



**Intendencia
Montevideo**

PROGRAMA DE MONITOREO DE CUERPOS DE AGUA DE MONTEVIDEO

INFORME ANUAL 2021

Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental

Gerencia de Gestión Ambiental

Departamento de Desarrollo Ambiental

Intendencia de Montevideo





Intendencia de Montevideo

Desarrollo Ambiental

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

AUTORIDADES

Intendente
Carolina Cosse

Director General del Departamento de Desarrollo Ambiental
Guillermo Moncecchi

Gerencia de Gestión Ambiental
Verónica Piñeiro

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

1 ÍNDICE

| | | |
|------|-------------------------------|----|
| 1 | ÍNDICE DE CONTENIDO | 3 |
| 2 | INTRODUCCIÓN | 4 |
| 3 | OBJETIVOS y ALCANCE | 6 |
| 4 | METODOLOGÍA | 7 |
| 5 | RESULTADOS | 13 |
| 5.1. | ARROYO MIGUELETE | 15 |
| 5.2. | ARROYO PANTANOSO | 19 |
| 5.3 | ARROYO LAS PIEDRAS | 23 |
| 5.4. | CUENCA DEL ARROYO CARRASCO | 25 |
| 5.5. | ARROYO SAN GREGORIO Y MELILLA | 28 |
| 5.6. | OTROS CURSOS MENORES | 30 |
| 5.7. | BIOENSAYOS | 35 |
| 6. | CONSIDERACIONES FINALES | 38 |
| 7. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 40 |
| 8. | LISTADO DE ABREVIATURAS | 41 |

2 INTRODUCCIÓN

El agua dulce sustenta de manera fundamental el medio ambiente, la sociedad y la economía. Ecosistemas como los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos son indispensables para la vida en el planeta e imprescindibles para garantizar de forma directa un conjunto de beneficios y servicios como el agua potable, el agua para la alimentación y la industria —por ejemplo, la energética—, los hábitats para la vida acuática y soluciones naturales que purifican el agua, mitigan las inundaciones y superan los períodos de sequía, entre otros. Cuando se gestionan correctamente a fin de hacer frente a demandas contrapuestas y promover su resiliencia frente al cambio climático, los desastres y los conflictos, los ecosistemas de agua dulce contribuyen a mitigar los riesgos y favorecen la estabilidad y las medidas de generación de confianza. Así pues, resultan esenciales para el desarrollo sostenible, la paz y la seguridad, y el bienestar humano (PNUMA, 2017).

La *“Teoría del Cambio”* propuesta por PNUMA (2017), propone ayudar a los países a mejorar gradualmente el estado de sus ecosistemas de agua dulce y recursos hídricos, de manera que los ecosistemas amenazados se gestionen adecuadamente y sean resilientes, sanos y capaces de sostener sus servicios para las necesidades humanas, la mitigación de riesgos, el desarrollo económico y la ecología en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

La humanidad enfrenta desafíos ambientales que han venido aumentando en número y gravedad desde la Conferencia de Estocolmo de 1972 y que representan ya una emergencia planetaria. Las pérdidas económicas causadas por peligros relacionados con el agua han aumentado notablemente en el último decenio. Desde 1992, las inundaciones, las sequías y las tormentas han afectado a 4.200 millones de personas (el 95% de toda la población afectada por cualquier tipo de desastre) y provocado daños valorados en 1,3 billones de dólares (el 63% del total de daños). El logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se ve amenazado por una serie de riesgos ambientales cada vez mayores y que se refuerzan entre sí.

Los cambios actuales y previstos en el clima, la pérdida de biodiversidad y la contaminación dificultan aún más la consecución de los ODS. Por ejemplo, incluso los pequeños incrementos de temperatura, junto con los cambios que provocan, entre otros, en el clima, las precipitaciones, las lluvias más intensas, el calor extremo, la sequía y los incendios, aumentan los riesgos para la salud, la seguridad alimentaria, el suministro de agua y la seguridad humana, que se agravan a la par que el calentamiento global. Sólo en 2018, los daños causados por desastres naturales relacionados con el clima tuvieron un costo de aproximadamente 155.000 millones de dólares. El enfoque *“Una Sola Salud”* integra la acción de todos los sectores y disciplinas para proteger la salud de las personas, los animales y el medio ambiente. Este enfoque es fundamental para minimizar los futuros riesgos para la salud humana derivados del cambio climático, la degradación de los ecosistemas y el deterioro de la calidad de los alimentos, el aire y el agua. También resulta esencial para prevenir y limitar los efectos de futuras emergencias sanitarias, como los brotes pandémicos de enfermedades de transmisión animal como la COVID-19 (PNUMA, 2021).

A fin de lograr la sostenibilidad, las emergencias ambientales de la Tierra deben abordarse de forma conjunta.

Dado el carácter interconectado del cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la degradación de las tierras y la contaminación del aire y el agua, es esencial que estos problemas se afronten conjuntamente. Las respuestas posibles que abordan varios problemas pueden mitigar la vulnerabilidad multidimensional, minimizar las soluciones intermedias y maximizar las sinergias (PNUMA, 2021; UNESCO 2021).

Según el informe de CEPAL (2016), la utilización del concepto de *“seguridad hídrica”* en los términos señalados, como instrumento de análisis integral, diagnóstico, definición y seguimiento de metas resulta muy atractiva para América Latina y el Caribe, por las siguientes razones:

- Se centra en la importancia del agua en el desarrollo social y económico de los países de la región y no en los procesos relativos a su manejo. De ese modo, permite una mejor comprensión

del rol del agua en la sociedad y enfatiza la necesidad de su priorización por parte de los gobiernos.

- Contribuye, con una visión integral y desde la perspectiva del interés de la sociedad, a identificar las áreas que resultan más críticas para una adecuada gestión de los recursos hídricos, y las interdependencias con sectores y con otras políticas públicas, permitiendo de ese modo focalizar de mejor manera los esfuerzos de los países.
- Define criterios para establecer las metas y evaluar la efectividad de las políticas públicas a partir de la comparación de los niveles de riesgo y la calidad de servicios observados en la realidad, con los considerados socialmente aceptables en cada caso.
- El énfasis en la mitigación de los riesgos conlleva la necesidad de identificar las amenazas e incertidumbres que debe enfrentar la gestión del agua y revisar su capacidad de adaptación a los nuevos escenarios.

De acuerdo a la naturaleza de los desafíos que presenta la región en relación con el agua, se considera apropiado, para los fines del presente informe, entender que la seguridad hídrica consiste en tener:

- Una disponibilidad de agua que sea adecuada, en cantidad y calidad, para el abastecimiento humano, los usos de subsistencia, la protección de los ecosistemas y la producción.
- La capacidad —institucional, financiera y de infraestructura, en el sector público y privado—para acceder y aprovechar dicha agua de forma sustentable y manejar las interrelaciones entre los diferentes usos y sectores de forma coherente.
- Un nivel aceptable de riesgos para la población, el medio ambiente y la economía, asociados a los recursos hídricos (CEPAL, 2016).

Los cometidos del Departamento de Desarrollo Ambiental de la Intendencia de Montevideo, se describen a continuación 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.

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.

La emergencia sanitaria declarada en el mes de marzo del año 2020 y su continuidad durante gran parte del año 2021, afectó la dinámica y funcionamiento del Servicio y por consiguiente se alteró la frecuencia de muestreos del Programa de Monitoreo de Cuerpos de Agua.

- **Cursos Principales:** Se realizaron 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.

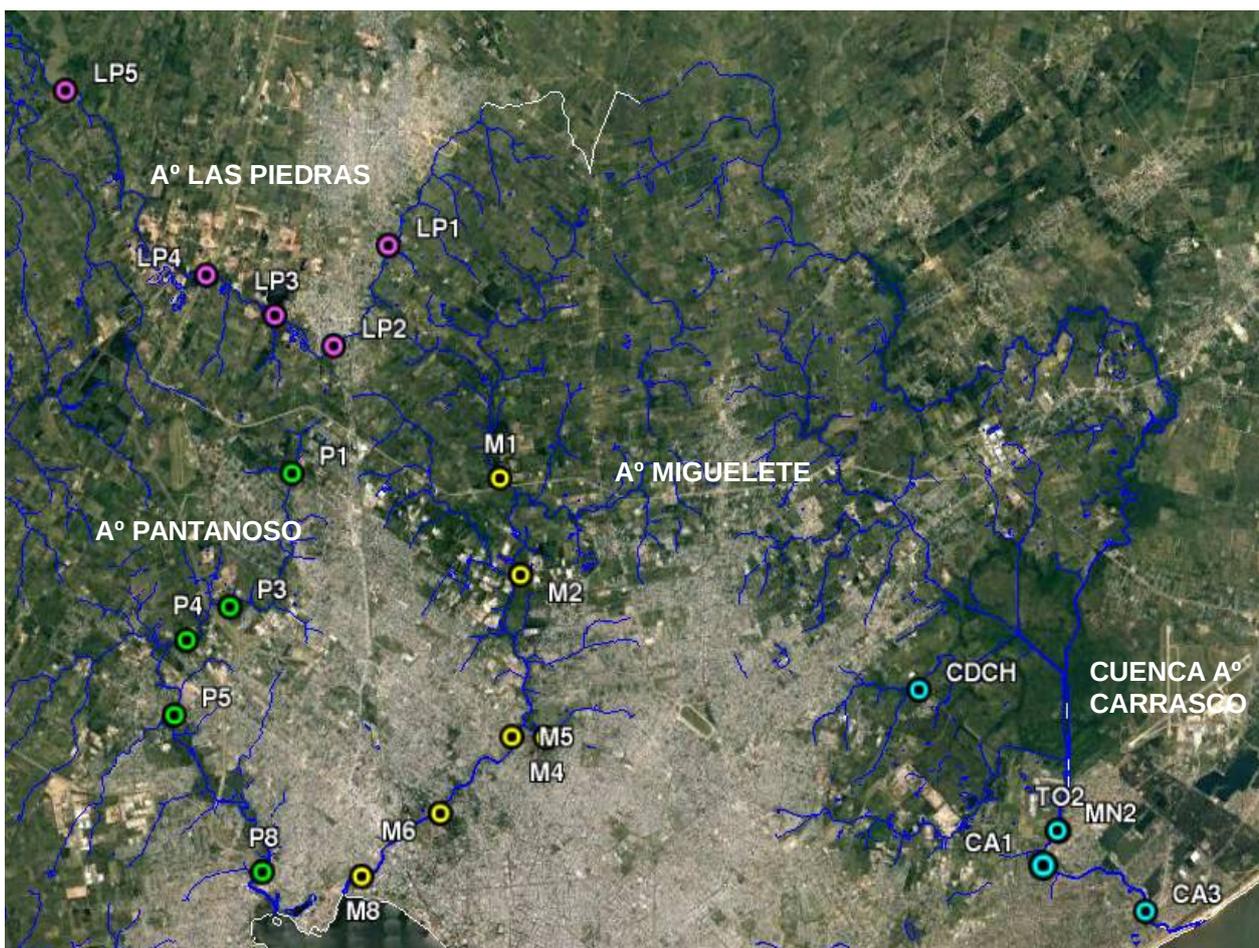


Figura 3.1. Puntos de muestreo de los Cursos Principales. Fuente: Google Earth®

- **Cuencas Menores:** En el año 2021 se realizó una sola campaña de monitoreo en los tributarios del arroyo Pantanoso y del tramo superior de los arroyos Toledo y Manga. Para los demás cursos se realizaron dos campañas de monitoreo. Las cuencas menores comprenden:

- ◆ 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: 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 Ambiente (ex-Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, M.V.O.T.M.A.).

Respecto al límite utilizado en este informe para el nitrógeno total, aún no hay normativa nacional reglamentada, existiendo un valor límite en la “Propuesta de modificación del Decreto 253/79 (18/12/2014)” disponible en <https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/DCA-Propuesta-modificaci%C3%B3ndec253versionfinalfinal-18-12-2014.pdf> y en el Informe de Asesoría a la Mesa Técnica del Agua: “Establecimiento de niveles guía de indicadores de estado trófico en cuerpos de agua superficiales” (Marzo, 2017) disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/calidad-ambiental>.

