,41	1,7E+05	< 0,005	< 0,010
CDCH	02/01/2024	1,00	26	2,18	14,5	0,303	1,37	1,5E+06	< 0,005	< 0,020
	11/06/2024	2,27	13	1,40	13,2	0,084	1,74	3,1E+05	< 0,005	< 0,010
	08/10/2024	0,13	30	2,31	19,5	0,149	2,70	1,6E+06	< 0,005	< 0,010

En la tabla 5.4.1 se puede observar un comportamiento similar al año 2023:

- En la estación CDCH salvo los metales plomo y cromo, todos los demás parámetros presentaron valores de incumplimiento
- Valores de oxígeno disuelto, fósforo total, y nitrógeno total que no cumplen con los límites de las normativas vigentes, en todos los muestreos
- Valores de tensoactivos aniónicos menores del límite reglamentario en las estaciones de los arroyos Carrasco Toledo y Manga
- Valores de metales pesados acordes a la normativa en prácticamente todas las estaciones monitoreadas

Se analizó también la evolución temporal de algunos parámetros desde el año 2012 al 2024, tanto en el curso del Arroyo Carrasco (CA1 – CA3), como en sus principales tributarios: desembocadura de Arroyos Toledo – Manga (TO2 - MN2) y Cañada Chacarita de los Padres (CDCH), con un total de 229 datos analizados.

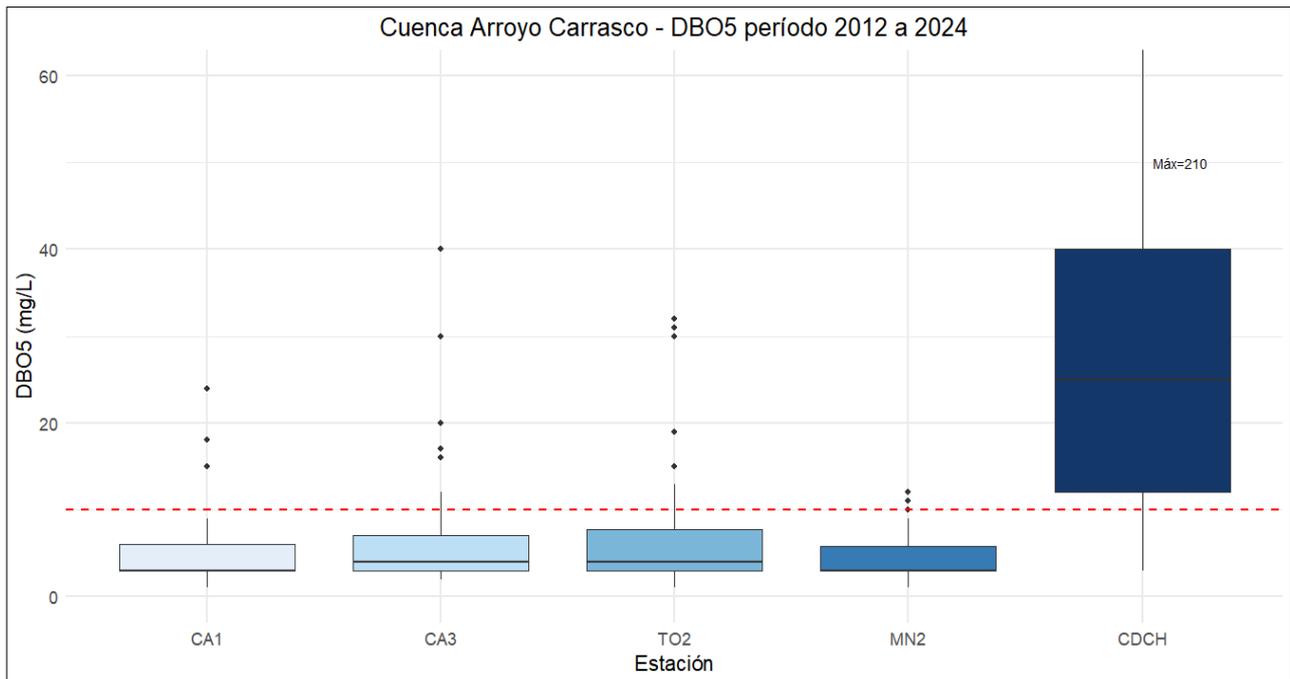


Figura 5.4.2. DBO₅ de cursos de la Cuenca del A° Carrasco. La línea roja indica el límite máximo (10 mg/L).

De la figura anterior se observa en la evolución temporal de la estación CA1 que su mediana está próxima a 5 mg/L, con un rango intercuartil que se extiende entre aproximadamente 3 y 8 mg/L. Si bien la mayoría de las observaciones se mantuvieron por debajo del límite de 10 mg/L, se registraron algunos valores atípicos (*outliers*) que alcanzan los 25 mg/L. En la estación CA3 se observó un aumento leve en la mediana respecto a CA1 (cerca de 6 mg/L), junto con un incremento en la amplitud del rango intercuartil. La existencia de valores atípicos por encima de los 20 mg/L, alcanzando un máximo de 40 mg/L, sugiere que CA3 está expuesta a presiones de descargas de contaminantes orgánicos puntuales o difusas más intensas o frecuentes.

Con respecto a los resultados para el tramo final del Arroyo Toledo (TO2), durante el período 2012 a 2024 se observa un comportamiento similar a CA3, pero con valores extremos levemente inferiores.

En el análisis de la estación del Arroyo Manga ubicada en su desembocadura (MN2), se observó una mediana en el entorno de los 5 mg/L y pocos *outliers*, lo cual indica una mejor condición en cuanto al nivel de carga orgánica comparada con los arroyos Toledo y Carrasco.

En la estación CDCH durante el período analizado, se observó una mediana de 25 mg/L, un amplio rango intercuartil, registrándose el valor máximo de DBO₅ ~ 210 mg/L en noviembre de 2016.

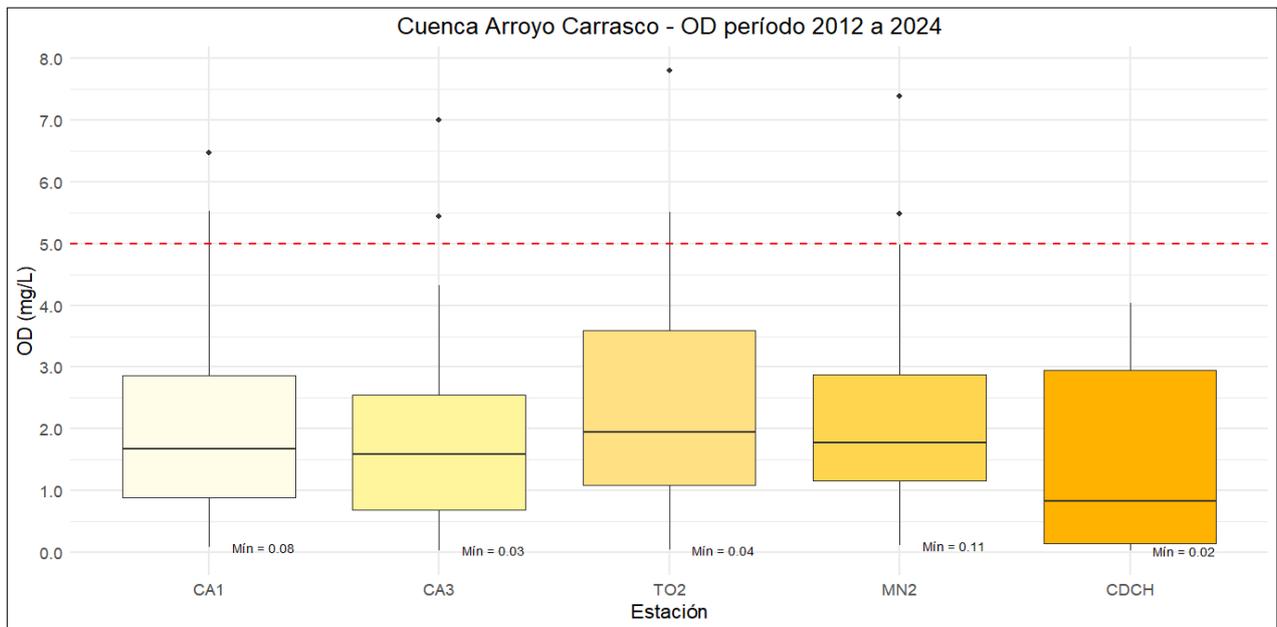


Figura 5.4.3. Evolución temporal del oxígeno disuelto en la Cuenca del A° Carrasco. La línea punteada indica el valor mínimo de la normativa (5 mg/L).

