



PLAN DE MANEJO SUSTENTABLE Y CONSERVACIÓN

Informe de Avances Julio 2020

Respuesta a Observaciones realizadas en Cedula PD-2020-13691701-GDEBA-
SSTAYLOPDS

ANEXO 15

Plan de Manejo y Gestión de los Espejos de Agua Pueblos del Plata

Flavio Canchero
Apoderado
Pueblos del Plata

EcoSystems®

Mantenimiento de Lagos y Lagunas

PLAN MAESTRO PARA LA GESTIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS ESPEJOS DE AGUA

PUEBLOS DEL PLATA



Elaborado por: Licenciado Julián P. Romero

Mat.: B – BI – 599

Limnólogo EcoSystems

Mg. Evaluación Ambiental de Sistemas Hidrológicos – UNLP



EcoSystems®

Mantenimiento de Lagos y Lagunas

PROGRAMA DE MONITOREO ANUAL DE LOS ESPEJOS DE AGUA

PUEBLOS DEL PLATA

Ley N° 12.257 / Autoridad del Agua (ADA) – Provincia de Buenos Aires – Argentina

METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO Y CALIDAD DEL AGUA DE LAS LAGUNAS EN PUEBLOS DEL PLATA

TABLA DE CONTENIDOS.

- I. Introducción**
- II. Objetivo general**
- III. Objetivos específicos**
- IV. Consideraciones iniciales**
- V. Generalidades del área de estudio**
 - 1. Espejo de agua.**
 - 2. Inventario de flora y fauna.**

CAPITULO I

PROGRAMA DE MONITOREO

- 1. Parámetros de análisis mensual**
- 2. Parámetros de análisis Trimestral**
- 3. Parámetros de análisis anual**

CAPITULO II

METODOLOGÍAS

- 1. Selección de las estaciones de muestreo**
- 2. Análisis físico – químicos**
- 3. Análisis biológicos - plancton**
 - 3.1. Protocolos de muestreo y análisis.**
 - 3.2. Frecuencia de Muestreo.**
 - 3.3. Muestreo de plancton (Fitoplancton – Zooplancton).**
 - 3.4. Técnicas de toma de muestras.**
 - 3.5. Conservación /pretratamiento de las muestras.**
 - 3.6. Técnicas de análisis.**
 - 3.7. Identificación.**
 - 3.8. Técnicas de recuento y medidas.**
 - 3.9. Índices de Estado Trófico y Calidad del Agua.**
- 4. Método para el análisis de pigmentos**
- 5. Método para la determinación de DQO**
- 6. Macrófitas acuáticas**
 - 6.1. Protocolos de Muestreo y Análisis.**
 - 6.2. Relevamiento De Vegetación.**
 - 6.3. Equipos De Muestreo.**
- 7. Referencias**

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de emprendimientos urbanísticos proyectados y/o ejecutados dentro del territorio de la Provincia de Buenos Aires y particularmente en el Área Metropolitana de Buenos Aires, presentan entre sus características y atractivos paisajísticos la implantación de espejos de agua artificiales con carácter ornamental, para uso recreativo pasivo y/o para la práctica de deportes náuticos.

Dados los impactos generados y las constantes presiones que se ejercen sobre los sistemas hidrológicos en la región, tanto en fuentes de agua superficiales como subterráneas por contaminación y sobreexplotación, la Autoridad del Agua (ADA) y la OPDS han establecido un marco de actuación en el ámbito de la política de aguas que permite regular el uso y manejo de los recursos hídricos, particularmente en la implantación de lagunas artificiales en emprendimientos urbanos. El objetivo se centra en proteger y mantener un control sobre la calidad ecológica de estos sistemas desde un enfoque integral, empleando para ello herramientas de calidad físico químicas y biológicas.

Parte del área del **Proyecto Pueblos del Plata (PdP)** ha sido alcanzada por la ley provincial 14.888 de protección ambiental de bosques nativos. En ese contexto Pueblos del Plata, ha incorporado el compromiso de comenzar a desarrollar sus actividades en armonía con su entorno natural, promoviendo el cuidado y la protección del medio ambiente, minimizando y reduciendo los impactos ambientales negativos propios de la actividad.

Para poder cumplir con esto, han elaborado una Política Ambiental, cuya principal acción es la regeneración de la biodiversidad a través de la forestación y ejecución de corredores biológicos dentro del emprendimiento con plantas nativas, siendo las lagunas y sus áreas de influencia puntos focales en este proyecto.