A efectos de la elaboración del presente Informe, se considera la normativa internacional de referencia para nitrógeno total uno de los límites de la U.S.E.P.A. (2016) actualmente en revisión https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-12/documents/fl_section62-302.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 rd Ed. Met. 4500-H ⁺ |
| Temperatura | SMEWW, 23 rd Ed. Met. 2550 B |
| Conductividad | SMEWW, 23 rd Ed. Met. 2510 B |
| Oxígeno Disuelto | SMEWW, 23 rd Ed. Met. 4500-O G |
| Sólidos Suspendidos Totales | SMEWW, 23 rd Ed. Met. 2540 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | SMEWW, 23 rd Ed. Met. 5210 B |
| Demanda Química de Oxígeno | SMEWW, 23 rd Ed. Met. 5220 D adaptada (Kit comercial) |
| Amonio | SMEWW, 23 rd Ed. Mét. 4500-NH3-F |
| Fósforo Total | SMEWW, 23 rd Ed. Met. 4500-P E |
| Nitrógeno Total | Kalf & Bentzen, 1984; Valderrama, 1981 |
| Tensoactivos aniónicos | SMEWW, 23 rd Ed. Met. 5540 C adaptada (Kit comercial) |
| Cromo Total | SMEWW, 23 rd Ed. Met. 3111 |
| Plomo Total | SMEWW, 23 rd Ed. Met. 3111 |
| Coliformes Fecales | SMEWW, 23 rd Ed. Met. 9222 D |

4.2 ÍNDICE DE CALIDAD ISCA

Durante el año 2021 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) | T | 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 ₂) | A | 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 | 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 ₂) | C | Si $OD < 10 \rightarrow C = 2.5*OD$ Si $OD \geq 10 \rightarrow C = 25$ | < 25 |
| Conductividad (CE en microS/cm) | D | Si $CE \leq 4000 \rightarrow D = (3.6 - \text{LOG}(CE))*13.244$ 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 ecotoxicológica 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, 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: *Hydra attenuata* (cnidario), *Daphnia magna* (crustáceo) y *Vibrio fischeri* (bacteria). Particularmente esta última es muy sensible a la contaminación por detergentes e hidrocarburos, en tanto que los crustáceos son muy sensibles a los metales pesados e *H. attenuata* ha mostrado una gran sensibilidad frente a la contaminación producto de la degradación de la materia orgánica.

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

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). Ambos bioensayos (*H. attenuata* y *D. magna*) se aplican a muestras líquidas de salinidad menor a 1 UPS.

La toxicidad sobre *Vibrio 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 *H. attenuata*, *D. magna* y *V. fischeri* se expresan en Unidades de Toxicidad (UT) determinadas a partir de la fórmula: $UT = 100 / CL_{50}$, donde CL50 es 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 consiguiente, los valores más altos de UT corresponden a una mayor toxicidad. La Tabla B.1 presenta las categorías correspondientes de acuerdo a las UT y siguiendo el criterio adoptado por 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.).

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

| Concentración Letal 50% | Unidad de Toxicidad | Categoría Toxicológica |
|-------------------------|---------------------|------------------------|
| $CL_{50} \leq 25$ | $UT \geq 4$ | Muy Tóxico |
| $25 < CL_{50} \leq 50$ | $2 \leq UT < 4$ | Tóxico |
| $50 < CL_{50} \leq 75$ | $1,33 \leq UT < 2$ | Moderadamente Tóxico |
| $75 < CL_{50} < 100$ | $1,0 < UT < 1,33$ | Levemente Tóxico |
| $CL_{50} \geq 100$ | $UT \leq 1$ | 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), las cuales 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 (10 mL por pozo)

utilizando 15 organismos por tratamiento en lugar de 9. Esta 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 del ensayo, se optó por una única medida a las 48 horas ya que permite la realización de más ensayos para las capacidades logísticas con las que se cuenta.

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 <i>organismos</i> 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 los descritos en las normas UNE-EN ISO 6341:1996 y UNE-EN ISO 6341:2012. A partir de la norma UNE-EN 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 complementan las algas unicelulares con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) de concentración 5 g/L, lo cual 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. Esto permite tener un mayor número de individuos para el procesamiento de más muestras y además mantener una sensibilidad y potencia estadística aceptables. Esta adaptación se realiza desde julio de 2017, antes 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 muerte 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 *V. fischeri*, *H. attenuata* y *D. magna* (Tabla 4.3.4.)

Existe suficiente evidencia de 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). Sin embargo, con los compuestos orgánicos la comparación de sensibilidad *D. magna* vs. *V. fischeri* depende de la naturaleza química: por ejemplo para pesticidas (Chlorpyrifos-Methyl, Profenofos y Triazofos) 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 o lagos) donde se reconoce contaminación producto de la degradación de la materia orgánica (Espínola *et al.*, 2005; Cacho *et al.*, 2016) y niveles altos de amonio (Pardos *et al.*, 1999).

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 ⁺² | 5,8 ^b ; 36 ^c ; | 0,4-208 ^a ; | **** |
| | Cr ⁺⁶ | 18,7 ^c ; | 0,8-1,4 ^a ; 0,15-0,17 ^d ; | 20,55 ^d ; 0,15 ^e ; |
| | Zn ⁺² | 1,4-2,7 ^b ; 2,2-4,6 ^c ; | 1,8 ^a ; | 13,0 ^d ;25-35 ^d ; |
| | Cd ⁺² | 4,5 ^b ; 52,5 ^c | 0,2-0,3 ^a ; | 0,38-1,4 ^d ; |
| | Cu ⁺² | 2,8 ^b ; | 0,0002 ^a ; | 0,046-0,12 ^d ; |
| Orgánicas | Fenol | 13-26 ^f ; | 9,1 ^a ; | **** |
| | DSS* | 1,4-3,1 ^b ; | 45,9 ^a ;19,1 ^d ; | |
| | Anilina | 488 ^b ; | 0,9 ^a ;0,16 ^d ; | |

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 este informe se reportan los resultados de las campañas del Programa de Monitoreo de Cuerpos de Agua del año 2021, realizado por el Servicio ECCA del Departamento de Desarrollo Ambiental de la Intendencia de Montevideo

La evaluación de los resultados obtenidos se realiza en términos de cumplimiento o incumplimiento de algunos parámetros clave en relación a la calidad de los mismos, tomándose 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 un parámetro específico y no a la totalidad de los reglamentados.

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.

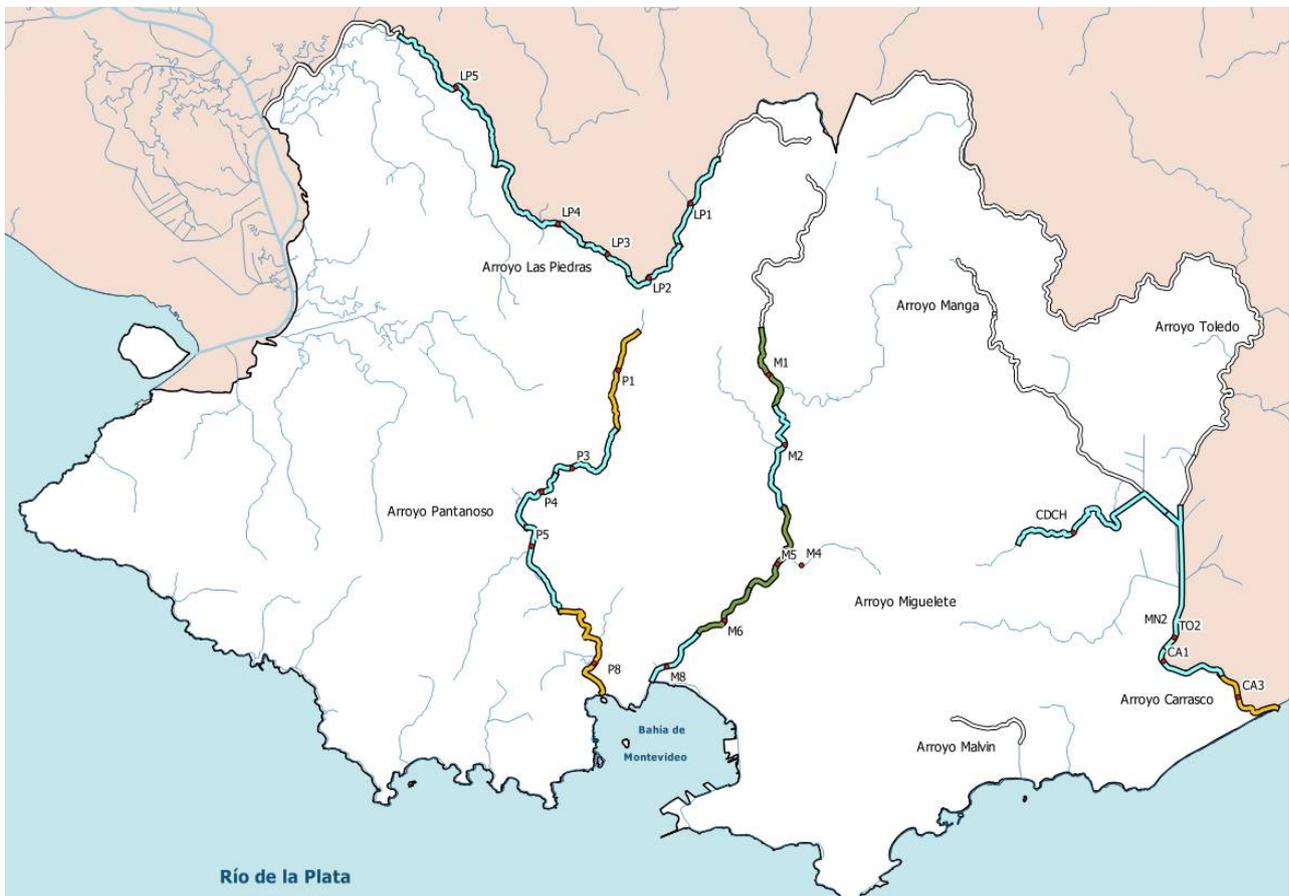


Figura 5.1. Mapa con tramos de los Cursos principales según Categorías del Índice ISCA, año 2021.

| 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, 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 ecotoxicológica 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 los bioensayos realizados durante el año 2021 se encontró que el arroyo Miguelete presenta mayormente niveles de toxicidad en el rango de moderado a muy tóxico para *Hydra attenuata*. Por otra parte, los demás ensayos (*Daphnia magna* y *Vibrio fischeri*) mantuvieron la tendencia de valores no tóxicos o levemente tóxicos.

El arroyo Pantanoso mostró niveles importantes de toxicidad en los resultados de *Hydra attenuata*, mientras que los ensayos de *Daphnia magna* y *Vibrio fischeri* presentaron valores no tóxicos o levemente tóxicos.

El arroyo Las Piedras exhibió un incremento en sus niveles de toxicidad cuantificados por el ensayo de *Hydra attenuata* desde el año 2017 que no se observó en los demás ensayos realizados.

Respecto del arroyo Carrasco, si bien la serie histórica hasta 2019 mostraba valores de toxicidad no tóxicos o levemente tóxicos para todos los bioensayos, los resultados observados para *Hydra attenuata* en los años 2020 y 2021 revelaron un aumento de toxicidad importante, particularmente en verano. Por lo tanto, estos resultados indican un deterioro relevante en la calidad de agua de dicho curso que se mantiene por dos años consecutivos.

5.1 ARROYO MIGUELETE Y TRIBUTARIOS

El arroyo Miguelete nace al 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.