De la figura anterior se aprecia que las estaciones CA1 y CA3 sobre el Arroyo Carrasco presentaron en el período analizado medianas alrededor de 1,8 mg/L, con valores mínimos de anoxia (0,08 y 0,03 mg/L respectivamente).

Para la estación TO2 la mediana del período se ubicó ~ 2,0 mg/L, presentando una leve mejora de las condiciones óxicas respecto al resto de las estaciones de la cuenca, pero aún con eventos de anoxia (mínimo de 0,04 mg/L). La estación MN2 registró durante el período una mediana algo menor que TO2, y un rango intercuartil más compacto.

La estación más afectada en cuanto a la oxigenación es sin dudas CDCH, que no logra superar en ninguno de sus valores el límite mínimo de la normativa de 5 mg/L (mediana de 1,0 mg/L) con eventos de hipoxia-anoxia en todo el período analizado.

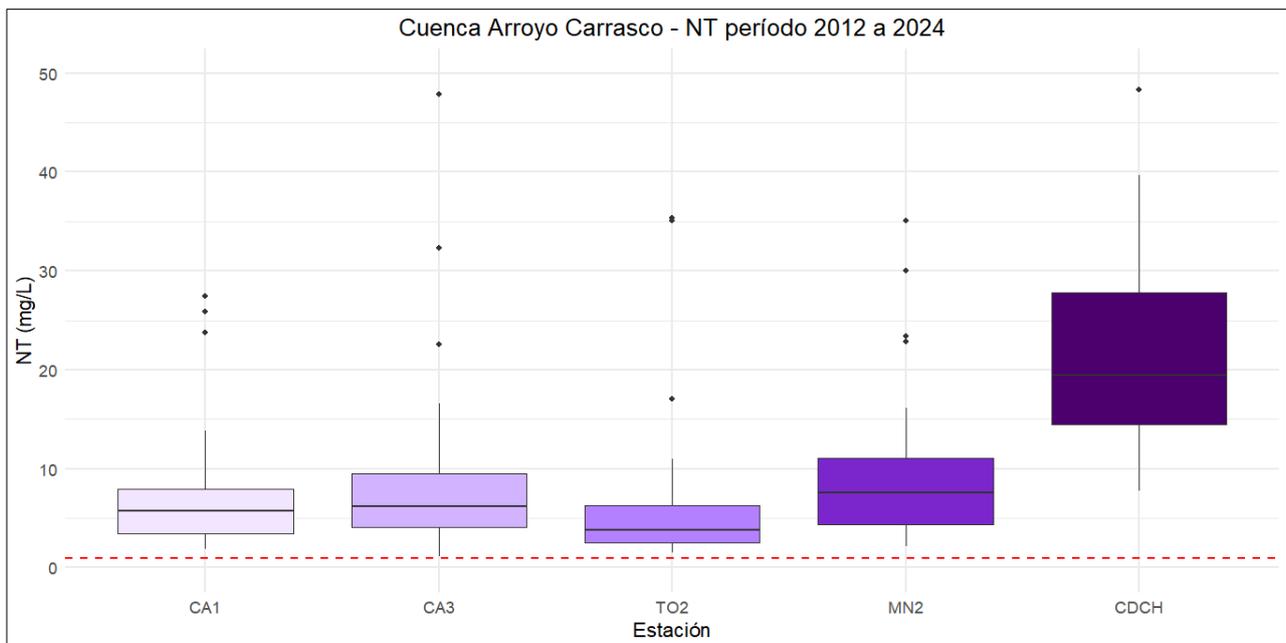


Figura 5.4.4. Valores de nitrógeno total para la Cuenca del A° Carrasco. La línea roja muestra el límite propuesto (1 mg/L).

Las estaciones CA1 y CA3 presentaron una mediana alrededor de 6,0 – 6,5 mg/L, y los *outliers* fueron más frecuentes e intensos en CA3 (máximo = 47,9 mg/L en diciembre de 2021). La estación TO2 presentó una mediana de 5,5 mg/L, con una menor dispersión que el resto de las estaciones analizadas, pero presentando algunos *outliers* de altas concentraciones de NT (35 mg/L). En la estación MN2 se observa una mediana superior y mayor rango intercuartil que en TO2, registrándose una concentración máxima de 35 mg/L en marzo de 2023. La estación CDCH es la más impactada en cuanto a concentraciones elevadas de NT, tanto en su mediana (20 mg/L) como en los valores del rango intercuartil con un máximo de 48 mg/L registrado en setiembre de 2018.

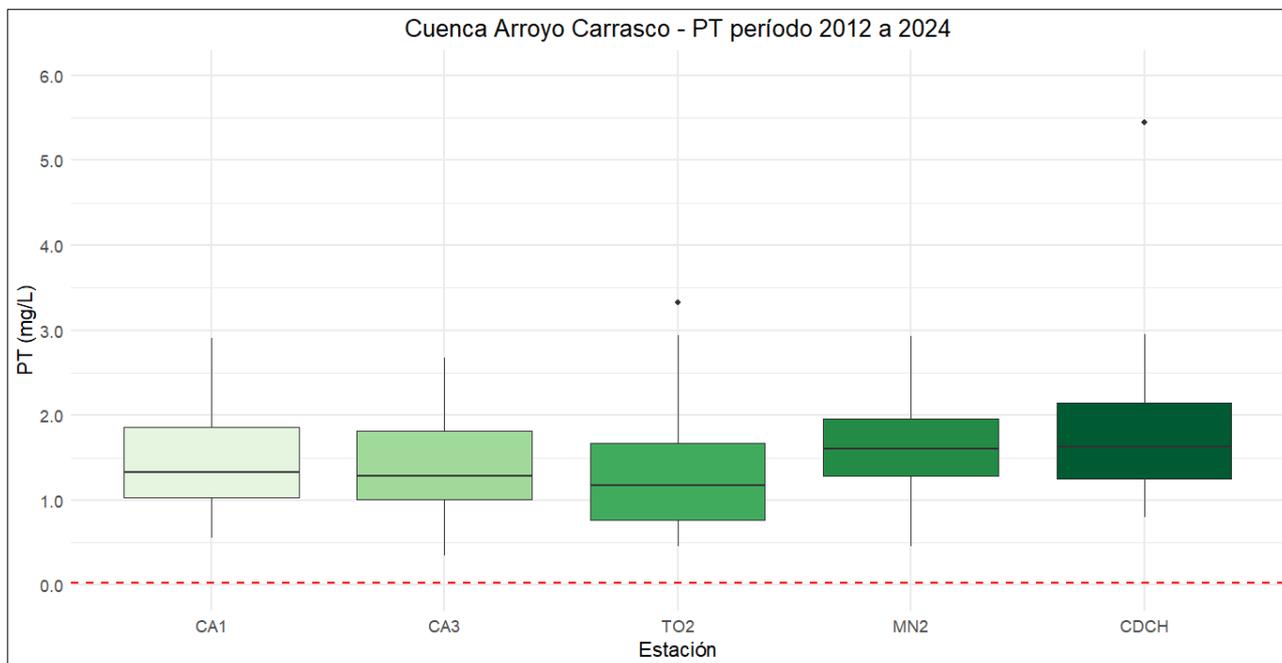


Figura 5.4.5. Variación de fósforo total en la Cuenca del A° Carrasco. La línea roja indica el límite (0,025 mg/L).

De la figura 5.4.5. se evidencia que ninguna estación de monitoreo cumple con la reglamentación nacional durante el período analizado para fósforo total. Las estaciones CA1 y CA3 presentaron una mediana similar en el entorno de 1,4 mg/L, la estación TO2 presentó una mediana levemente inferior (1,2 mg/L), con algunos *outliers* por encima de 3,0 mg/L. En MN2 la mediana del período es 1,5 mg/L, y con niveles extremos cercanos a 3,0 mg/L.

La estación CDCH se destaca por tener las concentraciones más elevadas de la cuenca, siendo su máximo de 5,4 mg/L registrado en noviembre de 2016.

Se evalúa además la evolución de la calidad del agua respecto a años anteriores mediante el índice ISCA. (Tabla 5.4.2).

Tabla 5.4.2. Evolución del índice ISCA desde el año 2005 al 2024

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	ISCA 2023	ISCA 2024
CA1	60	54	57	51	52	54	51	51	52	56	52	53	54	56	57	47	50	57	46	53
CA3	48	49	53	50	48	51	55	44	51	57	49	53	54	50	54	36	45	53	46	53
MN2	58	55	55	53	52	54	49	48	49	55	51	53	52	56	57	50	53	58	49	58
TO2	57	52	58	57	48	53	54	52	53	58	54	54	56	55	57	48	50	57	45	53
CDCH	49	46	42	47	46	50	53	49	49	56	47	40	54	47	54	42	52	34	38	47

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 la tabla 5.4.2 se puede observar que:

- las estaciones sobre el arroyo Carrasco, y la del arroyo Manga se mantienen en la misma categoría del año anterior.