La **Declaración Ambiental de Pueblos del Plata** radica en: *“asumir el compromiso de trabajar a favor del uso sostenible de los recursos naturales y buscar la mejor implementación y las herramientas de gestión que permitan evitar, o reducir y mitigar el impacto ambiental de este desarrollo”*. EcoSystems® como empresa dedicada a la gestión, restauración y mantenimiento de ecosistemas acuáticos está comprometida con la **Declaración Ambiental de Pueblos del Plata**

En esta misma vía, es necesario mencionar que un área del proyecto se encuentra alcanzada por la Ley Provincial 14.888 y por la Ley Nacional 26.331 de presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. El Marco legal específico para los bosques nativos del área del **Proyecto Pueblos del Plata** fue desarrollado en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) presentado. Es por esto por lo que el PdP ha desarrollado el **Plan de Manejo Sustentable y Conservación (PMS)** el cual incorpora las premisas tendientes a gestionar los impactos y riesgos sobre los bosques y a maximizar las oportunidades para su desarrollo y conservación, que fueron identificados a partir del EIA.

La Gestión Biológica Integral de las lagunas se ajustará plenamente al PMS, estableciendo un esquema para la protección de las aguas superficiales y subterráneas, que prevenga todo deterioro adicional, proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos, promueva el uso sostenible del agua, garantice la disminución paulatina de las fuentes de contaminación en los acuíferos y contribuya a paliar los impactos negativos ocasionados por la implantación de espejos de agua artificiales. Para ello es necesario diseñar e implementar un programa de monitoreo anual que permita determinar el estado ecológico y de calidad del cuerpo de agua.

Este documento tiene como objetivo planificar y desarrollar las metodologías a emplear en el monitoreo de los ecosistemas acuáticos, estableciendo parámetros de muestreo y análisis biológicos, físico – químicos y bacteriológicos, que permitan determinar la calidad del agua a partir del estado ecológico. El primer capítulo está dedicado al programa de monitoreo, los contenidos incluyen cada uno de los parámetros a evaluar en tiempo y área de estudio. El segundo capítulo está dedicado a la descripción del marco metodológico que se empleará en la determinación y análisis de los parámetros más relevantes.

Se presenta de manera descriptiva el programa de caracterización y monitoreo de los cuerpos de agua presentes en **Pueblos del Plata**, adelantado por **EcoSystems®** conforme lo estipula la reglamentación ADA – OPDS. Los procedimientos de muestreo y análisis recomendados y presentados en este documento están basados en metodologías estandarizadas y de amplia utilización.

II. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar un programa de monitoreo anual para determinar el estado ecológico y calidad del agua en las lagunas de Pueblos del Plata. Con el ánimo de dar cumplimiento a los requerimientos establecidos por la Autoridad del Agua (ADA) y OPDS para el manejo y control de lagos y lagunas de uso ornamental y recreativo en emprendimientos urbanos de la Provincia de Buenos Aires.

III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar un diagnostico del estado biológico y físico – químico de los cuerpos de agua monitoreados.
- Diseñar y aplicar un programa de monitoreo anual, para el seguimiento del estado ecológico de los espejos de agua.
- Establecer indicadores de gestión para la implementación y el cumplimiento eficiente de las diferentes acciones, tendientes a optimizar la calidad y el estado de los cuerpos de agua monitoreados.

IV. CONSIDERACIONES INICIALES

Con el objeto de realizar la caracterización biológica y físico – química de los cuerpos de agua, que permita determinar su estado ecológico y de calidad, se elabora el siguiente documento, cuyo enfoque se basa en el análisis integral de aspectos físico – químicos y elementos de calidad biológicos. Para cumplir con los objetivos planteados, es necesario el relevamiento de cada uno de los parámetros seleccionados, en diferentes periodos del año, que sean representativos del comportamiento y las condiciones de los espejos de agua.

La aplicación de la reglamentación ADA – OPDS requiere la identificación de elementos de calidad biológica, parámetros y métricas, que permitan establecer el estado ecológico en los sistemas acuáticos.

Se ha abordado este trabajo a partir de la realización de las siguientes tareas:

- Selección de los elementos de calidad biológica, parámetros y métricas más adecuados para establecer el estado ecológico en las lagunas.
- Identificación de directrices relativas a los elementos de calidad biológica y parámetros seleccionados que faciliten el diseño del programa de monitoreo.
- Aplicación de los protocolos de muestreo, identificación y cálculo de métricas, que se adecuen al objeto de estudio.