Figura.5.1.1. Estación de monitoreo M6 del Arroyo Miguelete

Para evaluar la calidad de sus aguas, durante el 2021 se realizaron tres campañas de monitoreo en el curso principal y dos en sus tributarios (Figura 5.1.2)

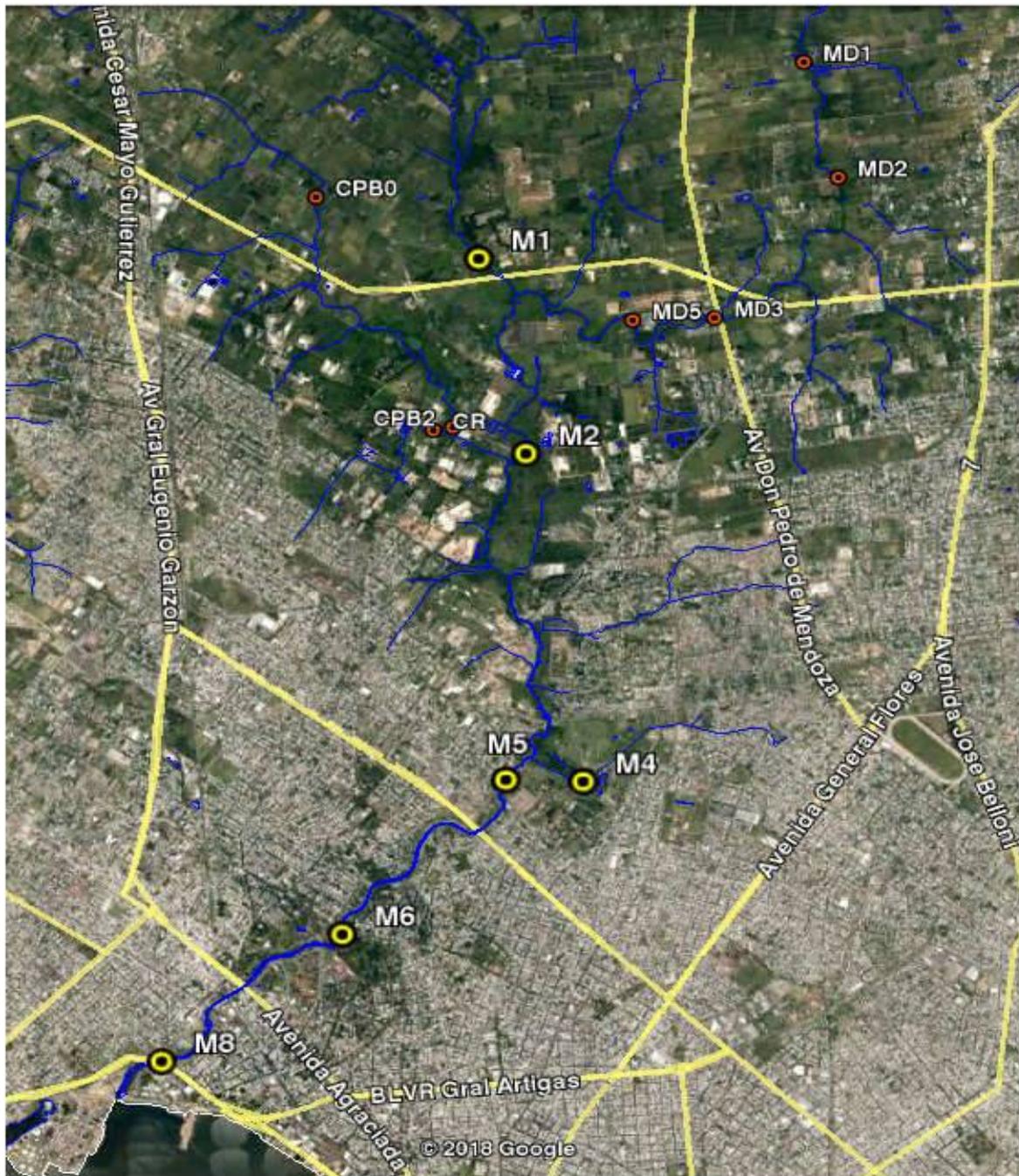


Figura.5.1.2. Estaciones de monitoreo del A° Miguelete y tributarios. Fuente Google Earth®

Las estaciones ubicadas sobre el curso principal son:

- M1: Cno. Osvaldo Rodríguez
M2: Cno. Carlos A. López
M4: Pluvial Casavalle – Cementerio 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. Cnel. 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, metales 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, PT, NT, NH₃, Cf, Tensoactivos, Cr y Pb del A^o Miguelete (2021).

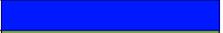
| Estación de Muestreo | Fecha de Muestreo | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | Fósforo Total (mg/L P) | Nitrógeno Total (mg N/L) | Amoníaco Libre (mg/L) | Tensoactivos (mg/L de LAS PM:318 g/mol) | Coliformes Fecales (ufc/100mL) | Cromo (mg/L) | Plomo (mg/L) |
|----------------------|-------------------|-----------|------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|---|--------------------------------|--------------|--------------|
| M1 | 26/01/2021 | 1,81 | 3 | 0,71 | 4,5 | 0,009 | 0,14 | 3,7E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 28/07/2021 | 7,90 | 2 | 0,68 | 5,9 | 0,004 | 0,13 | 1,8E+02 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 24/11/2021 | 2,44 | 5 | 0,73 | 5,5 | 0,007 | 0,13 | 6,8E+02 | < 0,01 | < 0,03 |
| M2 | 26/01/2021 | 2,79 | 3 | 2,74 | 28,8 | 0,255 | 0,26 | 1,1E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 28/07/2021 | 6,99 | 6 | 1,72 | 22,8 | 0,023 | 0,33 | 6,8E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 24/11/2021 | 2,80 | 2 | 4,00 | 43,8 | 0,637 | 0,23 | 1,5E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| M4 | 26/01/2021 | - | - | - | - | - | - | 2,0E+03 | - | - |
| | 28/07/2021 | - | - | - | - | - | - | 7,5E+04 | - | - |
| | 24/11/2021 | - | - | - | - | - | - | 5,7E+03 | - | - |
| M5 | 26/01/2021 | 5,36 | 6 | 2,54 | 27,5 | 0,247 | 0,22 | 1,9E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 28/07/2021 | 7,62 | 6 | 1,49 | 17,8 | 0,020 | 0,47 | 4,9E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 24/11/2021 | 7,16 | 7 | 2,56 | 22,0 | 0,408 | 0,26 | 2,9E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| M6 | 26/01/2021 | 7,37 | 9 | 3,09 | 25,2 | 0,522 | 0,18 | 5,6E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 28/07/2021 | 9,24 | 6 | 1,50 | 16,9 | 0,026 | 0,46 | 5,2E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 24/11/2021 | 4,77 | 14 | 2,82 | 23,9 | 0,640 | 0,22 | 1,1E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| M8 | 26/01/2021 | 7,70 | 14 | 1,92 | 21,4 | 0,184 | 0,84 | 1,1E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 28/07/2021 | 6,42 | 4 | 1,35 | 15,8 | 0,009 | 0,55 | 9,2E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 24/11/2021 | 4,42 | 11 | 1,80 | 23,2 | 0,100 | 0,41 | 3,4E+03 | < 0,01 | < 0,03 |

Al igual que el años anteriores, durante el año 2021 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, con la excepción de M6 y M8. Se observan además valores puntuales de coliformes fecales superiores a los establecidos en la norma vigente, en todas las estaciones de monitoreo. Cabe aclarar 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 respecto a años anteriores mediante el índice ISCA (Tabla 5.1.2).

Tabla 5.1.2. Evolución del Índice ISCA período 2005 – 2021.

| 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 |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| M1 | 69 | 66 | 69 | 60 | 56 | 59 | 55 | 50 | 60 | 66 | 52 | 59 | 63 | 58 | 54 | 50 | 61 |
| M2 | 64 | 62 | 61 | 58 | 50 | 57 | 60 | 57 | 61 | 61 | 52 | 58 | 60 | 56 | 59 | 57 | 58 |
| M5 | 59 | 64 | 61 | 59 | 56 | 59 | 59 | 52 | 55 | 58 | 54 | 55 | 60 | 66 | 61 | 60 | 63 |
| M6 | 59 | 63 | 61 | 61 | 54 | 61 | 58 | 46 | 55 | 59 | 57 | 58 | 61 | 65 | 67 | 63 | 64 |
| M8 | 55 | 51 | 55 | 45 | 45 | 56 | 50 | 50 | 55 | 55 | 54 | 54 | 51 | 56 | 55 | 33 | 49 |

| 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 2021 se observa una mejora en el índice ISCA que implica cambios a categorías superiores en las estaciones M1, M5 y M8. Las estaciones M2 y M6 se mantienen en la misma categoría que el año anterior.

Tributarios del Arroyo Miguelete

Durante el año 2021 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 5.1.2)

Tabla 5.1.3. Concentraciones de OD, DBO₅, PT, NT, NH₃, Colif. fecales en Tributarios A^o Miguelete (2021)

| | Estación de Muestreo | Fecha de Muestreo | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | Fósforo Total (mg/L P) | Nitrógeno Total (mg N/L) | Amoniaco Libre (mg N/L) | Coliformes Fecales (ufc/100mL) |
|----------------------|----------------------|-------------------|-----------|------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Arroyo Mendoza | MD1 | 03/03/2021 | 5,61 | 4 | 1,25 | 2,0 | 0,020 | 1,2E+02 |
| | | 27/10/2021 | 7,17 | 3 | 0,36 | 3,3 | 0,020 | 5,0E+02 |
| | MD2 | 03/03/2021 | 4,40 | 6 | 0,99 | 8,3 | 0,061 | 3,2E+03 |
| | | 27/10/2021 | 2,95 | 5 | 0,63 | 9,9 | 0,057 | 2,5E+03 |
| | MD3 | 03/03/2021 | 2,72 | 5 | 1,65 | 12,0 | 0,342 | 1,2E+03 |
| | | 27/10/2021 | 4,21 | 8 | 1,77 | 23,6 | 0,223 | 7,6E+02 |
| MD5 | 03/03/2021 | 1,83 | 3 | 1,67 | 11,8 | 0,210 | 3,6E+03 | |
| | 27/10/2021 | 2,51 | 8 | 1,73 | 37,9 | 0,241 | 5,5E+03 | |
| Cañada Pajas Blancas | CPB0 | 03/03/2021 | 0,66 | 3 | 1,42 | 4,4 | 0,040 | 9,8E+02 |
| | | 27/10/2021 | 2,13 | 2 | 0,62 | 4,4 | 0,007 | 2,8E+02 |
| | CPB2 | 03/03/2021 | 8,50 | 5 | 1,60 | 4,6 | 0,035 | 7,3E+03 |
| Cañada de la Cruz | CR1 | 27/10/2021 | 2,68 | 3 | 0,78 | 7,2 | 0,039 | 9,4E+02 |
| | | 03/03/2021 | 2,33 | 7 | 1,82 | 11,1 | 0,137 | 4,8E+03 |
| | | 27/10/2021 | 7,31 | 7 | 1,39 | 4,5 | 0,021 | 7,4E+02 |

Se observa durante todo el año 2021:

- valores de DBO_5 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 y amoníaco libre que no cumplen con los límites de la normativa en todas las estaciones del arroyo Mendoza con la excepción de MD1.
- El resto de los parámetros analizados registraron valores de incumplimientos en las estaciones 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.



Figura 5.2.1. Estación de monitoreo P5 del Arroyo Pantanoso

Durante el año 2021 se realizaron tres muestreos en el curso principal y dos muestreo en sus tributarios (Figura 5.2.2).

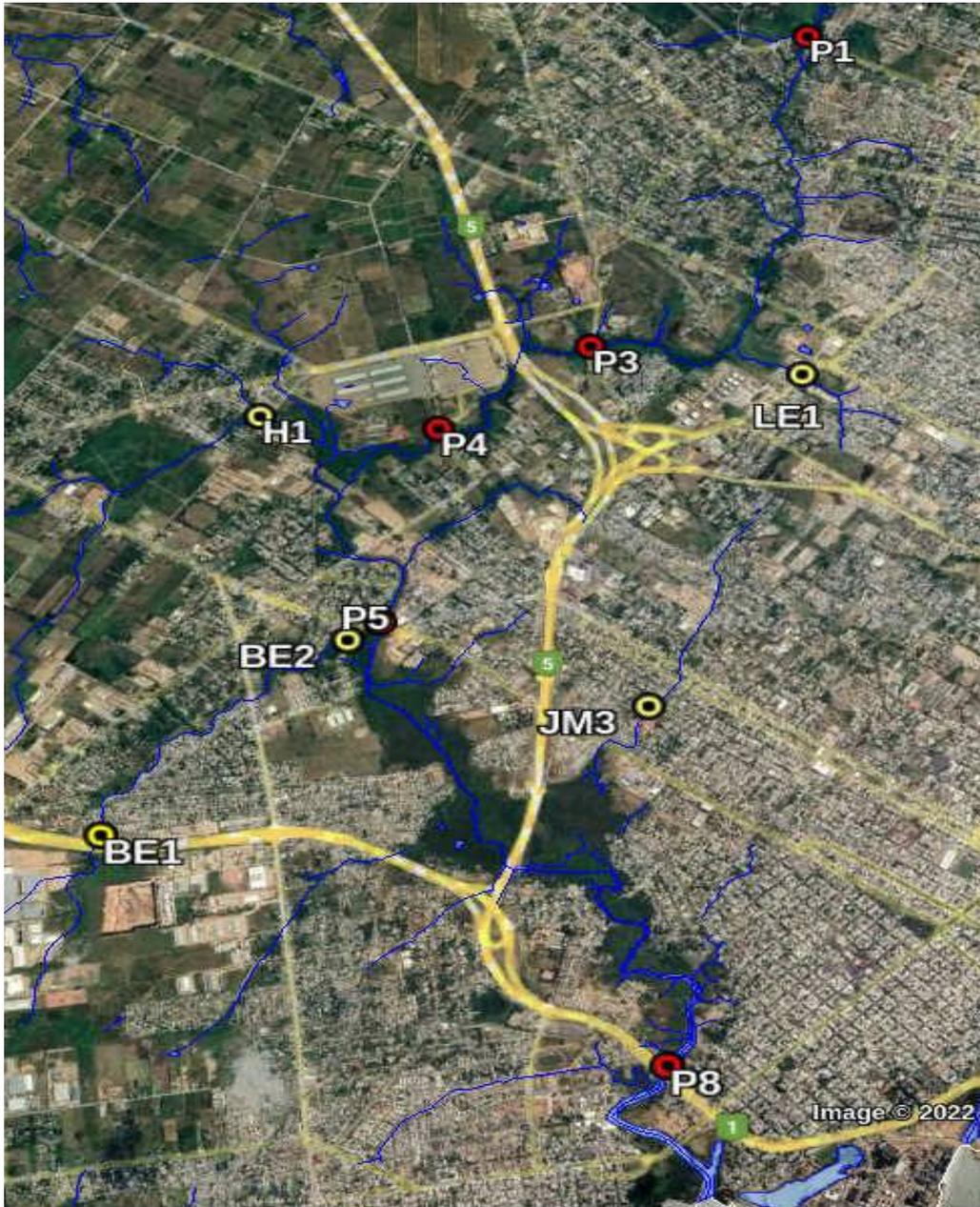


Figura 5.2.2. Estaciones de monitoreo del A° Pantanoso y tributarios. Fuente Google Earth®