- las estaciones TO2 y CDCH cambian de categoría, pasan de Aguas Deterioradas a Aguas Brutas. Las demás estaciones se mantienen en la misma categoría del año anterior.

Tributarios del Arroyo Carrasco

En cuanto a los tributarios de la cuenca se observa durante todo el año 2024 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, DBO₅, PT, NT, NH₃, Cf, y metales en tributarios Cuenca A^o Carrasco año 2024.

	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg/L N)	Amoniaco Libre (mg/L N)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)	Cromo (mg/L)	Plomo (mg/L)
Arroyo Toledo	T1	14/05/2024	7,9	5	1,32	6,2	0,003	5,4E+03	-	-
		03/09/2024	7,0	5	1,09	5,0	0,006	9,1E+03	-	-
	T2	14/05/2024	7,8	6	1,35	4,3	0,003	5,5E+03	-	-
		03/09/2024	7,6	5	1,04	3,0	0,004	1,0E+03	-	-
	T3	14/05/2024	8,5	4	1,05	3,1	0,003	4,9E+03	-	-
		03/09/2024	7,7	4	0,95	2,6	0,004	1,6E+03	-	-
TO1	14/05/2024	8,0	2	1,10	3,4	0,004	6,7E+03	-	-	
	03/09/2024	7,3	4	0,89	3,0	0,003	1,9E+03	-	-	
Arroyo Manga	MN1	14/05/2024	9,1	6	1,08	5,7	0,020	4,6E+03	-	-
		03/09/2024	8,7	6	1,01	7,0	0,023	1,6E+04	-	-
Cañada Canteras	CDCN1	10/07/2024	0,5	50	2,52	27,3	0,076	8,1E+05	0,005	< 0,010
		05/11/2024	0,1	25	1,73	8,5	0,029	8,7E+05	0,009	< 0,010
	CDCN2	10/07/2024	2,8	> 34	2,80	32,1	0,171	4,3E+05	< 0,005	< 0,010
		05/11/2024	1,8	14	1,32	14,2	0,044	4,1E+05	0,012	< 0,010
	CDCN4	10/07/2024	4,9	5	1,79	14,2	0,027	3,0E+03	0,012	< 0,010
		05/11/2024	0,8	9	1,34	7,4	0,029	5,8E+04	0,014	< 0,010
Arroyo Juan Díaz	Lix-JD1	10/07/2024	7,2	6	0,38	8,9	0,025	3,2E+02	< 0,005	< 0,010
		05/11/2024	-	-	-	-	-	-	-	-
	JD3 (AS2)	10/07/2024	7,5	19	2,07	42,6	0,443	3,4E+03	0,038	< 0,010
		05/11/2024	5,5	12	4,08	18,6	0,446	2,2E+03	0,074	< 0,010
Cañada Chacarita	MSA (AS1)	10/07/2024	8,0	3	0,57	4,6	0,004	1,8E+02	< 0,005	< 0,010
		05/11/2024	4,8	4	1,55	7,8	0,020	1,7E+05	0,006	< 0,010

De la Tabla anterior se destaca:

- En todas las estaciones de monitoreo se superan los límites para fósforo y nitrógeno total durante el año 2024, registrándose las concentraciones más elevadas en las estaciones CDCN1, CDCN2 y JD3.
- Las concentraciones de OD, DBO₅ y amoníaco libre en las estaciones del tramo superior del arroyo Toledo fueron acordes a la normativa en ambos muestreos.
- Todas las estaciones presentaron al menos en uno de los muestreos, valores puntuales de coliformes fecales de incumplimiento.
- Se analizaron metales (cromo y plomo) en las estaciones ubicadas en el área de influencia del Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos, detectándose en una oportunidad concentraciones de Cr superiores al 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.

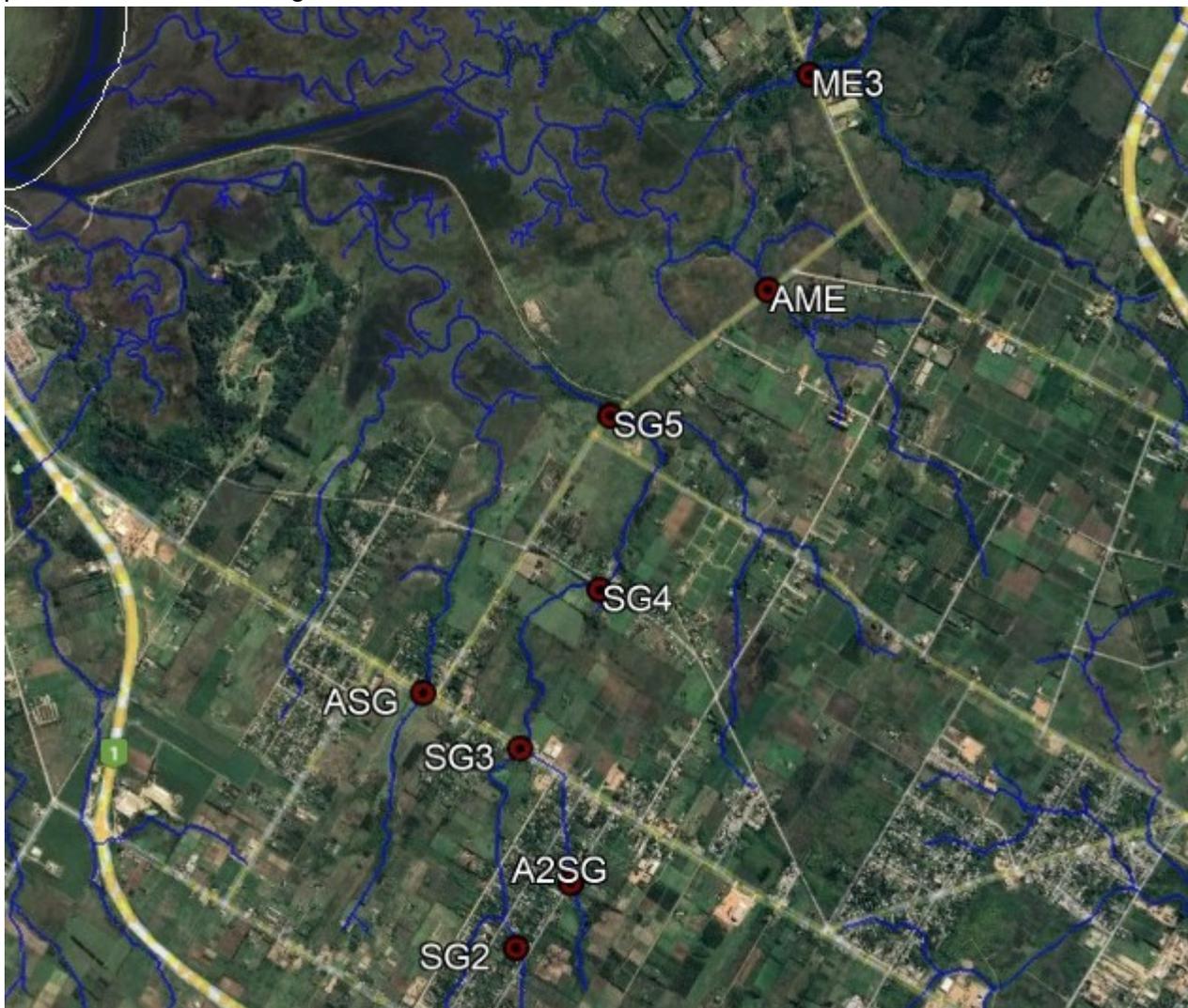


Figura 5.5.1. Estaciones de monitoreo A° San Gregorio – A° Melilla y afluentes. Fuente Google Earth®

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 en color verde se indican aquellas concentraciones que cumplen con la normativa de referencia y en color rojo se indican los incumplimientos.

Tabla 5.5.1. Concentraciones de OD, DBO₅, PT, NT, NH₃, Cf. A° San Gregorio-A° Melilla y tributarios 2024.