Se presenta a continuación la estructura general de trabajo, con las acciones y resultados esperados.

Planificación de los trabajos a realizar para determinar el estado ecológico y de calidad del cuerpo de agua

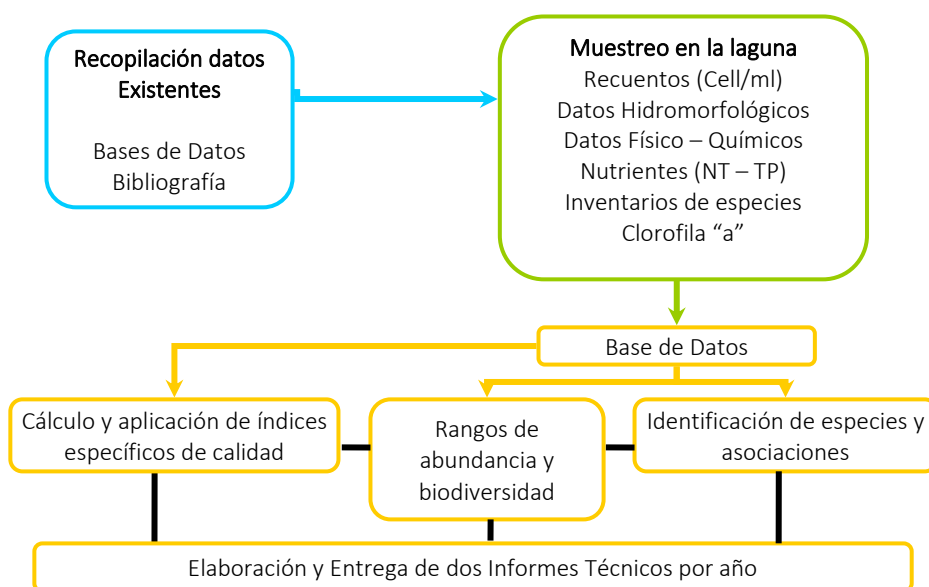


Figura 1. Planificación de los trabajos con los elementos de calidad seleccionados.

Tareas para realizar:

- Recopilación de información bibliográfica en Centros de Investigación, Universidades y Entidades Públicas.
- Realizar muestreos en la columna de agua, con el objeto de conocer su composición físico – química y biológica, para de este modo, caracterizar el agua de llenado.
- Analizar la composición del fitoplancton, identificar las asociaciones de especies fitoplanctónicas, los rangos de abundancia y biodiversidad, los valores de índices de calidad del agua específicos y ajustados al tipo de especies identificadas. Esto requerirá el uso de métodos estadísticos.
- Identificar, en la masa de agua sometida a presiones, la composición y abundancia del fitoplancton (floraciones, especies con cepas tóxicas).
- Determinar la estructura de hidrófitas presentes en el cuerpo de agua, analizando la función ecológica que cumplen en estos sistemas.
- Estructuración y elaboración de informes técnicos específicos a entregar en tiempo y forma previamente acordados, que respondan a los requerimientos de la Autoridad del Agua (ADA) y OPDS.

Obteniendo así:

- Matriz de datos hidromorfológicos y fisicoquímicos relevantes (temperatura, profundidad de lectura de disco Secchi, conductividad, alcalinidad, pH, compuestos de proporcionalidad constante, nutrientes, oxígeno disuelto, DQO y bacteriológicos).
- Base de datos que permita llevar un seguimiento estricto de las condiciones y el comportamiento de la masa de agua.

- Inventarios completos del fitoplancton (nivel de Género – de ser posible especie).
- Valores de abundancia de los taxones y de los grupos principales (células/ml), concentración de clorofila “a” índices de estado trófico.
- Inventarios completos de macrófitas (nivel de Género/Especie).

V. GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Espejos de Agua.



Imagen 1.: Plano de Pueblos del Plata, se indican los cuatro barrios y sus correspondientes lagunas.

Se trata de cuatro (4) lagunas artificiales, emplazadas sobre área rural en límites con el trazado urbano del Partido de Berazategui, dentro del ejido urbano de Hudson, Provincia de Buenos Aires. La zona se encuentra en el límite con la cuenca baja del río de La Plata y sus suelos integran la Pampa Ondulada de la llanura bonaerense. Los suelos en áreas deprimidas y planicies aluviales poseen características hidromórficas, en la terraza alta se presentan suelos pardos o negros de textura arcillosa. Las lagunas presentan un sedimento pardo rojizo con un horizonte arcilloso muy potente en el desarrollo del perfil.