Estaciones 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 Higuierita

JM3: Rambla Costanera de la Cañada Jesús María y Carlos de la Vega (se sustituye la estación JM2 ubicada sobre Av. Luis Batlle Berrres, debido a que no se puede acceder y realizar la toma de muestra de forma segura para el muestreador)

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), metales 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, DBO₅, PT, NT, NH₃, Cf, Tensoactivos, Cr y Pb del A° Pantanoso (2021)

| Estación de Muestreo | Fecha de Muestreo | OD (mg/L) | DBO (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 | 03/02/2021 | 0,04 | 180 | 3,92 | 52,1 | 0,349 | 2,51 | 3,9E+06 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 03/08/2021 | 5,58 | 5 | 1,07 | 8,8 | 0,022 | 0,61 | 1,0E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 01/12/2021 | 0,08 | 30 | 2,69 | 30,5 | 0,203 | 1,99 | 1,0E+06 | < 0,01 | < 0,03 |
| P3 | 03/02/2021 | 0,72 | 9 | 2,93 | 23,7 | 0,181 | 0,99 | 1,2E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 03/08/2021 | 1,72 | 11 | 1,63 | 13,2 | 0,100 | 1,24 | 1,6E+04 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 01/12/2021 | 0,10 | 20 | 3,98 | 35,3 | 0,177 | 1,74 | 8,4E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| P4 | 03/02/2021 | 0,17 | 9 | 2,64 | 32,7 | 0,244 | 1,26 | 1,1E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 03/08/2021 | 2,54 | 12 | 1,96 | 17,4 | 0,129 | 1,49 | 8,0E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 01/12/2021 | 0,25 | 20 | 3,87 | 25,3 | 0,244 | 1,43 | 6,4E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| P5 | 03/02/2021 | 4,70 | 9 | 3,45 | 37,4 | 0,377 | 0,42 | 6,2E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 03/08/2021 | 5,20 | 11 | 3,66 | 22,1 | 0,148 | 0,76 | 7,6E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 01/12/2021 | 3,81 | 10 | 4,75 | 28,3 | 0,668 | 0,89 | 7,8E+04 | < 0,01 | < 0,03 |
| P8 | 03/02/2021 | 0,08 | 24 | 1,68 | 32,2 | 0,102 | 1,31 | 7,7E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 03/08/2021 | 2,82 | 13 | 2,98 | 15,3 | 0,127 | 0,63 | 7,0E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 01/12/2021 | 0,09 | 30 | 2,39 | 23,7 | 0,169 | 1,40 | 5,9E+05 | < 0,01 | < 0,03 |

Al igual que en años anteriores, se registraron valores de oxígeno disuelto, nutrientes y coliformes fecales que no cumplen con los límites de las normativas de referencia en todas las estaciones (con las excepciones: P1 en el muestreo del 3/08/21 y P5 en el del 3/08/21). Por otro lado se detectaron algunos valores de DBO₅ y tensoactivos aniónicos acordes a la normativa de referencia. En todos los muestreos y todas las estaciones de monitoreo, las concentraciones de cromo y plomo 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; estos factores contribuyen en gran medida al deterioro de la calidad del curso de agua.

A continuación se evalúa la evolución de la calidad del agua mediante el índice ISCA desde el año 2005 al 2021 (Tabla 5.2.2)

Tabla 5.2.2 Índice ISCA período 2005 – 2021

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

| 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 2021 no se observan cambios significativos en el índice ISCA, todas las estaciones se mantienen en la misma categoría del año anterior.

Tributarios del Arroyo Pantanoso

En el año 2021 se realizaron dos campañas de muestreo de los tributarios, y no se monitoreó la estación JM2 por imposibilidad de acceso al sitio de extracción de la muestra. En su lugar se realizó el muestreo de la estación JM3 ubicada en la intersección del curso con la calle Carlos de la Vega.

Durante el año 2021 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 (2021)

| | Estación de Muestreo | Fecha de Muestreo | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | Fósforo Total (mg/L P) | Nitrógeno Total (mg N/L) | Amoníaco Libre (mg N/L) | Coliformes Fecales (ufc/100mL) |
|----------------------|----------------------|-------------------|-----------|------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Cañada Bellaca | BE1 | 21/01/2021 | 7,85 | 3 | 0,33 | 6,7 | 0,021 | 1,1E+03 |
| | | 17/11/2021 | 7,37 | 9 | 0,42 | 2,5 | 0,006 | 2,1E+03 |
| | BE2 | 21/01/2021 | 4,97 | 5 | 1,39 | 7,2 | 0,066 | 1,1E+03 |
| | | 17/11/2021 | 2,52 | 5 | 0,70 | 6,7 | 0,031 | 6,7E+03 |
| Cañada de la Higuera | H1 | 21/01/2021 | 7,77 | 17 | 0,23 | 4,9 | 0,103 | 8,4E+02 |
| | | 17/11/2021 | 0,85 | 30 | 1,58 | 12,7 | 0,025 | 5,8E+03 |
| Cañada Lecocq | LE1 | 21/01/2021 | 0,60 | > 77 | 10,5 | 34,2 | 0,289 | 1,2E+06 |
| | | 17/11/2021 | 0,09 | 60 | 15,2 | 67,1 | 1,78 | 2,6E+06 |
| Cañada Jesús María | JM3 | 21/01/2021 | 19,46 | 3 | 0,68 | 2,7 | 0,390 | 1,7E+03 |

Durante el año 2021 en todas las estaciones se registraron valores superiores a los límites de las normativas vigentes para los parámetros amoníaco libre (salvo BE1 el 17/11/21) fósforo total y

nitrógeno total.

Al igual que el año anterior, en la estación LE1 se registraron valores de incumplimiento para todos los parámetros analizados.

5.3 ARROYO LAS PIEDRAS

En el año 2021 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.

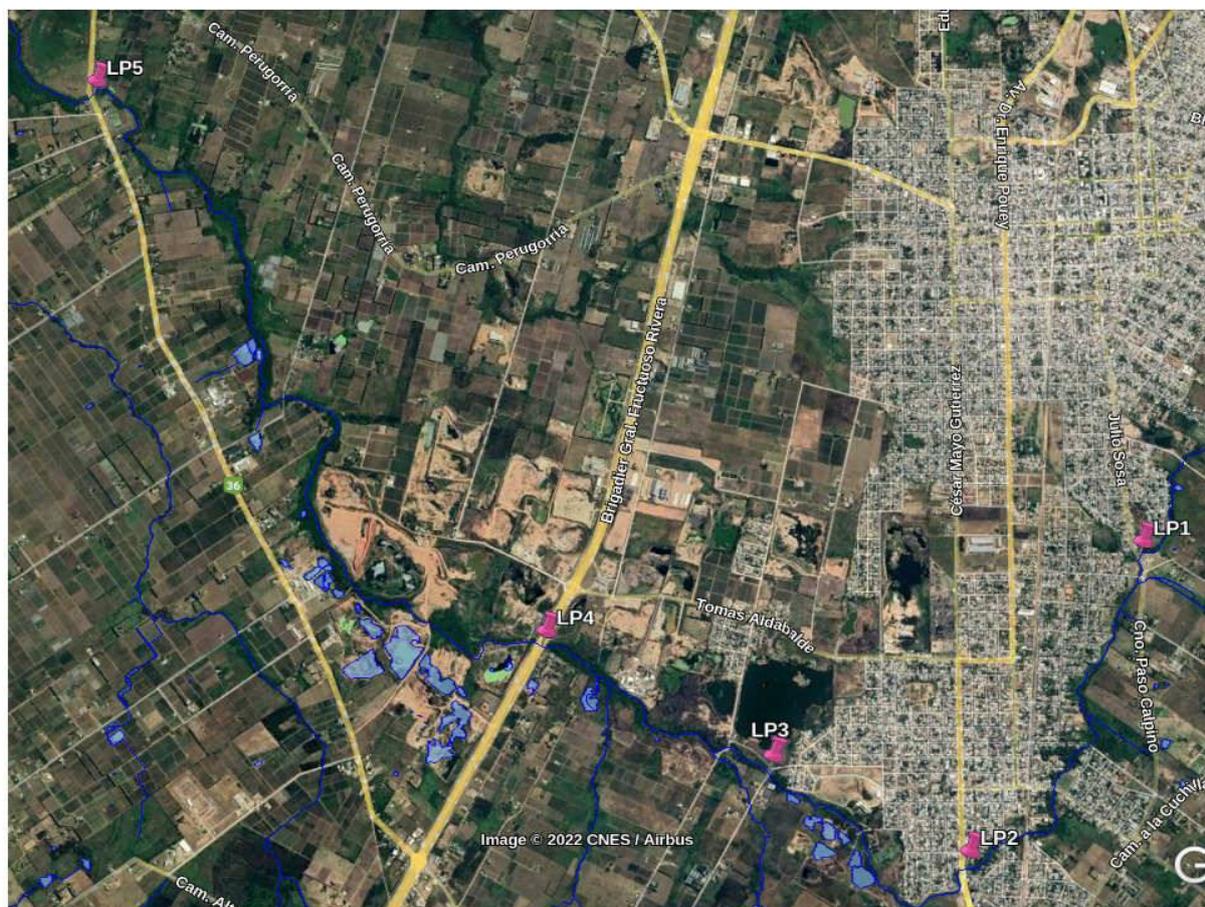


Figura 5.3.1: Estaciones de monitoreo del Aº Las Piedras. Fuente Google Earth®

Estaciones en el curso principal

- LP1: Cno. Julio Sosa
- LP2: Av. César 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 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, DBO₅, PT, NT, NH₃, Cf, Tensoactivos, Cr y Pb de A° Las Piedras 2021.

| Estación de Muestreo | Fecha de Muestreo | OD (mg/L) | DBO (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) |
|----------------------|-------------------|-----------|------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|---|--------------------------------|--------------|--------------|
| LP1 | 24/02/2021 | 3,81 | 3 | 1,90 | 14,0 | 0,089 | 0,48 | 5,0E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 21/09/2021 | 5,89 | 8 | 1,28 | 12,9 | 0,076 | 0,36 | 5,4E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 22/12/2021 | 3,57 | 3 | 1,75 | 22,3 | 0,285 | 0,25 | 3,6E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| LP2 | 24/02/2021 | 2,40 | 6 | 1,84 | 14,0 | 0,104 | 1,07 | 1,3E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 21/09/2021 | 6,47 | 4 | 1,26 | 13,2 | 0,112 | 0,21 | 7,9E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 22/12/2021 | 0,31 | 18 | 1,78 | 25,5 | 0,308 | 0,88 | 5,2E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| LP3 | 24/02/2021 | 1,96 | 6 | 2,98 | 17,9 | 0,351 | 0,89 | 4,9E+04 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 21/09/2021 | 3,33 | 5 | 1,78 | 25,7 | 0,156 | 0,58 | 9,5E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 22/12/2021 | 1,02 | 11 | 1,34 | 37,2 | 0,512 | 1,44 | 8,6E+04 | < 0,01 | < 0,03 |
| LP4 | 24/02/2021 | 2,70 | 7 | 2,75 | 21,2 | 0,303 | 1,02 | 3,2E+04 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 21/09/2021 | 4,83 | 5 | 1,65 | 22,4 | 0,229 | 0,30 | 1,4E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 22/12/2021 | 2,18 | 12 | 2,04 | 43,8 | 0,757 | 0,61 | 1,0E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| LP5 | 24/02/2021 | 4,84 | 4 | 2,09 | 13,5 | 0,138 | 0,42 | 1,6E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 21/09/2021 | 6,40 | 7 | 1,57 | 20,6 | 0,165 | 0,19 | 5,8E+02 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 22/12/2021 | 3,97 | 7 | 1,97 | 45,5 | 0,578 | 0,21 | 3,8E+03 | < 0,01 | < 0,03 |

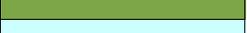
En líneas generales se puede observar que durante el año 2021:

- se registraron valores de oxígeno acordes a la normativa sólo en algunas estaciones en el muestreo de setiembre
- se registraron valores de DBO5 acordes a la normativa en todas las estaciones, salvo en el muestreo de diciembre
- se registraron valores de fósforo, nitrógeno total y amoníaco superiores a los límites de la normativa en todas las estaciones de monitoreo
- 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 año 2005 al 2021)

Tabla 5.3.2. Índice ISCA período 2005 – 2021

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

| 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 2021 todas las estaciones se mantuvieron incambiadas respecto al año anterior, todas en la categoría de Aguas Brutas.