	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg/L N)	Amoníaco Libre (mg/L N)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)
Arroyo San Gregorio y afluentes	SG2	10/04/2024	2,8	28	2,30	74,2	2,714	2,4E+04
		27/08/2024	7,7	> 40	3,03	92,3	3,390	2,0E+03
	SG3	10/04/2024	1,6	> 13	2,63	66,0	2,064	6,4E+04
		27/08/2024	0,3	38	2,99	96,4	1,805	5,1E+05
	SG4	10/04/2024	4,6	27	3,38	48,0	1,412	7,5E+04
		27/08/2024	8,6	10	1,53	39,5	0,763	1,9E+03
	SG5	10/04/2024	-	-	-	-	-	-
		27/08/2024	6,3	6	0,86	18,0	0,232	2,0E+02
	ASG	10/04/2024	4,2	3	0,41	1,0	0,008	3,6E+02
		27/08/2024	8,7	3	0,14	4,5	0,005	1,6E+02
A2SG	10/04/2024	0,2	12	3,51	4,9	0,002	1,4E+04	
	27/08/2024	2,9	16	1,90	11,7	0,041	6,2E+02	
Arroyo Melilla y Afluente	ME3	10/04/2024	4,9	1	0,95	2,3	0,005	1,3E+03
		27/08/2024	6,5	2	0,94	3,4	0,002	1,1E+03
	AME	10/04/2024	-	-	-	-	-	-
		27/08/2024	4,2	5	3,04	8,8	0,009	3,8E+02

De la Tabla anterior se destaca:

- Las concentraciones detectadas sobre el arroyo San Gregorio, no cumplieron con la normativa para los parámetros: PT, NT, y NH₃ libre, en todos los muestreos del año 2024. Los demás parámetros fluctúan según su ubicación.
- Para los afluentes del arroyo San Gregorio (ASG y A2SG) se registraron valores fluctuantes dependiendo del punto y de la época del año
- En el arroyo Melilla y su afluente también se registraron valores que cumplen con la normativa para los parámetros DBO₅, amoníaco libre y coliformes fecales.

A continuación, se presenta el análisis temporal de los parámetros DBO₅, OD, NT y PT para el Arroyo San Gregorio, Arroyo Melilla y sus afluentes. El período comprendido abarca muestreos desde el año 2010 hasta el 2024, analizándose un total de 224 datos para cada variable fisicoquímica. Se destaca la importancia de esta sub-cuenca por estar comprendida dentro de la del Río Santa Lucía.

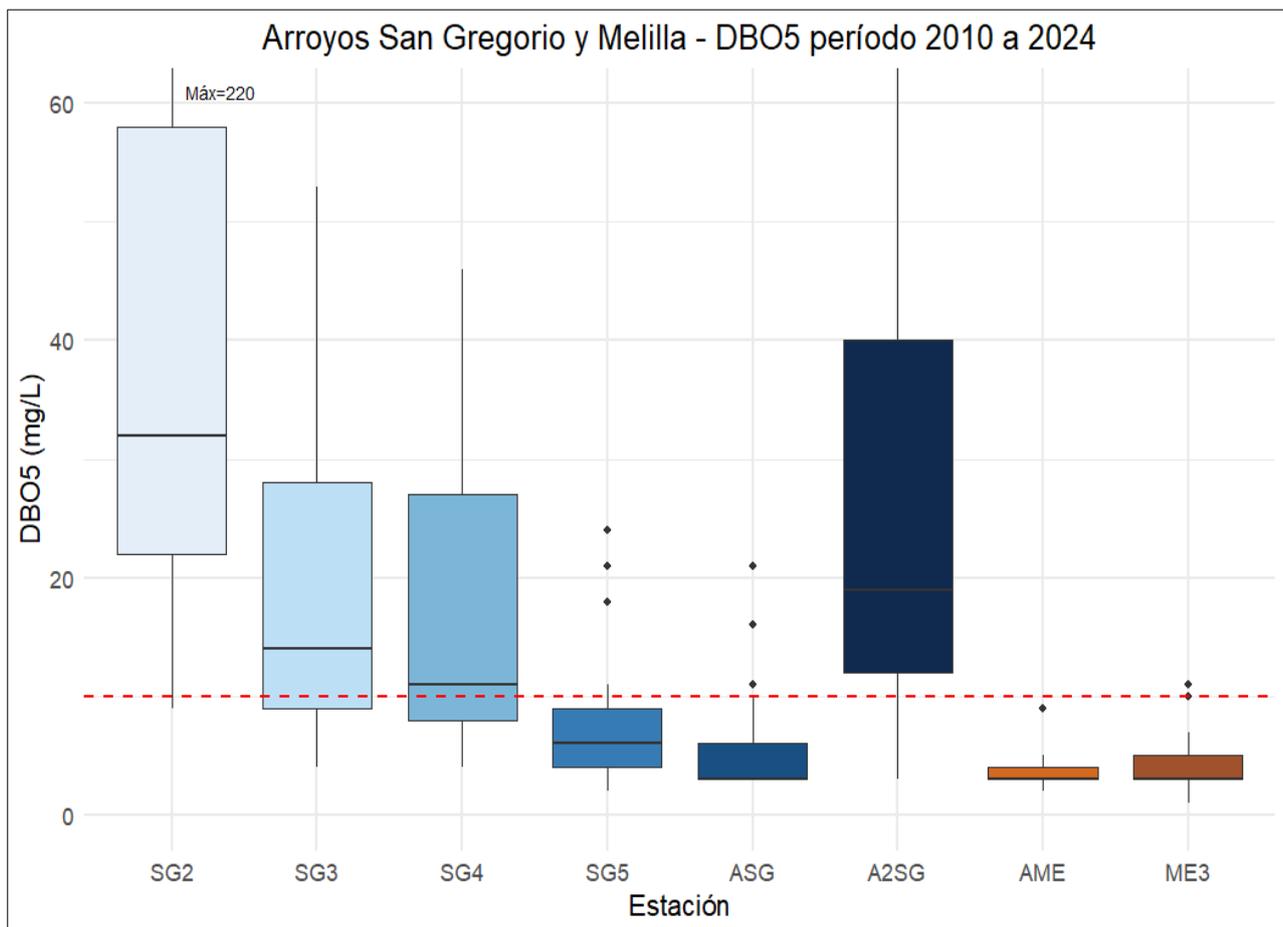


Figura 5.5.2. Valores de DBO₅ para A° San Gregorio, A° Melilla y afluentes. La línea roja indica el límite de la normativa (10 mg/L).

De la figura 5.5.2. se aprecia para el período analizado, con respecto a la DBO₅ que la estación SG2 presentó la mayor mediana del conjunto (32 mg/L), con un amplio rango intercuartil, entre 20,5 y 59 mg/L, y el valor máximo de 220 mg/L registrada en mayo de 2022. Las estaciones SG3 y SG4 registraron medianas comprendidas entre 12-13 mg/L, con valores extremos superiores a 45 mg/L. La estación SG5 ubicada en el tramo final del Arroyo San Gregorio, tuvo una mediana en el período de estudio, por debajo del límite de la normativa, pero se detectaron *outliers* entre 15 y aproximadamente 20 mg/L de DBO₅.

El afluente ASG presentó un comportamiento similar a SG5 con una mediana de 5 mg/L y valores atípicos mayores a 20 mg/L, pero con menor dispersión de datos. En cambio, el afluente A2SG registró la mayor dispersión y su concentración máxima mayor a 200 mg/L.

Respecto al Arroyo Melilla y su afluente, en el período analizado presentaron medianas comprendidas entre 2,8 - 3,5 mg/L y con el resto de las concentraciones por debajo o muy cercanas al límite de la normativa.