Si bien no se observan cursos de agua superficiales bien definidos al interior del terreno, gran parte de las cañadas y arroyos cercanos son de carácter efluente con respecto al agua subterránea, el escurrimiento subterráneo posibilita el mantenimiento de su caudal, aún en épocas de estiaje. En cuanto al origen del líquido de alimentación es mixto, siendo en su mayoría agua de lluvia, la red de drenaje y escurrimiento permite la captación de aguas provenientes de la precipitación.

Las características anteriormente descritas, influyen y son parte significativa tanto en el comportamiento, como en el estado ecológico actual de las lagunas. Esto debido a que la mayor parte de las interacciones que tienen lugar en un ecosistema acuático son reguladas por factores externos como la lluvia, el viento, la intensidad solar, presencia de afluentes y efluentes, interacciones entre el sedimento y el agua, factores antrópicos como son el aporte de contaminantes, fertilizantes, usos del cuerpo de agua, entre otros. Determinando así la capacidad de respuesta del ambiente acuático a procesos e impactos que lo alteran constantemente.

En el caso específico del barrio Elcano, la laguna aún está en proceso de construcción y movimiento de suelos, sin tener plenamente definido la línea de costa, la profundidad media y máxima, por consiguiente, la cubeta inconclusa no se ha llenado con agua, por lo que los análisis y el informe de línea de base se realizarán transcurridos al menos 6 meses de estar emplazada la laguna con un tiempo de residencia hídrica mínimo (6 meses) que permita establecer algún tipo de ensamble biológico.

Inventario de Flora y Fauna.

Desde el punto de vista de la flora y fauna, esta se caracteriza por ser de estepa o pseudo estepa de gramíneas, con una fuerte modificación antrópica, por la introducción de especies arbóreas con fines forestales y diversificación de las actividades agrícolas. Por su parte la fauna autóctona ha sido desplazada debido a la fuerte alteración que han sufrido los ecosistemas naturales por la expansión de suelos para uso urbanístico en la región.

A continuación, se presenta un listado de las especies que se encuentran en la zona de influencia del emprendimiento urbano, pudiendo ser modificada por las obras de construcción de cada una de las viviendas, las modificaciones a que tenga lugar el diseño paisajístico de las zonas verdes de cada predio, así como la recuperación y conservación de la cobertura vegetal acuática de tipo funcional y manejo estético.

Flora.: Entre las especies arbóreas: Acacias, Ceibos (*Eritrina crista-galli*), Sauces (*Salix sp.*) y otras especies ornamentales con escasa dominancia. Especies Acuáticas representadas por: Totoras (*Typha latifolia*), Canutillo (*Panicum elephantipes*); Junco Lacustre (*Schoenoplectus californicus*); Duraznillo (*Ludwigia peploides*), Cortaderas (*Cortaderia selloana*); Paragüitas (*Cyperus alternifolius*), Lirio Amarillo (*Iris pseudoacorus*), Lignillo (*Potamogeton pusillum*), Estrella de Agua (*Callitriche palustris*), Redondita de Agua (*Hydrocotyle bonariensis*).

Fauna.: Coipos (*Myocastor coipus*), Calandrias (*Mimus saturninus*), Palomas (*Zenaida auriculata*, *Leptotila verreauxi*, *Columba picazuro*), Horneros (*Furnarius rufus*), Teros (*Vanellus chilensis*), Cotorras Comunes (*Myiopsitta monacha*), perdices (*Rhynchotus sp.* *Nothura sp.*), Chimangos (*Milvago sp.*), Benteveo (*Pitangus sulphuratus*).

Dentro del **Plan de Manejo Sustentable y Conservación de Pueblos del Plata (PMS)** se desarrollará un programa de forestación al que se incorporará el uso de especies nativas del área. Entre las especies propuestas se encuentran *Scutia buxifolia*, *Sapium sp.*, *Celtis sp.* *E. crista-galli* (Seibo), *B. salicifolia* (Anacahuita), *Allophylus edulis* (Chalchal), *Pouteria salicifolia* (Mataojo), *Sambucus australis*, *Blepharocalyx salicifolia*, *Myrsine sp.*, *Allophylus edulis*, *Sebastiania commersoniana*, *Acacia caven*, *Ocotea acutifolia*, *Sapium haematospermum*, *Sebastiania brasiliensis*, *Terminalia australis*.