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 octubre del año 2021 se incorporaron 2 estaciones de monitoreo nuevas que corresponden a los cursos de agua que se ubican en las inmediaciones del predio del relleno sanitario: JD3 ubicada sobre el arroyo Juan Díaz y AS1 ubicada sobre la Cañada Chacarita de los Padres.

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

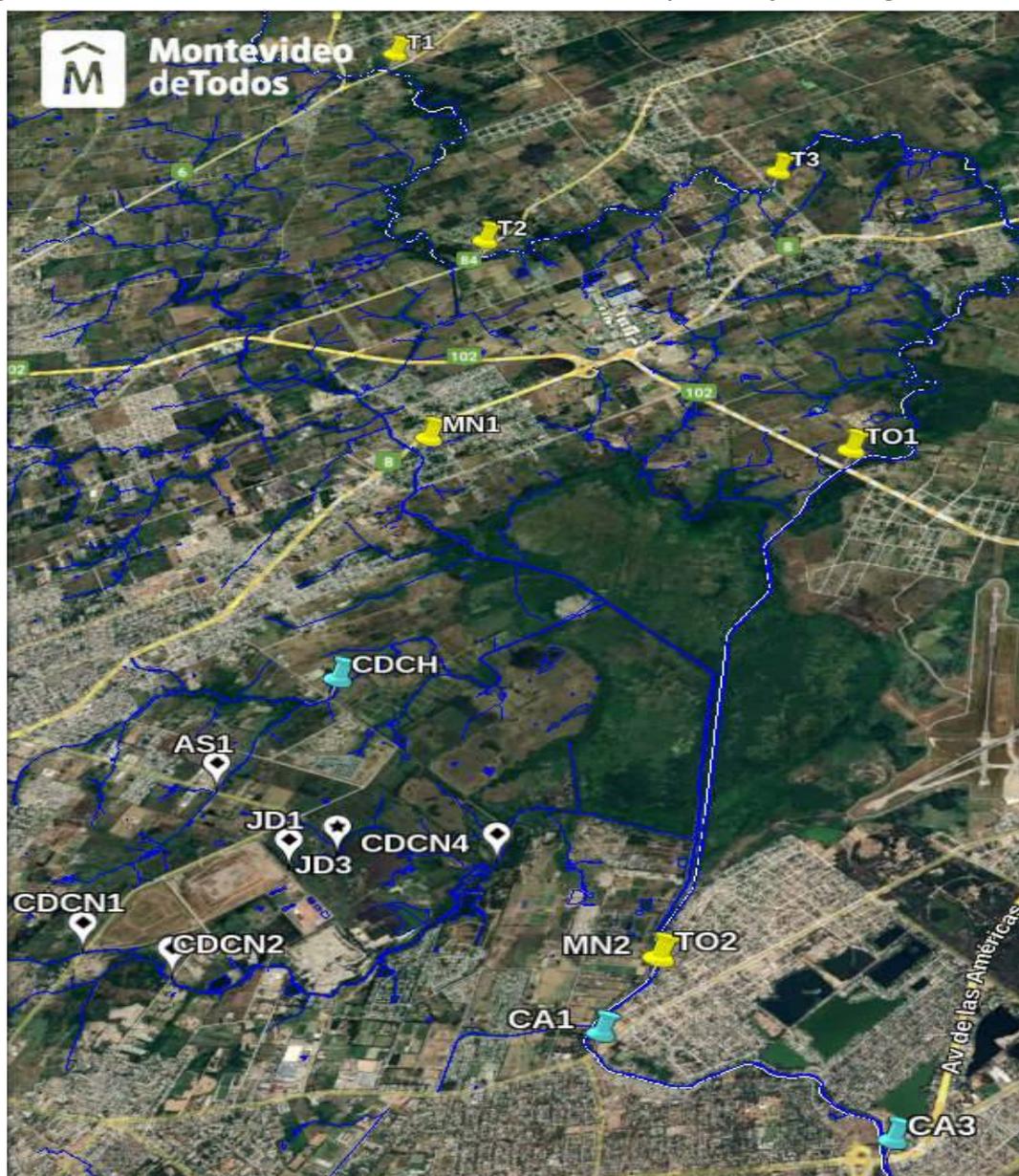


Figura 5.4.1 Estaciones de monitoreo de la Cuenca Aº Carrasco. Fuente Google Earth®

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

Estaciones que se muestrearon 2 veces al año:

- T1: A° Toledo y Av. de las Instrucciones.
- T2: A° Toledo y Cno. Al Paso del Andaluz.
- T3: A° Toledo y Cno. Melchor de Viana.
- TO1: A° Toledo y Ruta N° 102.
- MN1: A° 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
- 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 S. Pintos
- AS1: 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 año 2020.

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, DBO₅, PT, NT, NH₃, Cf, Tensoactivos, Cr y Pb del A° Carrasco 2021.

| Estación de Muestreo | Fecha de Muestreo | OD (mg/L) | DBO (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 | 17/02/2021 | 1,06 | 5 | 1,60 | 9,6 | 0,023 | 0,26 | 3,6E+04 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 07/09/2021 | 3,72 | 2 | 1,09 | 3,3 | 0,003 | 0,23 | 1,3E+04 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 14/12/2021 | 0,08 | 9 | 2,51 | 25,9 | 0,090 | 0,76 | 1,8E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| CA3 | 17/02/2021 | 0,44 | 9 | 2,53 | 14,1 | 0,031 | 0,45 | 2,7E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 07/09/2021 | 1,59 | 7 | 1,42 | 5,3 | 0,021 | 0,31 | 7,4E+04 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 14/12/2021 | 0,07 | 30 | 2,59 | 47,9 | 0,367 | 0,68 | 2,2E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| MN2 | 17/02/2021 | 1,15 | 1 | 1,47 | 10,3 | 0,030 | 0,26 | 7,0E+02 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 07/09/2021 | 4,98 | 1 | 1,30 | 2,7 | 0,007 | 0,23 | 1,6E+02 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 14/12/2021 | 1,37 | 3 | 2,93 | 30,0 | 0,130 | 0,30 | 4,2E+02 | < 0,01 | < 0,03 |
| TO2 | 17/02/2021 | 0,66 | 6 | 2,23 | 3,0 | 0,012 | 0,28 | 2,0E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 07/09/2021 | 3,90 | 1 | 0,93 | 3,6 | 0,005 | 0,22 | 3,0E+04 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 14/12/2021 | 0,07 | 30 | 2,93 | 35,1 | 0,174 | 1,14 | 7,2E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| CDCH | 17/02/2021 | 4,04 | 7 | 1,39 | 10,4 | 0,203 | 0,78 | 4,0E+04 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 07/09/2021 | 3,14 | 8 | 0,80 | 9,2 | 0,053 | 0,89 | 1,4E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| | 14/12/2021 | 0,06 | 70 | 2,92 | 39,0 | 0,560 | 2,68 | 1,8E+06 | < 0,01 | < 0,03 |

Durante el año 2021 todas las estaciones presentan valores de incumplimiento de oxígeno disuelto, fósforo total, nitrógeno total y coliformes fecales (con la excepción de MN2) según la normativa vigente. Por otra parte se registraron valores acordes a la normativa para los metales Cr y Pb en todas las estaciones, y para los parámetros DBO5 y Tensoactivos en la mayoría de los puntos de muestreo.

La estación CDCH ubicada sobre la cañada Chacarita de los Padres, resulta ser la más afectada presentando valores de incumplimiento en prácticamente todos los parámetros durante todo el año. En esta estación a menudo se registra la presencia de espuma y residuos sólidos, que también representan un incumplimiento de las características citadas en la normativa.

Se constató en el muestreo del 14 de diciembre un aumento significativo en los valores de los parámetros DBO5, nitrógeno total y amoníaco libre en las estaciones CA3, TO2 y CDCH. Todos los valores resultaron ser un orden superior a los registrados en los muestreos anteriores.

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 2021).

Tabla 5.4.2. Evolución del índice ISCA desde el año 2005 al 2021

| 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 |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CA1 | 60 | 54 | 57 | 51 | 52 | 54 | 51 | 51 | 52 | 56 | 52 | 53 | 54 | 56 | 57 | 47 | 50 |
| CA3 | 48 | 49 | 53 | 50 | 48 | 51 | 55 | 44 | 51 | 57 | 49 | 53 | 54 | 50 | 54 | 36 | 45 |
| TO2 | 57 | 52 | 58 | 57 | 48 | 53 | 54 | 52 | 53 | 58 | 54 | 54 | 56 | 55 | 57 | 50 | 53 |
| MN2 | 58 | 55 | 55 | 53 | 52 | 54 | 49 | 48 | 49 | 55 | 51 | 53 | 52 | 56 | 57 | 48 | 50 |
| CDCH | 49 | 46 | 42 | 47 | 46 | 50 | 53 | 49 | 49 | 56 | 47 | 40 | 54 | 47 | 54 | 42 | 52 |

| 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 mantiene el deterioro en el índice ISCA para la estación CA3 respecto al año anterior, pero mejora el de la estación CDCH, volviendo a la categoría de Aguas Brutas al igual que el resto de las estaciones.

Tributarios del Arroyo Carrasco

En cuanto a los tributarios de la cuenca se observa durante todo el año 2021 incumplimientos para varios parámetros estudiados en las estaciones de monitoreo (valores en rojo de la Tabla 6.4.3)

Tabla 5.4.3. Concentraciones de OD, DBO₅, PT, NT, NH₃, Cf, en tributarios Cuenca A° Carrasco año 2021.

| | Estación de Muestreo | Fecha de Muestreo | OD (mg/L) | DBO (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 | 17/03/2021 | 0,17 | 27 | 2,07 | 2,1 | 0,013 | 4,3E+04 | - | - |
| | T2 | 17/03/2021 | 2,74 | 2 | 1,72 | 1,7 | 0,009 | 9,0E+02 | - | - |
| | T3 | 17/03/2021 | 4,07 | 2 | 1,34 | 1,3 | 0,011 | 4,0E+03 | - | - |
| | TO1 | 17/03/2021 | 2,44 | 1 | 1,50 | 1,5 | 0,008 | 1,0E+03 | - | - |
| Arroyo Manga | MN1 | 17/03/2021 | 6,27 | 5 | 1,27 | 1,3 | 0,041 | 5,0E+04 | - | - |
| Cañada Canteras | CDCN1 | 21/07/2021 | 0,70 | 34 | 2,56 | 11,1 | 0,072 | 4,1E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| | | 19/10/2021 | 0,14 | 60 | 2,55 | 34,8 | 0,127 | 6,9E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| | CDCN2 | 21/07/2021 | 0,71 | 33 | 2,40 | 11,0 | 0,187 | 2,1E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| | | 19/10/2021 | 0,13 | 60 | 3,09 | 47,1 | 0,667 | 9,1E+05 | < 0,01 | < 0,03 |
| | CDCN4 | 21/07/2021 | 5,99 | 4 | 1,05 | 6,8 | 0,019 | 8,0E+02 | < 0,01 | < 0,03 |
| | | 19/10/2021 | 2,72 | 4 | 1,68 | 22,0 | 0,158 | 1,0E+03 | < 0,01 | < 0,03 |
| Arroyo Juan Díaz | Lix-JD1 | 21/07/2021 | 1,34 | 18 | 4,88 | - | 0,749 | 1,0E+03 | 0,08 | < 0,03 |
| | | 19/10/2021 | 0,06 | 120 | 9,28 | 321 | 4,81 | 4,1E+04 | 0,30 | 0,062 |
| | JD3 | 26/10/2021 | 0,06 | 150 | 11,94 | 660 | 69,5 | 4,5E+04 | 0,37 | < 0,03 |
| Cda. Chacarita | AS1 | 19/10/2021 | 6,89 | 4 | 0,29 | 5,2 | 0,015 | 2,4E+03 | < 0,01 | < 0,03 |

Todas las estaciones de monitoreo registraron valores de incumplimiento para fósforo total.