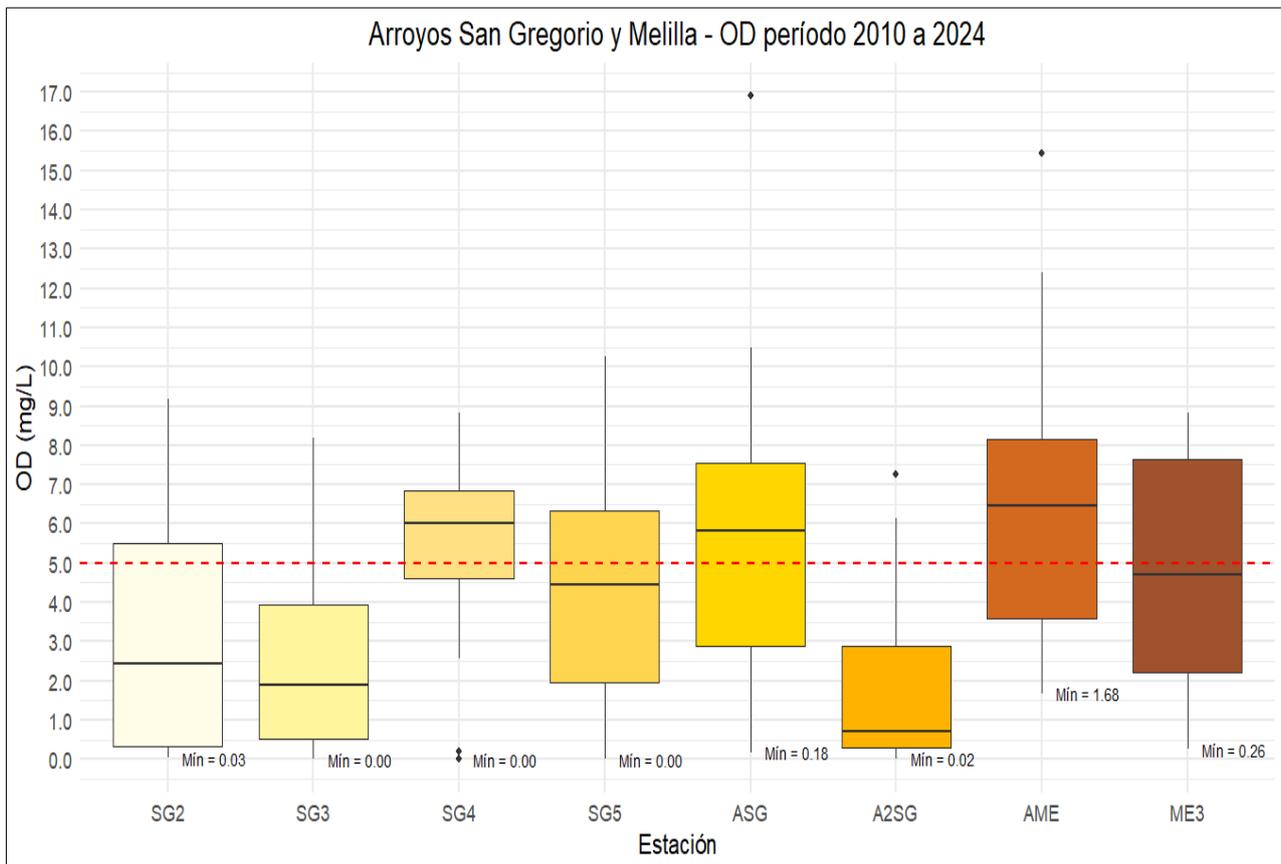


Figura 5.5.3. Variación de oxígeno disuelto en Arroyos San Gregorio, Melilla y afluentes. La línea roja indica el valor mínimo de la normativa (5 mg/L).

De la figura 5.5.3, se destaca respecto al oxígeno disuelto, la estación SG2 con una concentración mediana de 2,8 mg/L, mínimos que llegaron a la hipoxia (0,03 mg/L), sin embargo, la estación más impactada en cuanto al parámetro OD fue SG3, con una mediana de 2,0 mg/L, mínimo de 0 mg/L, y sólo cinco eventos con OD \geq 5 mg/L dentro del período 2010 a 2024. Se observa que en las estaciones SG4 y SG5 la mediana estuvo por encima o cercana al límite de la normativa, pero se registraron mínimos que corresponden a condiciones anóxicas.

Los afluentes del Arroyo San Gregorio se comportaron en forma muy disímil, mientras ASG tuvo una mediana de 6,0 mg/L, en A2SG fue menor a 1,0 mg/L con un mínimo de 0,02 mg/L.

El Arroyo Melilla y su afluente durante el período analizado tuvieron medianas cercanas o mayores al límite de la normativa, con alto porcentaje de concentraciones \geq 5,0 mg/L, aunque se aprecian mínimos que corresponden a condiciones de hipoxia.

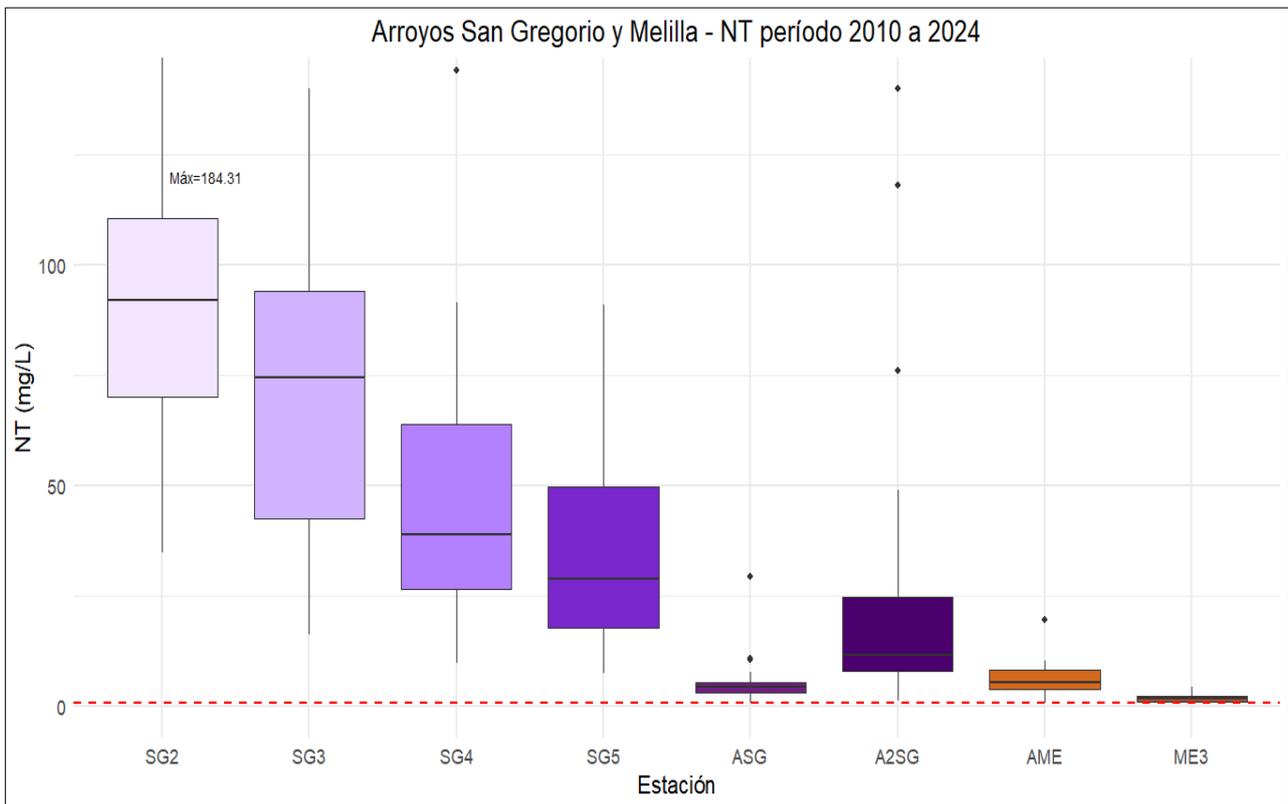


Figura 5.5.4. Variación de nitrógeno total en Arroyos San Gregorio, Melilla y afluentes. La línea roja indica el límite propuesto (1 mg/L).

En la figura anterior, se observa que todas las estaciones sobre el Arroyo San Gregorio presentan concentraciones de nitrógeno total extremadamente elevadas, con medianas que van desde ~ 95 mg/L en SG2 hasta ~30 mg/L en SG5, evidenciando altas cargas de nitrógeno en todo el tramo. La concentración máxima del período (184 mg/L) se registró en SG2 en marzo de 2017. Con respecto a los afluentes del Arroyo San Gregorio, éstos se comportaron en forma muy diferenciada tal como se observó con DBO₅ y OD, siendo la estación A2SG la de mayor carga de nitrógeno total (mediana de 15 mg/L). El Arroyo Melilla presentó medianas levemente superiores al límite propuesto y su afluente registró una carga algo superior (mediana de 3,0 mg/L).