Se promoverá la creación de un vivero de especies nativas, asimismo se realizará el control de especies exóticas invasoras el cual incluye el control, monitoreo y extracción de los individuos en los márgenes de las lagunas y áreas de influencia de estas.

CAPITULO I

PROGRAMA DE MONITOREO

El programa de monitoreo estará enfocado en la caracterización biológica y físico – química del agua en una primera fase, para luego establecer un plan de seguimiento anual de los cuerpos de agua, empleando para ello métodos estandarizados. Para facilitar el desarrollo del documento, cada una de las fases y dimensiones de trabajo, así como las metodologías a seguir, se clasifican en tres (3) grandes grupos así:

1. Parámetros de monitoreo Mensual
2. Parámetros de monitoreo Trimestral
3. Parámetros de monitoreo Anual

Inicialmente se indican los parámetros a determinar en cada periodo, posteriormente se realiza una breve descripción de las metodologías más relevantes a seguir, según sea el caso.

1. PARÁMETROS DE ANÁLISIS MENSUAL

El seguimiento mensual de algunos parámetros físico – químicos, como los citados en la tabla 1. Permiten caracterizar de modo general el agua, sirven como primera fuente de información frente a cambios por alteraciones externas y posibles impactos positivos o negativos. Además de dar cuenta de las condiciones mínimas necesarias para el adecuado establecimiento de comunidades vegetales, ícticas y de aves entre otros. A continuación, se enlistan los parámetros de medida mensual, tomados *in situ* o para determinación en laboratorio:

Parámetro	Unidades	Profundidad	Valor Guía US - EPA
Temperatura	°C		≤ 40 °C
pH	UpH		6.5 – 8.5 +/- 0.2
Transparencia Secchi	cm		≥ 20 cm
Conductividad	μS / cm ²		0.4 – 1.4 μS/cm ²
Oxígeno Disuelto	mg/L		> 4.0
Saturación de Oxígeno	%	Muestra subsuperficial	> 60 %
Sólidos Disueltos Totales	ppm	0.30 m	ND
Salinidad	%		0.10
Potencial de Oxido – Reducción	RPV		+100 – (-130)
Nitrógeno Total	mg/L		< 0,5 mg/L
Fósforo Total	mg/L		< 5 mg/L
Clorofila- <i>a</i>	mg/L		< 50 mg/L

Tabla 1. Parámetros Físico – Químicos tomados mensualmente en el espejo de agua.

Se determinarán las concentraciones totales de fósforo, nitrógeno y clorofila-*a*, con miras a establecer las condiciones de partida frente a un estado eutrófico, de tal manera que se ponga en marcha el plan de contingencia para este caso particular. De no mediar circunstancia alguna que haga necesario desarrollar un programa de restauración ecológica, el seguimiento mensual de estos parámetros estará destinado a la gestión adecuada de los cuerpos de agua.

1.1. Análisis del Plancton.

Estudio de la abundancia y biodiversidad de fitoplancton y zooplancton, inventarios taxonómicos, análisis de la distribución y comportamiento estacional, como elemento para establecer la calidad del agua a partir de índices de estado trófico y de esta manera plantear medidas preventivas y correctivas, en procura de consolidar un proceso más eficiente y óptimo de mantenimiento de los cuerpos de agua.

Parámetros Biológicos	Análisis	Área de muestreo	Muestras
Plancton: Fitoplancton Zooplancton	Inventario Taxonómico Densidad Abundancia Diversidad Índices Tróficos	Filtrado /profundidad 1 litro Integral 0,30 – 1,5 mts.	✓ 2 muestras mensual
Macrófitas	% Cobertura	Litoral – Limnética – Profunda	✓ Área total de las lagunas

Tabla 2. Parámetros biológicos evaluados y tipo de análisis efectuado para un periodo mensual.

2. PARÁMETROS DE ANÁLISIS TRIMESTRAL

Los parámetros de seguimiento trimestral se evalúan con el fin de completar la caracterización biológica de los espejos de agua monitoreados. Determinando la composición bacteriológica, la concentración de clorofila-*a* y demanda química de oxígeno. Esto permite determinar la calidad ecológica del cuerpo de agua, con el empleo de índices de diversidad, abundancia y estado trófico.