Las estaciones sobre el tramo superior del arroyo Toledo presentan valores de DBO₅ Nitrógeno total y amoníaco libre acordes a la normativa prácticamente durante todo el año.

Durante el año 2021 en la cañada de las Canteras se registran valores de incumplimiento para todos los parámetros (exceptuando metales Cr y Pb) en las estaciones CDCN1 y CDCN2. Al igual que años anteriores se continua registrando la presencia de residuos sólidos principalmente en las estaciones CDCN1 y CDCN2, que no sólo impiden el flujo normal del curso, sino que además también representa un incumplimiento de las características establecidas en la normativa vigente.

En cuanto a las estaciones de monitoreo sobre el arroyo Juan Díaz (LIX-JD1 y JD3), ubicadas detrás del predio de la Usina 8, se reiteran las condiciones de deterioro de años anteriores. A este curso de agua llegan lixiviados provenientes de la Usina de Disposición Final de Residuos, que no han sido canalizados hacia la planta de tratamiento inaugurada en el año 2013. Durante el año 2021, todos parámetros analizados en estas estaciones de monitoreo presentan valores de incumplimiento respecto a la normativa vigente (a excepción de algunos valores de plomo).

Respecto a la estación AS1, se registraron valores superiores a los límites de la normativa para Fósforo total, Nitrógeno total y Coliformes fecales, el resto de los parámetros analizados cumplen con el Decreto 253/79.

5.5 ARROYO SAN GREGORIO, ARROYO MELILLA Y AFLUENTES

El arroyo San Gregorio es un afluente del Río Santa Lucía y en su cuenca están asentadas algunas industrias y establecimientos agropecuarios que vierten sus efluentes directamente a este curso de agua o a algún afluente de éste. Para evaluar la calidad de sus aguas así como la de sus principales afluentes, se realizan dos campañas de monitoreo anuales que abarcan desde las nacientes del curso de agua (a la altura de Cno. Anaya), hasta la estación ubicada en Cno. Los Camalotes. Se monitorean con una frecuencia bi-anual ocho estaciones: cuatro que corresponden al curso principal del A° San Gregorio, dos sobre afluentes del mismo, una estación sobre el arroyo Melilla y otra sobre un afluente del mismo (figura 5.5.1).

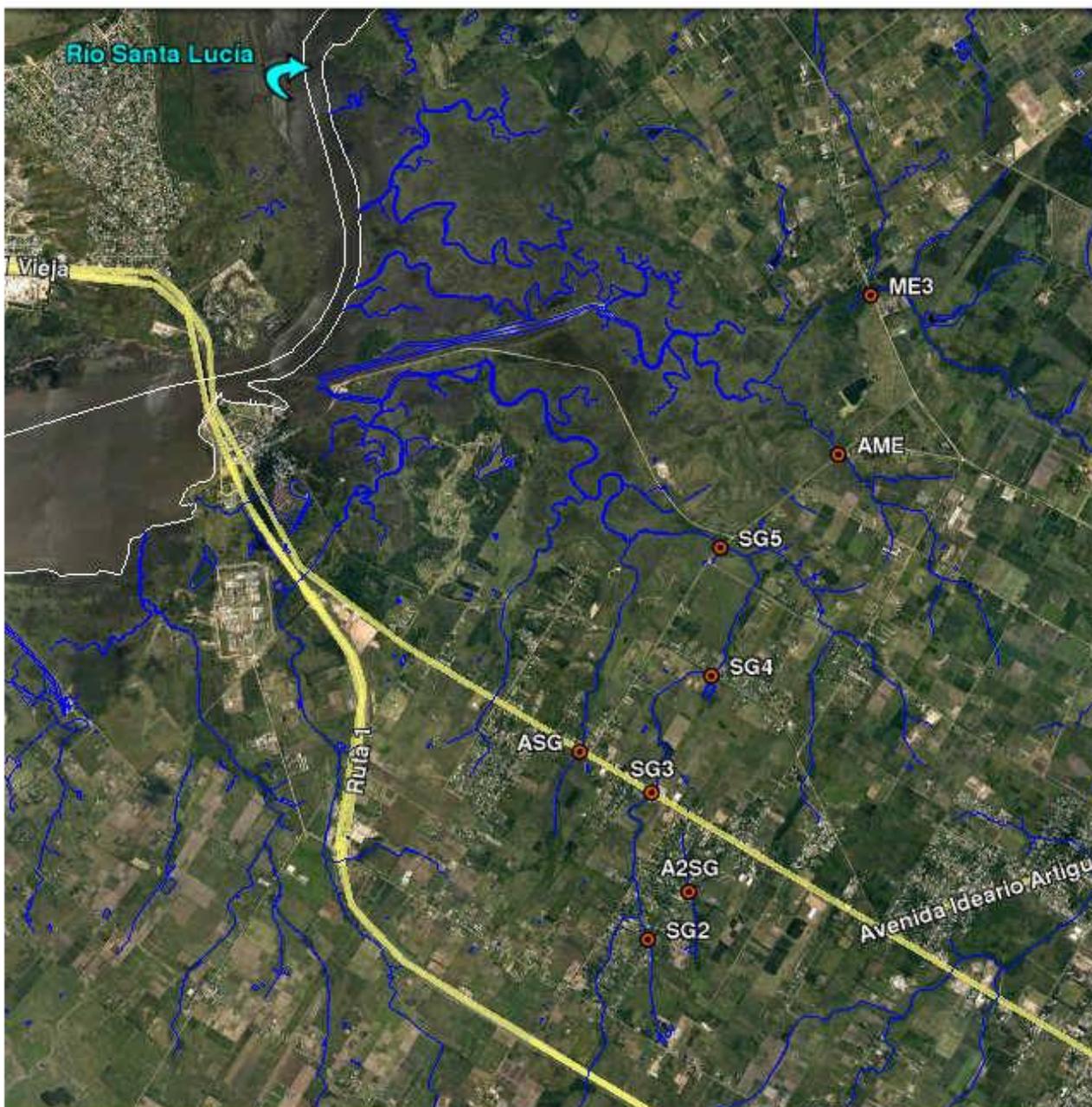


Figura 5.5.1. Estaciones de monitoreo A° San Gregorio – A° Melilla y afluentes. Fuente Google Earth®

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 (DBO₅), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH₃) 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, DBO₅, PT, NT, NH₃, Cf. A° San Gregorio-A° Melilla y tributarios 2021.

| | Estación de Muestreo | Fecha de Muestreo | OD (mg/L) | DBO (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 | 10/03/2021 | 0,08 | 58 | 8,97 | 100,2 | 2,45 | 7,2E+05 |
| | | 28/12/2021 | 0,33 | 53 | 3,43 | 85,3 | 5,05 | 5,4E+05 |
| | SG3 | 10/03/2021 | 0,55 | 9 | 5,04 | 81,9 | 2,80 | 8,6E+04 |
| | | 28/12/2021 | 0,10 | 13 | 3,32 | 99,0 | 2,13 | 4,2E+04 |
| | SG4 | 10/03/2021 | 4,43 | 10 | 3,66 | 68,1 | 2,00 | 2,5E+04 |
| | | 28/12/2021 | 2,57 | 68 | 2,88 | 9,8 | 0,23 | 9,2E+06 |
| | SG5 | 10/03/2021 | 1,15 | 6 | 4,15 | 49,8 | 1,19 | 1,4E+04 |
| | | 28/12/2021 | 3,66 | 11 | 2,92 | 53,4 | 2,83 | 1,6E+04 |
| | ASG | 10/03/2021 | 0,18 | 10 | 0,24 | 4,8 | 0,010 | 1,0E+03 |
| | | 28/12/2021 | 0,58 | 16 | 2,05 | 29,6 | 0,53 | 2,2E+03 |
| A2SG | 28/12/2021 | 0,08 | 16 | 1,02 | 4,8 | 0,006 | 3,8E+02 | |
| Arroyo Melilla y Afluente | ME3 | 10/03/2021 | 0,29 | 6 | 0,21 | 1,3 | 0,007 | 1,7E+03 |
| | | 28/12/2021 | 0,26 | 7 | 0,41 | 1,0 | 0,006 | 1,6E+03 |
| | AME | 10/03/2021 | 5,11 | 2 | 0,33 | 1,4 | 0,006 | 1,0E+02 |
| | | 28/12/2021 | 2,60 | 2 | 0,21 | 1,3 | 0,005 | 1,5E+03 |

En las 2 campañas de muestreo realizadas durante el 2021 los parámetros OD, fósforo total, nitrógeno total, amoníaco libre y coliformes fecales incumplieron los límites de la normativa vigente para todas las estaciones de muestreo del arroyo San Gregorio (SG2, SG3, SG4 y SG5).

Se reitera la tendencia de años anteriores: un alto grado de afectación en las nacientes del arroyo y una leve mejoría de la calidad del agua hacia las demás estaciones, desde SG2 hasta SG5, pero aún registrándose valores que no cumplen con los límites de la normativa.

Por otra parte en las estaciones de monitoreo del arroyo Melilla (ME) y afluente (AME) se registraron valores de incumplimiento sólo para los parámetros oxígeno disuelto y fósforo total. Para los demás parámetros se registraron valores que cumplen con los límites del Decreto 253/79.

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 por el Servicio ECCA mediante dos monitoreos anuales en el tramo que no está entubado (entre Isla de Gaspar y Avenida Estanislao López), (Figura 5.6.1.1).

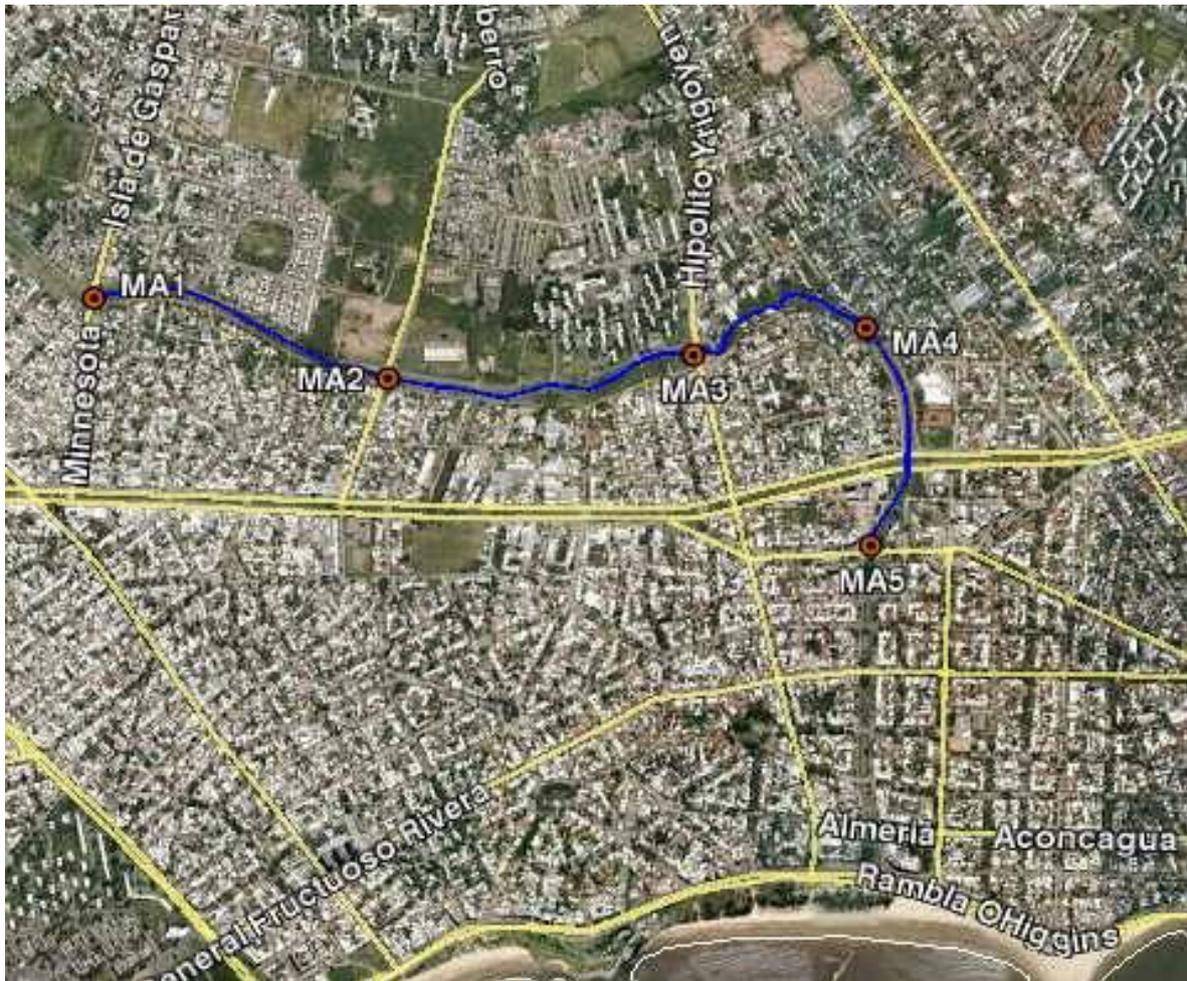


Figura 5.6.1.1. Estaciones de monitoreo del Arroyo Malvín. Fuente Google Earth®

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 (DBO₅), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH₃) 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, PT, NT, NH₃, Cf. A° Malvín año 2021.