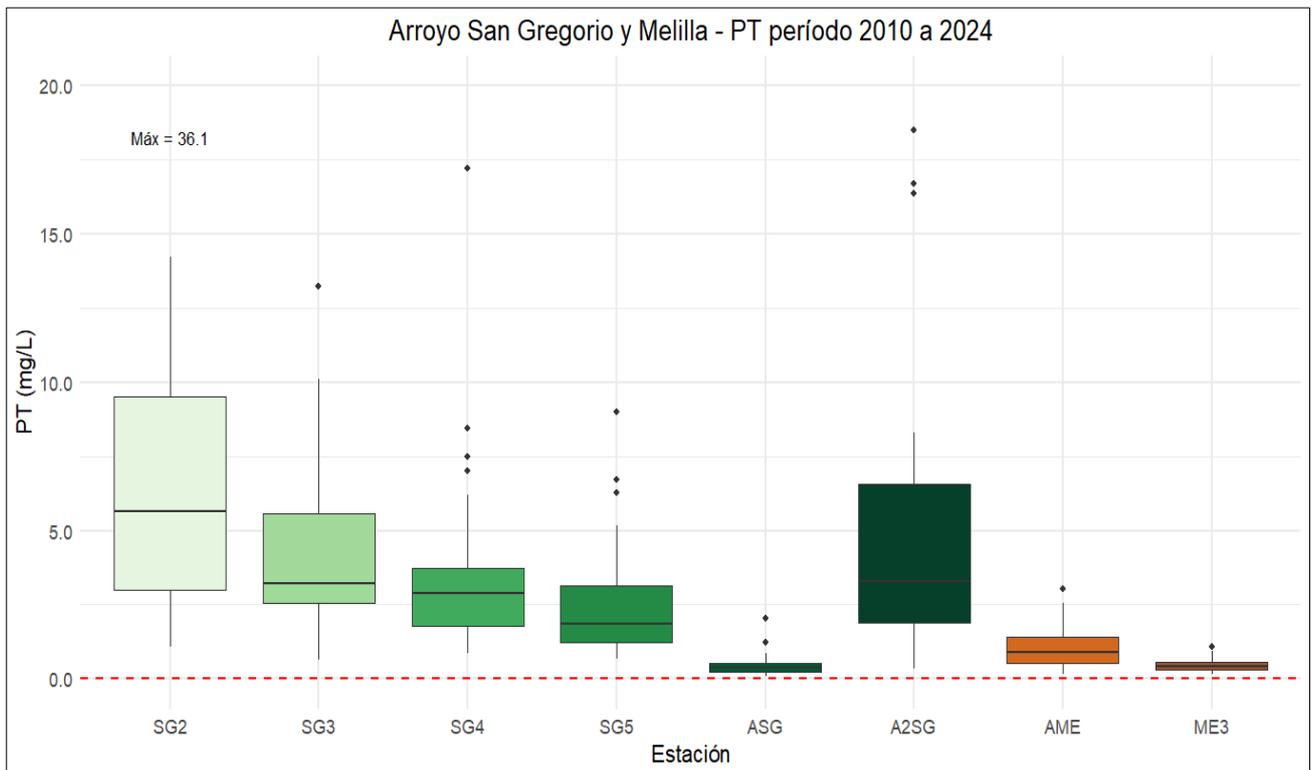


Figura 5.5.5. Variación del fósforo total en Arroyos San Gregorio, Melilla y afluentes. La línea roja es el límite de la normativa (0,025 mg/L).

Visualizando la figura anterior, se destaca que el comportamiento general de todos los cursos de agua de esta sub-cuenca para fósforo total, es muy similar al del nitrógeno total. Se observa un gradiente de concentraciones desde SG2 hacia SG5, con el valor máximo registrado en SG2 (36,1 mg/L en julio de 2015) y medianas entre 6,0 - 2,0 mg/L, pero con *outliers* de elevadas concentraciones en todas las estaciones del curso principal del Arroyo San Gregorio. En cuanto a sus afluentes, se reitera el mayor estado eutrófico de A2SG con *outliers* mayores a 15 mg/L.

El Arroyo Melilla y su afluente, se encontraron en mejores condiciones de eutrofia, aunque sin cumplir con el límite de la normativa.

El grado de eutrofización del Arroyo San Gregorio durante el período 2010 - 2024 es muy alarmante, aportando una carga sumamente elevada de nutrientes a la cuenca del Río Santa Lucía, por lo que será un gran desafío controlar en detalle el origen de las fuentes puntuales y difusas, y disminuirlas drásticamente a la brevedad.

Al igual que en el año anterior durante el año 2024:

- La estación MA1 presentó valores de incumplimiento para todos los parámetros estudiados
- Los parámetros fósforo total, nitrógeno total, amoníaco libre y coliformes fecales superaron los valores límites de la normativa de referencia, en todas las campañas y puntos del curso de agua.

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).

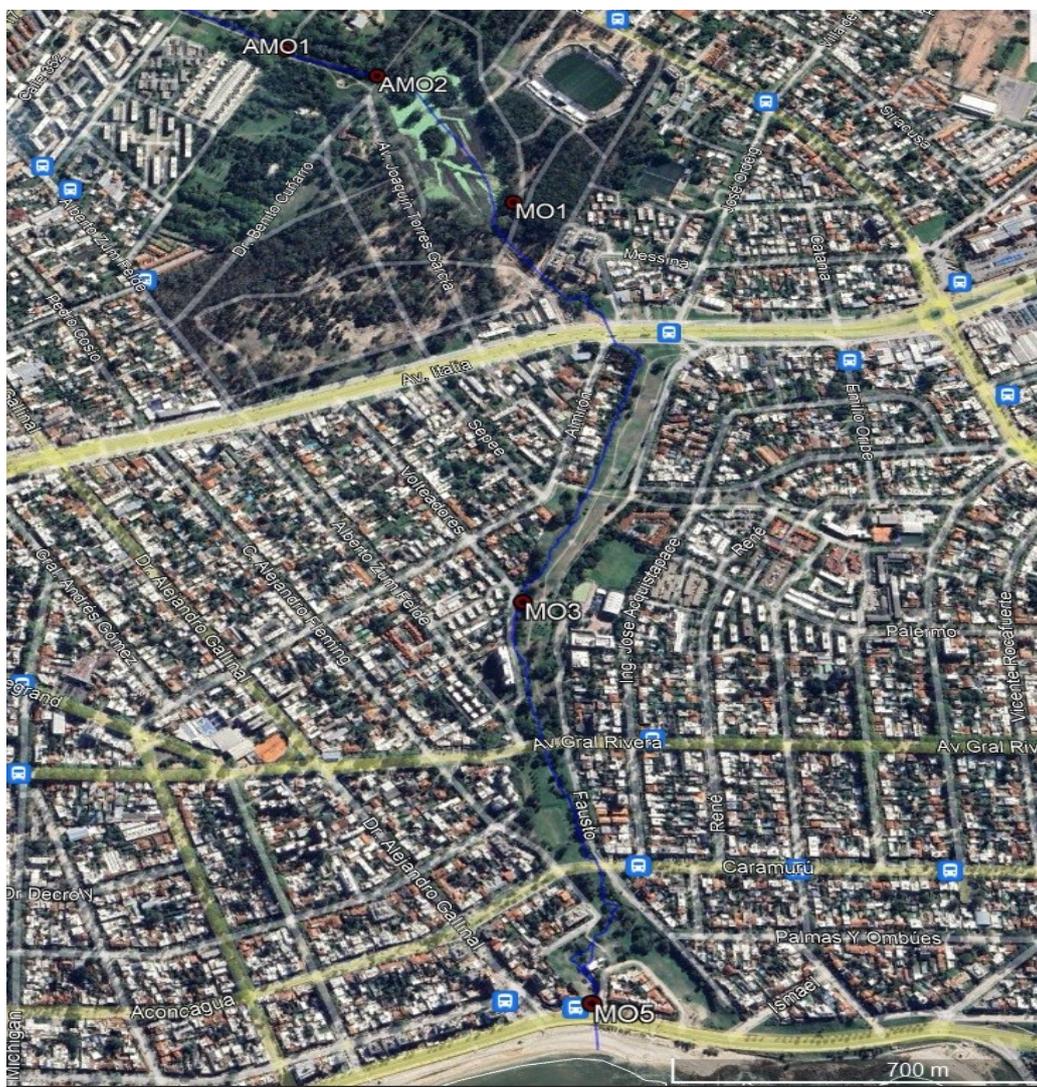


Figura 5.6.1.2. Estaciones de monitoreo del Aº Molino. Fuente Google Earth®

Estaciones de muestreo

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

En la Tabla 5.6.1.2 se muestran en color verde aquellas concentraciones que cumplen con la normativa de referencia y en color rojo se indican los incumplimientos.