2.1. Análisis Bioquímico.

Análisis de la demanda química de oxígeno, la medida corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, sea su origen orgánico o inorgánico, permite calcular el oxígeno consumido en procesos de degradación, que de forma indirecta da a conocer si existe o no una elevada concentración de materia en la columna de agua. La estimación de la concentración de clorofila-*a* sirve de apoyo en el desarrollo de los índices de estado trófico, como medida indirecta de la biomasa de fitoplancton.

Parámetro Químicos	Unidades	Profundidad	Muestras
DQO	mg O ₂ L ⁻¹	1 m 5 m Fondo	✓ 2 muestras Por laguna
Clorofila-<i>a</i>	µg L ⁻¹	0.30 m	✓ 2 muestras Por laguna

Tabla 3. Parámetros bioquímicos evaluados y tipo de análisis efectuado para un periodo bimensual.

2.2. Análisis Bacteriológico.

Con el fin de tener un control de la composición microbiológica del cuerpo de agua, se efectúan cuatro (4) análisis de laboratorio por año para establecer la presencia y concentración bacteriológica, lo que permite clasificar el espejo de agua y determinar los usos para los cuales es apto. En caso de ser necesario se tomarán medidas preventivas y correctivas para el mejoramiento de la calidad del agua (ver programa de contingencia).

Anualmente y teniendo en cuenta la estacionalidad, se tomarán datos en el intervalo entre primavera y otoño, temporada en la cual las elevadas temperaturas ambientales, la humedad y las precipitaciones generan las condiciones apropiadas para el desarrollo y establecimiento de comunidades bacteriológicas de relevancia para la calidad del agua, que determinan su uso y manejo.

Adicional a ello se tendrá en cuenta la presencia, distribución y estacionalidad de fauna (aves, coipos) que explique en buena parte la existencia de cierto tipo de bacterias (*Pseudomonas*, Coliformes fecales) en el agua evaluada.

Parámetro Bacteriológicos	Unidades	Profundidad	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Coliformes Totales	NMP/100ml	0.30 m	✓ Octubre	✓ Enero	✓ Abril	✓ Julio
Coliformes Fecales	NMP/100ml					
Bacterias Aerobias Heterótrofas	UFO en 1 ml					
<i>Pseudomonas sp.</i>	Ausencia					
<i>Escherichia Coli</i>	NMP/100ml					

Tabla 4. Parámetros bacteriológicos analizados en el espejo de agua.

3. PARÁMETROS DE ANÁLISIS ANUAL

Al tratarse de lagunas artificiales, en las cuales el agua de llenado es de origen mixto, capa freática, precipitación y escorrentía superficial. Con un tiempo de residencia relativamente elevado, sin aportes externos de efluentes industriales o domiciliarios directos, no se hace necesario un análisis exhaustivo. A continuación, se enumeran los parámetros evaluados de metales pesados e hidrocarburos para el agua y los sedimentos, en la laguna.

		Análisis Agua & Sedimentos
Parámetros Evaluados	Estaciones de Registro	Número de Muestras
Hidrocarburos Totales Y Alifáticos	Selección de puntos de muestreo georreferenciados.	Muestras en zonas específicas de la laguna de acuerdo con el área total y determinación de zonas de alteraciones y/o impactos.
Materia Orgánica		
Fósforo Total		
Nitrógeno Total		
pH y Potencial Oxido - Reducción		
Metales Pesados (Cd, Cr, Pb, Zn)		
Contenido Agroquímicos		
Relevamiento De Macrófitas Exóticas		
Diversidad Ictícola		

Tabla 5. Parámetros químicos evaluados anualmente tanto en el agua como en el sedimento.

CAPITULO II

METODOLOGÍAS

1. SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

La selección de las estaciones de muestreo tendrá en cuenta la morfometría de la cubeta, profundidad, entrada y salida de flujos, cobertura de vegetación acuática, vertidos puntuales y usos. La recolección de muestras se realizará en los mismos puntos en los que se toman muestras fisicoquímicas, muestras biológicas y de plancton. Se seleccionarán dos puntos de referencia teniendo en cuenta los datos sobre las presiones e impactos, la red de puntos de muestreo será lo suficientemente representativa de las condiciones evaluadas tanto en términos naturales como de impactos y presiones identificadas.

Para el caso de los espejos de agua de **Pueblos del Plata** se han identificado dos puntos que cumplen con las exigencias de la selección de las estaciones de muestreo, permitirán realizar la evaluación del estado trófico y concluir acerca de la calidad del agua, evaluar los cambios a largo plazo en las condiciones naturales y los cambios resultantes de actividades antrópicas, así como establecer los programas de mantenimiento y contingencia.

2. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS

El análisis físico – químico mensual se efectuarán empleando una sonda multiparamétrica (Temperatura; pH; Conductividad, Sólidos Disueltos Totales, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Salinidad, Potencial de Oxido – Reducción) transparencia por lectura de Disco Secchi y determinaciones en el laboratorio para DQO, Clorofila-*a*, N_T y P_T.

Equipos.

Protección personal:

- Botas o vadeadores de pescador.
- Guantes de látex.
- Chaleco salvavidas (desde embarcación).

Toma de Datos:

- Botellas opacas de plástico/vidrio (2 L) (clorofila) y otra botellería en plástico con cierres herméticos para las muestras de agua (análisis químicos).
- Botella hidrográfica (muestras discretas en profundidad).
- Tubo flexible de plástico lastrado de longitud predeterminada (muestras integradas).
- Disco Secchi.
- Sonda multiparamétrica con sensores de temperatura, conductividad, pH y oxígeno disuelto.
- Equipo de filtración de agua en campo para la muestra destinada al análisis de pigmentos.
- Equipo de congelación para la conservación del filtrado para los análisis de pigmentos, químicos y biológicos.
- Bolígrafo o rotulador permanente (para etiquetar las muestras).
- Instrumentos adicionales para muestreos en bote.

3. ANÁLISIS BIOLÓGICOS – PLANCTON

El plancton es adecuado para la detección y seguimiento de las presiones fisicoquímicas relacionadas con:

- Cambios en la mineralización del agua (en la composición de los iones mayoritarios disueltos).
- Eutrofización (concentraciones de nitrógeno y fósforo, en ocasiones de sílice y otros cationes como el hierro).
- Contaminación orgánica (soluble y particulada).
- El fitoplancton es indicador de las presiones hidromorfológicas que determinan cambios en la tasa de renovación de lagos y lagunas.

3.1. Protocolos de muestreo y análisis.

Este protocolo establece una metodología propuesta para el muestreo y análisis del fitoplancton de lagos y lagunas, dirigida al establecimiento del estado ecológico y calidad del agua según las directrices de la Autoridad del Agua (ADA). Su elaboración se ha basado en el documento: *Water Quality. Standard for the routine analysis of phytoplankton abundance and composition using inverted microscopy* (Utermöhl technique).

3.2. Frecuencia de Muestreo.

La variabilidad temporal del fitoplancton es acusada, su composición y abundancia responden a los patrones de variación de la iluminación (Intensidad y fotoperíodo) turbulencia del agua, tasa de renovación del agua, temperatura, mineralización, pH y concentración de nutrientes a lo largo del año. Se establece un seguimiento de periodicidad bimensual que permite alcanzar un nivel de descripción bastante adecuado y que está al alcance del ámbito de la implementación del programa de monitoreo anual.

En total se realizarán entre 4 – 6 muestreos al año, organizados de tal manera que se vea reflejado el comportamiento estacional de las poblaciones fitoplanctónicas. Tanto para verano como primavera se aumenta la frecuencia de muestreo de ser necesario.

Laguna	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA
	■ ■	■	■	■ ■

Tabla 6. Selección de los periodos de muestreo de plancton, por estaciones.

3.3. Muestreo de plancton (Fitoplancton – Zooplancton).

Equipos.

Protección personal:

- Botas o vadeadores de pescador.
- Guantes de látex.
- Chaleco salvavidas (muestreo desde embarcación).

Recolección de muestras:

- Botellas de vidrio (125- 150 ml) (para fitoplancton).
- Viales de vidrio o plástico con tapón hermético (para fitoplancton de red).
- Botella hidrográfica (muestras discretas en profundidad).
- Tubo flexible de plástico lastrado de longitud predeterminada (muestras integradas en aguas someras).
- Red de nylon de 20 µm de luz de poro (para muestras con red de arrastre horizontal)
- Equipo de conservación para las muestras de tipo biológico.

3.4. Técnicas de toma de muestras.

Recolección de fitoplancton a partir de muestras de agua tomadas en superficie entre 0.30 m – 0.50 m y muestreo complementario con red.

- Muestras directamente del agua sin filtrar, recolectadas en botellas de vidrio color ámbar para controlar el estado de conservación y presencia de agregados. Manteniendo en frío y agregando la solución fijadora de lugol.
- Muestras obtenidas con red de 20 µm poro, la cual se arrastra por la lámina de agua horizontalmente y/o verticalmente con recorridos prefijados, hasta conseguir un filtrado visible, las cuales serán empleadas en la obtención de un inventario de taxones que complementen el obtenido en las muestras de botella. Manteniendo en frío y agregando la solución fijadora de lugol.