| Estación de Muestreo | Fecha de Muestreo | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | Fósforo Total (mg/L P) | Nitrógeno Total (mg N/L) | Amoníaco Libre (mg N/L) | Coliformes Fecales (ufc/ 100mL) |
|----------------------|-------------------|-----------|------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| MA1 | 07/01/2021 | 0,05 | 41 | 2,08 | 28,0 | 0,419 | 8,3E+06 |
| | 29/09/2021 | 0,07 | 55 | 2,90 | 33,9 | 0,417 | 7,6E+05 |
| MA2 | 07/01/2021 | 0,76 | 20 | 1,47 | 17,2 | 0,249 | 9,7E+05 |
| | 29/09/2021 | 3,97 | 17 | 1,91 | 25,0 | 0,230 | 3,0E+05 |
| MA3 | 07/01/2021 | 2,73 | 14 | 1,64 | 17,4 | 0,347 | 1,1E+06 |
| | 29/09/2021 | 5,25 | 18 | 1,91 | 24,7 | 0,335 | 6,2E+04 |
| MA4 | 07/01/2021 | 4,40 | 9 | 1,43 | 15,7 | 0,387 | 5,8E+05 |
| | 29/09/2021 | 6,17 | 18 | 1,96 | 21,6 | 0,523 | 4,2E+04 |
| MA5 | 07/01/2021 | 8,25 | 12 | 1,35 | 15,3 | 0,795 | 2,9E+05 |
| | 29/09/2021 | 12,40 | 12 | 1,82 | 28,7 | 1,009 | 1,6E+03 |

Se mantiene el deterioro sostenido de la calidad del agua del arroyo Malvín reportada en años anteriores. En el año 2021 se registraron valores de incumplimiento para prácticamente todos los parámetros y en todas las estaciones. Se registraron valores de oxígeno disuelto acordes a la normativa en MA5 en ambos muestreos y en MA3 y MA4 en la campaña de setiembre.

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).

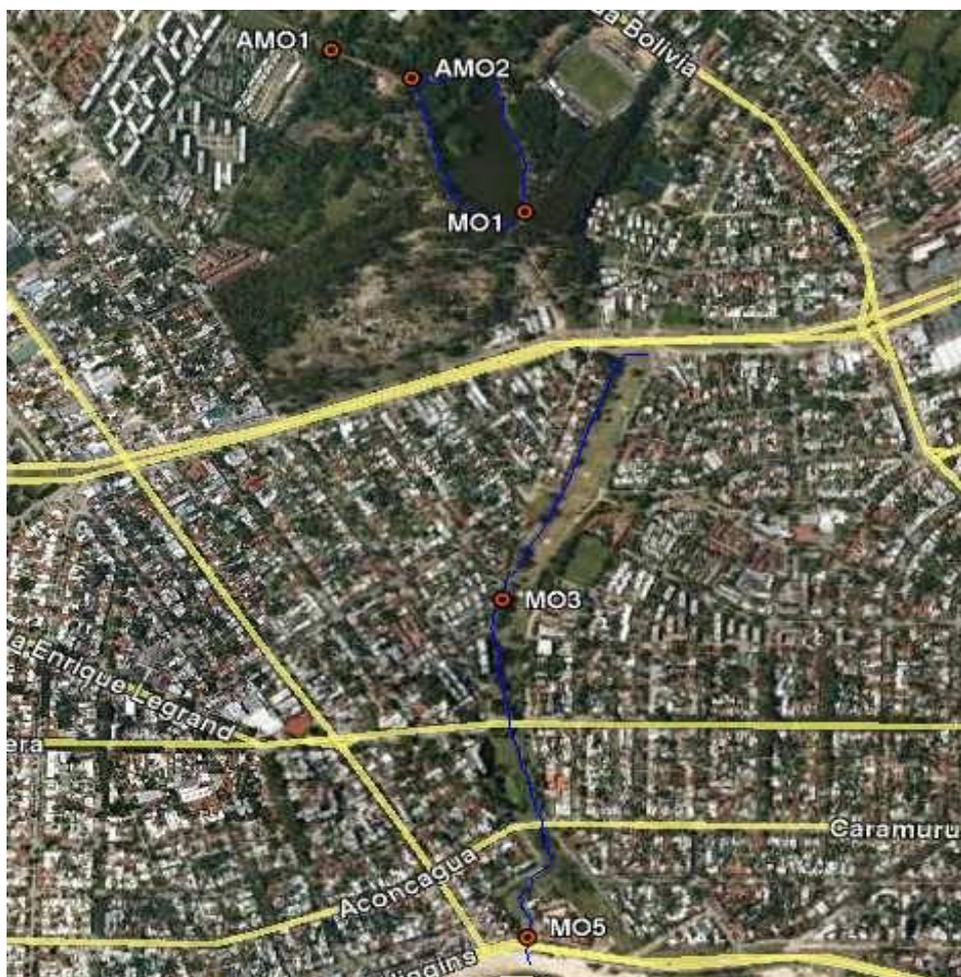


Figura 5.6.1.2. Estaciones de monitoreo del A° Molino. Fuente Google Earth®

Estaciones de muestreo

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

En la Tabla 5.6.1.2 se muestran los valores de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH₃) y coliformes fecales (Cf) determinados en el año 2021. 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, PT, NT, NH₃, Cf. A° Molino y afluentes (2021)

| Estación de Muestreo | Fecha de Muestreo | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | Fósforo Total (mg/L P) | Nitrógeno Total (mg N/L) | Amoníaco Libre (mg N/L) | Coliformes Fecales (ufc/100mL) |
|----------------------|-------------------|-----------|------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| AMO1 | 14/01/2021 | 1,80 | 4 | 1,18 | 3,8 | 0,006 | 7,2E+03 |
| | 13/10/2021 | 0,16 | 70 | 3,17 | 32,6 | 0,107 | 4,5E+05 |
| AMO2 | 14/01/2021 | 0,12 | 3 | 0,97 | 1,6 | 0,002 | 6,4E+02 |
| | 13/10/2021 | 0,14 | 70 | 3,21 | 39,5 | 0,164 | 5,7E+05 |
| MO1 | 13/10/2021 | 5,16 | 14 | 2,25 | 10,7 | 0,099 | 4,1E+03 |
| MO3 | 14/01/2021 | 1,78 | 3 | 0,55 | 4,4 | 0,011 | 1,1E+03 |
| | 13/10/2021 | 3,03 | 5 | 1,38 | 5,0 | 0,005 | 1,4E+02 |
| MO5 | 14/01/2021 | 6,65 | 3 | 0,51 | 1,4 | 0,015 | 5,2E+02 |
| | 13/10/2021 | 10,38 | 7 | 1,04 | 9,2 | 0,028 | 5,4E+02 |

Al igual que el año anterior, en el año 2021 se observaron valores de incumplimiento para fósforo total, y nitrógeno total en casi todas las estaciones, registrándose en algunas ocasiones concentraciones de nitrógeno total que exceden en un orden el límite de la normativa de referencia. Para los demás parámetros los valores varían según la época del año y la estación de monitoreo.

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 que comprenden los tributarios del Río de la Plata, zona Oeste.

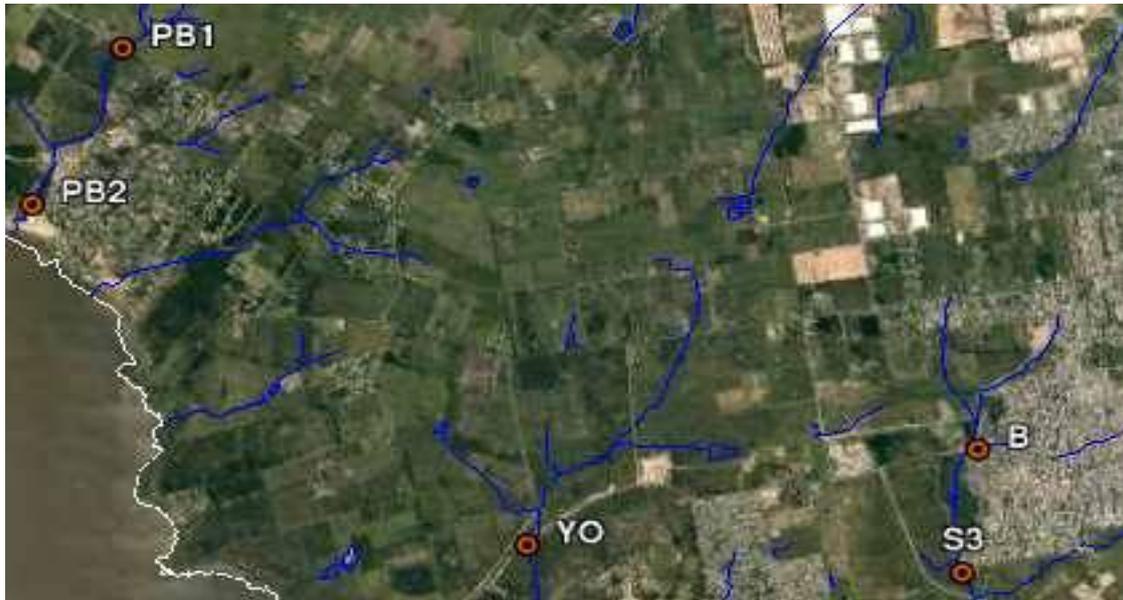


Figura 5.6.2.1. Estaciones de monitoreo de las cañadas de playas del Oeste. Fuente Google Earth®

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 (DBO₅), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amoníaco libre (NH₃) 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, PT, NT, NH₃, Cf. Cdas. Playas del Oeste (2021)

| | Estación de Muestreo | Fecha de Muestreo | OD (mg/L) | DBO (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 | 11/02/2021 | 1,75 | 24 | 2,70 | 3,2 | 0,015 | 7,8E+03 |
| | PB2 | 11/02/2021 | 0,82 | 1 | 1,43 | 3,7 | 0,003 | 3,5E+02 |
| Cañada Punta Yeguas | YO | 11/02/2021 | 5,99 | - | 1,28 | 4,9 | 0,012 | 1,0E+04 |
| Cañada Bélgica | B | 11/02/2021 | 11,67 | 8 | 1,31 | 12,1 | 1,384 | 4,9E+04 |
| Cañada Playa Dellazoppa | S3 | 11/02/2021 | 3,22 | 7 | 1,84 | 11,2 | 0,158 | 4,4E+04 |

Durante el 2021 sólo se pudo realizar una campaña de monitoreo en el mes de febrero. Se registraron valores superiores a los límites de la normativa para los parámetros fósforo total, nitrógeno total y coliformes fecales (con la excepción del punto PB2).

Para los demás parámetros se registraron algunos valores acordes a la normativa y otros de incumplimiento según el punto de muestreo.