Tabla 5.6.1.2. Concentraciones de OD, DBO, PT, NT, NH₃, Cf. A° Molino y afluentes (2024)

Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg/L N)	Amoníaco Libre (mg/L N)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)
AMO1	14/02/2024	2,2	4	0,33	2,3	0,001	2,4E+03
	30/07/2024	-	-	-	-	-	-
AMO2	14/02/2024	1,2	7	0,31	2,3	0,002	7,5E+03
	30/07/2024	5,1	4	1,10	5,6	0,004	8,2E+02
MO1	14/02/2024	0,2	33	1,08	7,3	0,006	4,2E+03
	30/07/2024	6,6	5	0,65	3,4	0,003	1,2E+02
MO3	14/02/2024	2,2	2	0,71	1,8	0,005	2,5E+03
	30/07/2024	-	-	-	-	-	-
MO5	14/02/2024	7,3	1	0,49	1,5	0,012	9,0E+02
	30/07/2024	11,2	3	0,45	2,2	0,013	5,0E+02

De la tabla anterior se puede observar:

- En la campaña de julio no se pudo realizar la toma de muestra de las estaciones AMO1 y MO3 por dificultades en el acceso a los puntos.
- Salvo la estación MO1 en la campaña de febrero, para las demás estaciones los valores de DBO₅ registrados fueron acordes a los límites vigentes
- Los valores de fósforo y nitrógeno total superaron los valores guía en todas las estaciones y durante todo el año.
- Los valores de amoníaco libre cumplieron con los límites de la normativa vigente

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.

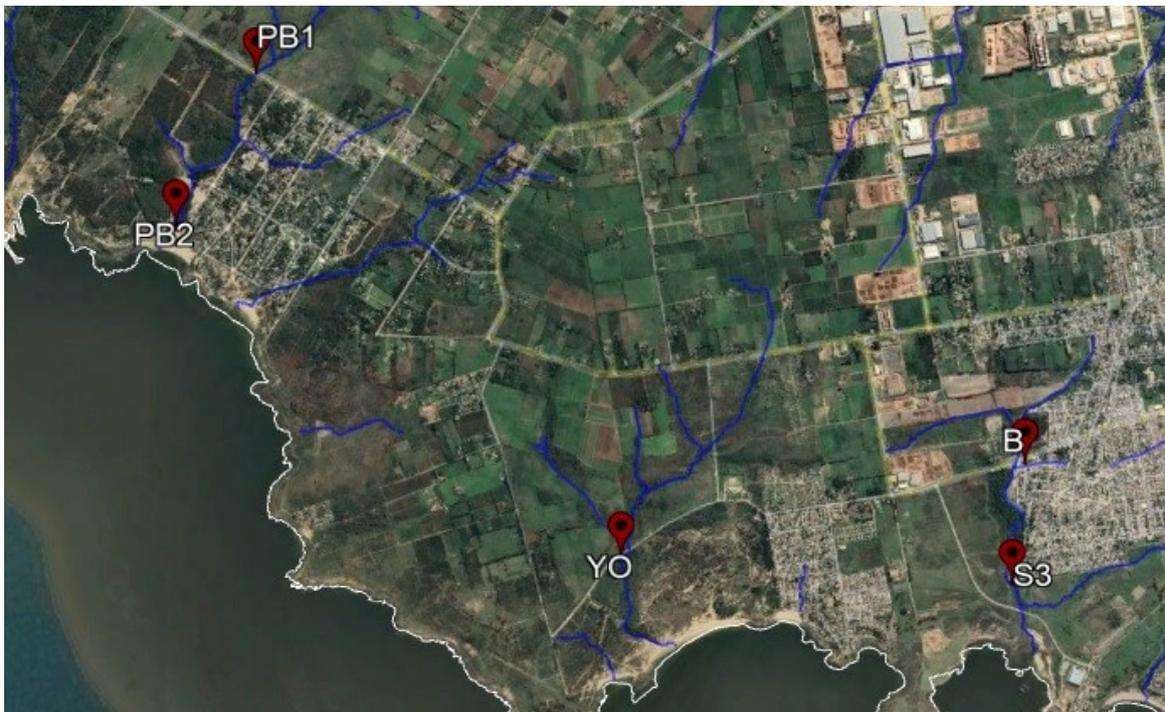


Figura 5.6.2.1. Estaciones de monitoreo de las cañadas de playas del Oeste. Fuente Google Earth®

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 en color verde aquellas concentraciones que cumplen con la normativa nacional vigente y en color rojo se indican los incumplimientos.

Tabla 5.6.2.1. Concentraciones de OD, DBO₅, PT, NT, NH₃, Cf. Cdas. Playas del Oeste (2024)

	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Nitrógeno Total (mg/L N)	Amoníaco Libre (mg/L N)	Coliformes Fecales (ufc/100mL)
Cañada de las Pajas Blancas	PB1	28/02/2024	0,4	6	4,62	4,1	0,015	4,2E+03
		16/07/2024	0,4	> 33	1,51	4,3	0,004	5,2E+02
	PB2	28/02/2024	0,3	6	0,99	5,2	0,005	4,3E+02
		16/07/2024	6,4	2	0,57	8,3	0,002	8,2E+02
Cañada Bélgica	B	28/02/2024	11,1	13	1,46	4,9	0,423	1,5E+05
		16/07/2024	11,3	8	0,83	7,0	0,102	3,5E+04
Cañada Playa Dellazoppa	S3	28/02/2024	1,2	2	1,58	7,8	0,061	5,3E+03
		16/07/2024	8,0	9	1,30	12,6	0,071	1,2E+04
Cañada de las Yeguas	YO	28/02/2024	4,7	4	1,50	3,8	0,028	3,7E+03
		16/07/2024	10,3	3	0,19	3,2	0,005	1,3E+03

- Los valores de DBO₅ registrados en los puntos PB2, S3 y YO fueron acordes a la normativa vigente en ambos muestreos.
- Todos los valores de fósforo total y nitrógeno total incumplieron los límites de las normativas de referencia en todas las estaciones de monitoreo.
- Las cañadas Bélgica y Dellazoppa presentaron además valores de incumplimiento para amoníaco y coliformes fecales en todos los muestreos.

5.7 BIOENSAYOS

Actualmente no hay normativa vigente para los bioensayos, los resultados se presentan en una escala de colores según las unidades de toxicidad, tal y como se menciona en el Capítulo 4 (Tabla 4.3.1).

Arroyo Miguelete

En el 2024 se realizaron determinaciones sobre los puntos M1, M5 y M8, en verano e invierno. Los resultados se presentan en la Tabla 5.7.1.

Los ensayos de *Daphnia* y *Aliivibrio* presentaron valores no tóxicos manteniendo la tendencia general de los últimos años.

Tabla 5.7.1. Resultados de los bioensayos realizados en el arroyo Miguelete en el año 2024. Se indica mediana (mínimo – máximo) cuando el número de muestras es mayor que uno.

Estación de monitoreo	Estación	<i>Daphnia</i> (UT)	<i>Aliivibrio</i> (UT)
M1	Verano	1,0	1,0
	Invierno	1,0 (1,0 – 1,0)	1,0 (1,0 – 1,0)
M5	Verano	1,0	1,0
	Invierno	1,0 (1,0 – 1,0)	1,0 (1,0 – 1,0)
M8	Verano	1,0	1,0
	Invierno	1,0 (1,0 – 1,0)	1,0 (1,0 – 1,0)

Arroyo Pantanoso

Se realizaron determinaciones sobre los puntos P1, P5 y P8, en verano e invierno durante el 2024. Los resultados de las muestras extraídas se presentan en la Tabla 5.7.2.

El ensayo de *Daphnia* mostró un resultado levemente tóxico durante el invierno en P1, pero mantuvo resultados no tóxicos en los restantes puntos de muestreo (Tabla 5.7.2).

En el caso de *Aliivibrio* presentó niveles que van desde no tóxico a muy tóxico dependiendo del sitio y la temporada, sólo el sitio P5 mostró resultados no tóxicos en ambas temporadas.

Tabla 5.7.2. Resultados de los bioensayos realizados en el arroyo Pantanoso en el año 2024. Se indica mediana (mínimo – máximo) cuando el número de muestras es mayor que uno.

Estación de monitoreo	Estación	<i>Daphnia</i> (UT)	<i>Aliivibrio</i> (UT)
P1	Verano	1,0	1,15
	Invierno	1,07 (1,0 – 1,15)	3,5 (1,0 – 5,9)
P5	Verano	1,0	1,0
	Invierno	1,0	1,0 (1,0 – 1,0)
P8	Verano	1,0	5,4
	Invierno	1,0	1,07 (1,0 – 1,15)

Como consideración general, el arroyo Pantanoso mantiene niveles importantes de toxicidad

(efecto agudo) que se observan mayormente en el ensayo de *Aliivibrio fischeri*.

Arroyo Las Piedras

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

Los ensayos de *Daphnia* y *Aliivibrio* presentaron resultados no tóxicos para todos los puntos de muestreo en ambas temporadas.