5.7 BIOENSAYOS

Arroyo Miguelete

Se realizaron determinaciones sobre los puntos M1, M5 y M8, en verano e invierno. Los resultados de las muestras extraídas del arroyo Miguelete en el año 2021 se presentan en la Tabla 5.7.1

Hydra es el organismo de ensayo más afectado, con valores de UT que llegan al nivel muy tóxico en el sitio M5 para la mediana de verano (Tabla 6.7.1). Por otra parte, no se observó toxicidad en M1 y en el sitio M8 se encontró en un rango de moderado a muy tóxico. Respecto de los antecedentes de *Hydra* en el arroyo Miguelete se observó un incremento de la toxicidad respecto de 2020, pero que está dentro de las variaciones ya observadas en este arroyo.

Los demás ensayos (*Daphnia* y *Vibrio*) mantienen 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 2021. Se indica mediana (mínimo – máximo) en los casos donde la muestra fue mayor a uno.

| Sitios | Estación | <i>Hydra</i> (UT) | <i>Daphnia</i> (UT) | <i>Vibrio</i> (UT) |
|--------|----------|-------------------|---------------------|--------------------|
| M1 | Verano | 1,0 (1,0 – 1,0) | 1,0 (1,0 – 1,0) | 1,0 (1,0 – 1,0) |
| | Invierno | 1,0 | 1,0 | 1,00 |
| M5 | Verano | 9,5 (3,0 – 16,0) | 1,1 (1,0 – 1,2) | 1,0 (1,0 – 1,0) |
| | Invierno | 3,0 | 1,2 | 1,00 |
| M8 | Verano | 3,5 (2,8 – 4,1) | 1,3 (1,0 – 1,6) | 1,0 (1,0 – 1,0) |
| | Invierno | 1,4 | 1,0 | 1,00 |

Arroyo Pantanoso

Se realizaron determinaciones sobre los puntos P1, P5 y P8, en verano e invierno, para el arroyo Pantanoso en 2021. Los resultados de las muestras extraídas 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 (Tabla 5.7.2). Todos los puntos relevados presentan toxicidad en el rango tóxico a muy tóxico con dicha especie.

Tabla 5.7.2. Resultados de los bioensayos realizados en agua del arroyo Pantanoso en el año 2021. Se indica mediana (mínimo – máximo) en los casos donde la muestra fue mayor a uno.

| Sitios | Estación | <i>Hydra</i> (UT) | <i>Daphnia</i> (UT) | <i>Vibrio</i> (UT) |
|--------|----------|-------------------|---------------------|--------------------|
| P1 | Verano | 7,5 (5,3 – 9,7) | 1,0 (1,0 – 1,0) | 1,1 (1,0 – 1,2) |
| | Invierno | 2,3 | 1,0 | 1,2 |
| P5 | Verano | 4,6 (3,9 – 5,3) | 1,0 (1,0 – 1,0) | 1,1 (1,0 – 1,2) |
| | Invierno | 4,0 | 1,0 | 1,2 |
| P8 | Verano | 3,6 (2,8 – 4,4) | 1,1 (1,0 – 1,2) | 1,0 |
| | Invierno | 3,2 | 1,0 | 1,0 |

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. La toxicidad ha sido variable en la serie histórica manteniéndose en niveles tóxicos o muy tóxicos para todo el registro de ensayos con *Hydra*.

Arroyo Las Piedras

Se realizaron determinaciones sobre los puntos LP1, LP3 y LP5, en verano e invierno. Los resultados de las muestras extraídas para el arroyo Las Piedras en el año 2021 se presentan en la Tabla 5.7.3.

Con el ensayo de *Hydra* se observan valores muy tóxicos en todos los sitios, siendo un resultado de peor calidad toxicológica que el observado en 2020. La tendencia muestra un deterioro sostenido en los últimos 6 años. Sin embargo, *Daphnia* y *Vibrio* mantienen valores predominantemente no tóxicos.

Dado que se conoce la mayor sensibilidad de *Hydra* a la contaminación derivada de la degradación de la materia orgánica, es esta 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 2021. Se indica mediana (mínimo – máximo) en los casos donde la muestra fue mayor a uno.

| Sitios | Estación | <i>Hydra</i> (UT) | <i>Daphnia</i> (UT) | <i>Vibrio</i> (UT) |
|--------|----------|-------------------|---------------------|--------------------|
| LP1 | Verano | 5,7 | 1,0 | 1,0 (1,0 – 1,0) |
| | Invierno | 5,7 | 1,0 | 1,0 |
| LP3 | Verano | 5,70 | 1,2 | 1,0 (1,0 – 1,0) |
| | Invierno | 6,7 | 1,0 | 1,0 |
| LP5 | Verano | 10,3 | 1,0 | 1,0 (1,0 – 1,0) |
| | Invierno | 5,7 | 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 2021.

Por segundo año consecutivo, con la excepción de TO2 en invierno, los demás sitios presentan un aumento de toxicidad relevante en el ensayo de *Hydra*. Particularmente, en verano *Hydra* mostró valores en el rango tóxico a muy tóxico.

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

Tabla 5.7.4. Resultados de los bioensayos realizados en agua del arroyo Carrasco en el año 2021. Se indica mediana (mínimo – máximo) en los casos donde la muestra fue mayor a uno.

| Sitios | Estación | <i>Hydra</i> (UT) | <i>Daphnia</i> (UT) | <i>Vibrio</i> (UT) |
|--------|----------|-------------------|---------------------|--------------------|
| CA3 | Verano | 10,6 (5,3 - 16) | 1,0 (1,0 – 1,0) | 1,0 (1,0 – 1,0) |
| | Invierno | 1,7 | 1,0 | 1,0 |
| MN2 | Verano | 5,5 (5,3 – 5,7) | 1,0 (1,0 – 1,0) | 1,0 (1,0 – 1,0) |
| | Invierno | 1,20 | 1,0 | 1,0 |
| TO2 | Verano | 3,9 (2,3 – 5,4) | 1,0 (1,0 – 1,0) | 1,0 (1,0 – 1,0) |
| | Invierno | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

Como consideración final se destaca que la serie histórica hasta 2019 para este curso de agua mostraba valores no tóxicos o levemente tóxicos. Los resultados observados para *Hydra* en los años 2020 y 2021 presentan un aumento de toxicidad importante respecto a años anteriores, particularmente en verano. Por lo tanto, los resultados observados indican un cambio relevante en la calidad de agua de dicho curso que se mantiene por dos años consecutivos.

6 CONSIDERACIONES FINALES

Durante el año 2021 se han mantenido las características informadas en los años anteriores, no evidenciándose mejoras en la calidad de las aguas de los cursos de Montevideo, salvo en algunas estaciones del Arroyo Pantanoso.

En la figura 6.1 se grafican para el período 2005 – 2021 el porcentaje de veces que la calidad del agua de cada estación de monitoreo permaneció en las diferentes categorías que establece el ISCA:

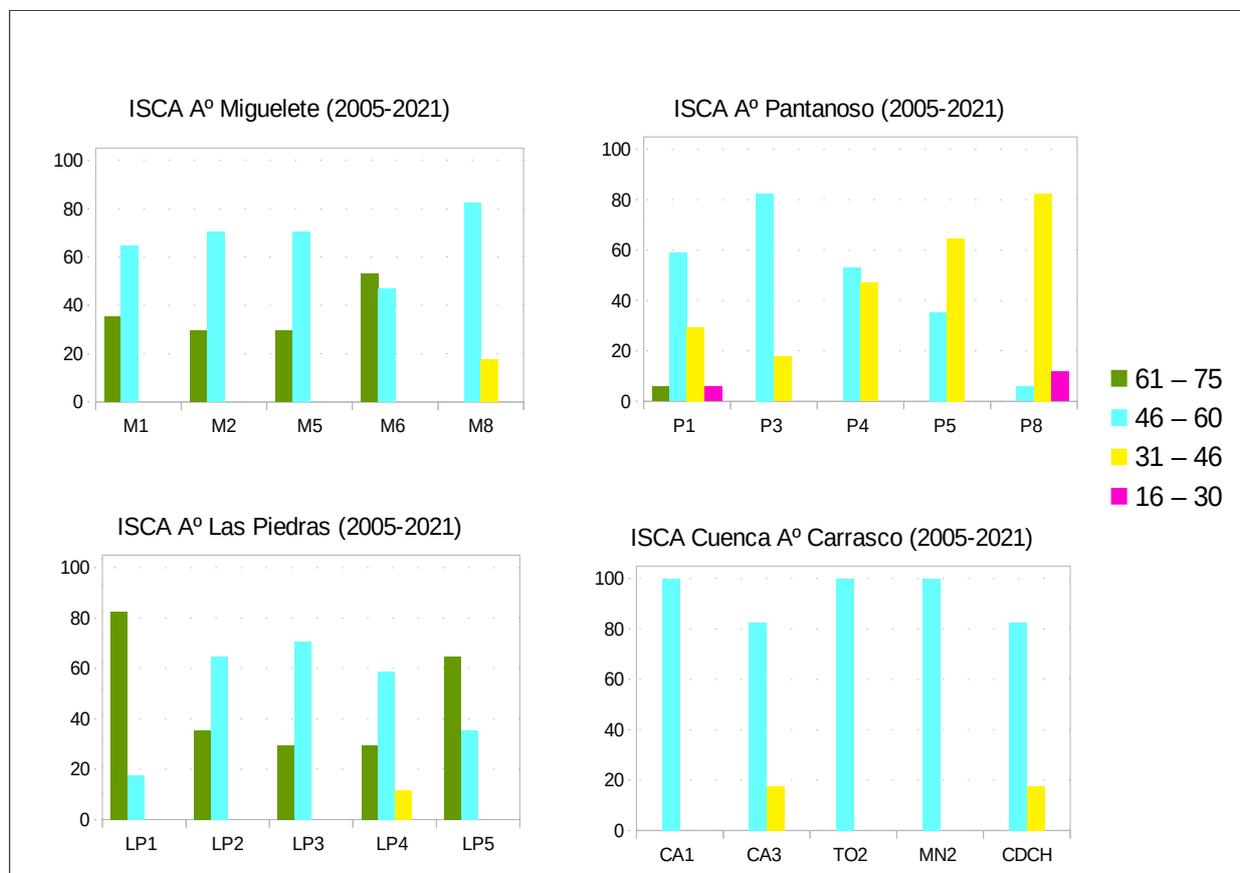


Figura 6.1. Porcentaje de ocurrencia de categorías según ISCA en Cuencas Mayores (2005-2021)

Las estaciones cuya calidad se ha visto más deteriorada en el período 2005-2021:

- Para el arroyo Miguelete la ubicada en su desembocadura en la bahía de Montevideo (M8), el 18% 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 82% de las veces, incluso su categoría fue de Agua Residual Diluida el 12% 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 65%, 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 12% 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.

Respecto a el Índice de Calidad utilizado hasta el presente Informe (ISCA), se está considerando su actualización a partir de información internacional. Este cambio implicaría además, re calcular el índice seleccionado al menos 5 años hacia atrás para construir un histórico de las evaluaciones.

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 del Departamento de Montevideo si bien inicialmente surge como un componente del Plan de Saneamiento Urbano, actualmente está alineado y contribuye con algunos de objetivos del plan estratégico institucional vigente.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Castillo-Morales, G. (Ed.)(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 (2016) - Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Serie Recursos Naturales e Infraestructura N° 178. Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe. Peña, H. Publicación de las Naciones Unidas ISSN 1680-9017. 57 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.

IPCC (2021). Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

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.

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.

PNUMA, 2017. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Estrategia sobre el agua dulce 2017-2021. Nairobi (Kenya). Source Water Protection. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.

- PNUMA (2021). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2021). "Hacer las paces con la naturaleza: Plan científico para hacer frente a las emergencias del clima, la biodiversidad y la contaminación". Nairobi. <https://www.unep.org/resources/making-peace-nature>
- 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^{era} Edición.
- 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 (2017). Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition. ISBN 978-087553-287-5.
- 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. 12Pp
- 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.

8 LISTADO DE ABREVIATURAS

- CE – Conductividad Eléctrica
- CEPAL – Comisión Económica para América Latina y el Caribe
- Cr – Cromo
- DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxígeno
- DL 50 – Dosis letal 50%
- ECCA – Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental
- IM – Intendencia de Montevideo
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
- ISCA – Índice Simplificado de Calidad de Agua
- NH₃ – Amoníaco libre

NT – Nitrógeno Total

OD – Oxígeno Disuelto

ODS – Objetivos de Desarrollo Sostenible

Pb – Plomo

PT – Fósforo Total

PNUMA – Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente

SMEWW – Standard Methods for de Examination of Water and Wastewater

UFC – Unidades Formadoras de Colonias

UNESCO – United Nations Educational Scientific and Cultural Organization

USEPA - United States Environmental Protection Agency

UT – Unidades de Toxicidad