Tabla 5.7.3. Resultados de los bioensayos realizados en el arroyo Las Piedras en el año 2024. Se indica mediana (mínimo – máximo) cuando el número de muestras es mayor que uno.

Estación de monitoreo	Estación	<i>Daphnia</i> (UT)	<i>Aliivibrio</i> (UT)
LP1	Verano	1,0	1,0
	Invierno	1,0	1,0
LP3	Verano	1,0	1,0
	Invierno	1,0	1,0
LP5	Verano	1,0	1,0
	Invierno	1,0	1,0

Cuenca del Arroyo Carrasco

Se realizaron determinaciones sobre los puntos CA3, MN2 y TO2, en verano e invierno. La Tabla 5.7.4 muestra los resultados para los sitios relevados en la cuenca del arroyo Carrasco durante el año 2024.

Los ensayos de *D. magna* y *A. fischeri* mantienen niveles no tóxicos acordes a la serie histórica de los mismos.

Tabla 5.7.4. Resultados de los bioensayos realizados en la cuenca del arroyo Carrasco en el año 2024. Se indica mediana (mínimo – máximo) cuando el número de muestras es mayor que uno.

Estación de monitoreo	Estación	<i>Daphnia</i> (UT)	<i>Aliivibrio</i> (UT)
CA3	Verano	1,0	1,0
	Invierno	1,0	1,0
MN2	Verano	1,0	1,0
	Invierno	1,0	1,0
TO2	Verano	1,0	1,0
	Invierno	1,0	1,0

En resumen, como evaluación general se destaca que el arroyo Pantanoso es el que presenta resultados tóxicos en ambos ensayos. Por otra parte, es muy relevante que los arroyos Miguelete, Las Piedras y Carrasco no presentaron resultados indicativos de toxicidad.

6 CONSIDERACIONES FINALES

Como consecuencia del Cambio Climático, a nivel regional se han registrado cambios drásticos en los patrones de precipitación:

- La sequía ocurrida desde fines del año 2022 y durante el 2023, tuvo un impacto importante a nivel país, afectando seriamente a la mayoría de los cursos de agua.
- Eventos de lluvias muy intensos ocurridos durante los meses de marzo y abril del 2024 que provocaron inundaciones en varias zonas, así como el aumento del caudal de los cursos de agua de Montevideo.

En la tabla 6.1 se puede observar que en el año 2024, todos los arroyos (Miguelete, Pantanoso, Carrasco y Las Piedras) presentaron una mejora en la calidad de agua respecto al índice ISCA.

Tabla 6.1 Evolución del Índice ISCA en el período 2005-2024

	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	ISCA 2023	ISCA 2024
		A° Miguelete	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	52	58
M5	59		64	61	59	56	59	59	52	55	58	54	55	60	66	61	60	63	64	58	63
M6	59		63	61	61	54	61	58	46	55	59	57	58	61	65	67	63	64	67	60	63
M8	55		51	55	45	45	56	50	50	55	55	54	54	51	56	55	33	49	48	38	55

	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	ISCA 2023	ISCA 2024
		A° Pantanoso	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	44	52
P4	50		48	48	41	41	48	40	43	45	47	45	41	47	47	43	54	50	50	53	54
P5	48		43	38	43	42	41	32	35	39	40	38	49	50	48	42	60	53	50	47	55
P8	25		25	33	45	41	47	34	39	39	37	38	38	36	35	39	40	39	42	32	32

	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	ISCA 2023	ISCA 2024
		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	46	54
LP3	54		56	55	60	60	69	61	65	64	69	59	56	59	53	57	51	49	54	44	52
LP4	44		31	38	51	55	61	60	62	61	66	59	58	61	55	55	52	50	52	37	41
LP5	62		63	54	54	53	63	61	63	61	69	67	64	61	60	63	60	59	63	54	60

	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	ISCA 2023	ISCA 2024
		Cuenca del A° 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	46	53
MN2	58		55	55	53	52	54	49	48	49	55	51	53	52	56	57	50	53	58	49	58
TO2	57		52	58	57	48	53	54	52	53	58	54	54	56	55	57	48	50	57	45	53
CDCH	49		46	42	47	46	50	53	49	49	56	47	40	54	47	54	42	52	34	38	47

Este aumento del índice es tal que al menos una estación por arroyo, cambia de categoría a una de mejor calidad:

- ◆ Aº Miguelete: Estaciones M1, M5, M6 y M8
- ◆ Aº Pantanoso: Estación P3
- ◆ Aº Las Piedras: Estación LP3
- ◆ Cuenca Aº Carrasco: Estaciones TO2 y CDCH

Para el quinquenio 2021 – 2025, la Intendencia de Montevideo tiene definido 4 lineamientos estratégicos, que a su vez se traducen en 4 objetivos generales. El lineamiento estratégico número 1 es **AMBIENTE** y el primer objetivo general es **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 los objetivos planteados, durante el 2024 se continuaron implementando algunas acciones y estrategias a nivel institucional:

- Finalización de las obras en el Aº Mataperros, donde se construyó un colector desde Carlos María de Pena y Versalles hasta el Aº Miguelete, para mejorar la capacidad de drenaje existente <https://montevideo.gub.uy/noticias/medio-ambiente-y-sostenibilidad/finalizacion-de-la-obra-en-el-arroyo-mataperros>

- Remoción de residuos y tierra proveniente de puntos de quema de aparatos eléctricos y electrónicos, en la costanera del Aº Carrasco <https://montevideo.gub.uy/noticias/medio-ambiente-y-sostenibilidad/remocion-de-tierra-en-costanera-del-arroyo-carrasco>

- Aviso temprano de inundaciones en el arroyo Manga en el portal Montevidata: es una herramienta que permite identificar las lluvias de forma tal que se pueda tener información en tiempo real y así disminuir la exposición y el impacto que pueden ocasionar <https://montevideo.gub.uy/noticias/medio-ambiente-y-sostenibilidad/aviso-temprano-de-inundaciones>

- Se continúa llevando a cabo el Programa de Monitoreo de Cuerpos de Agua de Montevideo, que inicialmente surge como un componente del Plan de Saneamiento Urbano, pero se ha sido modificado de acuerdo a los cambios que han ido sucediendo. Actualmente el programa contribuye con algunos de los objetivos del plan estratégico institucional, y además forma parte de las acciones que lleva a cabo la Intendencia de Montevideo, para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) <https://montevideo.gub.uy/cuales-son-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible>

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernhardt, E. S., & Palmer, M. A. (2007). Restoring streams in an urbanizing world. *Freshwater Biology*, 52(4), 738–751.
- Castillo-Morales, G. (Ed.). (2004). *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones*. México: IMTA; Canadá: IDRC.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2005). *La gestión de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, CEPAL.
- Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhave, A. G., Mittal, N., Feliu, E., & Faehle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure.
- EN ISO 6341. (2012). *Calidad de agua. Determinación de la inhibición de la movilidad de Daphnia magna Straus (Cladocera, Crustacea)* (Versión 2013, 30 p.).
- EPS. (1992). *Biological test method: toxicity test using luminescent bacteria* (Report EPS 1/RM/24, 55 p.). Environment Canada.
- Espínola, J. C., Saona, G., & Arriola, M. (2005). Evaluación de la toxicidad de las principales cuencas hídricas del departamento de Montevideo. *Ambios*, 5(15), 15–22; 5(16), 19–23.
- Intendencia de Montevideo. (2025). *Agenda Ambiental Estratégica de Montevideo: Hacia un Plan Integral de Limpieza y Gestión de Residuos* (58 p.).
- MVOTMA. (2017). 6159UY. *Evaluación de la ecotoxicidad aguda de muestras ambientales líquidas mediante el test de bacterias luminiscentes (Sistema Microtox®)*. En: *Manual de procedimientos analíticos para muestras ambientales*.
- Paul, M. J., & Meyer, J. L. (2001). Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32, 333–365.
- Schuytema, G. S., Nebeker, A. V., & Stutzman, T. W. (1997). Salinity tolerance of *Daphnia magna* and potential use for estuarine sediment toxicity tests. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 33, 194–198.
- SDI Microtox. (2009). *Tutorial SDI MicrotoxOmniR V.4.1*.
- Trottier, S., Blaise, C., Kusui, T., & Johnson, E. M. (1997). Acute toxicity assessment of aqueous samples using a microplate-based *H. attenuata* assay. *Environmental Toxicology and Water Quality*, 12, 265–271.
- Walsh, C. J., Roy, A. H., Feminella, J. W., Cottingham, P. D., Groffman, P. M., & Morgan, R. P. II. (2005). The urban stream syndrome: Current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(3), 706–723.