3.5. Conservación /pretratamiento de las muestras.

Reactivos fijadores

Solución de Lugol (mezcla de yoduro potásico y yodo): Solución de Lugol para periodos de conservación cortos (unos pocos meses, en la oscuridad). Se incluyen dos formulaciones, solución ácida o alcalina de lugol. Se añade entre 0,5 – 1 ml de Lugol iodado por cada 100 ml de muestra hasta obtener un color miel (la cantidad a añadir dependerá siempre del contenido de materia orgánica u otros reductores en la muestra). El Lugol se degrada por foto-oxidación, luego las muestras se deben conservar en oscuras, controlando periódicamente la pérdida de color de la muestra, añadiendo más reactivo de ser necesario.

3.6. Técnicas de análisis.

Para el recuento e identificación de fitoplancton se hará uso específico del método UTERMÖHL modificado a los intereses y equipamiento disponible.

- Microscopio.
- Cámara de sedimentación.
- Formularios para anotación de recuento de las especies.
- Guías de identificación e iconografías adecuadas al ámbito de estudio.

3.7. Identificación.

La identificación de los taxones se realiza mediante el apoyo de claves y guías, empleando bibliografía representativa y con referencias de relevancia para el área estudiada, de las observaciones de inventario y clasificación taxonómica se tendrá en cuenta las descripciones escritas, además del apoyo visual, así como la información ecológica de cada taxón identificado, elaborando dibujos y fotografías de utilidad como colección de referencia.

Entre las referencias más destacadas a utilizar están:

- **Lopretto Estella, Tell Guillermo.** Ecosistemas de Aguas Continentales Metodologías para su Estudio – Tomos I – II – III. Primera Edición. Ediciones Sur, 1995. Argentina.
- **Bicudo Carlos, Menezes Mariângela.** Gêneros de Algas de Águas Continentais Do Brasil (Chave para identificação e descrições). Segunda Edición. Ediciones Rima, 2006. São Carlos – Brasil.

- **C. S. Reynolds.** The Ecology of Phytoplankton. Ecology, biodiversity, and conservation. Cambridge University Press 2006
- **Edward G. Bellinger, David C. Sigee.** Freshwater Algae, Identification and Use as Bioindicators. First edition. Editorial Wiley-Blackwell, 2010. UK
- **Ramírez John.** Fitoplancton de Agua Dulce – Aspectos Ecológicos, Taxonómicos y Sanitarios. Primera Edición. Editorial Universidad de Antioquia, 2000. Colombia

3.8. Técnicas de recuento y medidas.

Aclimatación de las muestras en cubetas de sedimentación y equipos a usar a temperatura ambiente por un periodo de 12 horas, favoreciendo así la distribución al azar del fitoplancton sedimentado, posteriormente se procede a la homogenización de la muestra por resuspensión manual. Llenado de las cubetas de sedimentación, conservando las cubetas en reposo por un día en ausencia total de luz y temperatura constante.

- Análisis cuantitativo de fitoplancton por medio de un inventario de los taxones presentes en la muestra y recuento de los individuos presentes de cada taxón.
- Recuento por campos ópticos, se procede a contar un número determinado de campos ópticos elegidos al azar.
- El nivel de campos es función del nivel de precisión requerido y del límite de detección. Aplicando criterios estándar sobre los organismos que cruzan las líneas, de forma que sólo se contarán los individuos que toquen arriba y a la derecha, no así abajo y a la izquierda del recuadro. En cuanto a las colonias, se toma como criterio no tener en cuenta las células que quedan por fuera de la cuadrícula. El recuento consiste en contar campos al azar hasta completar un total de 500 organismos, habiendo contado al menos 100 campos.

El cálculo de la concentración de fitoplancton se determina según número de algas contadas (concentración) por unidad de volumen de muestra así:

$$N = X * [(A * d) / (a * v)]$$

Donde:

N = Nº Células en la muestra (Cél/ml)	v = volumen de muestra sedimentado en la cámara
X = Nº medio de células por campo	a = área de campo óptico
A = área de la cámara	d = factor de dilución o de concentración de la muestra

3.9. Índices de Estado Trófico y Calidad del Agua.

A partir del tipo de organismos fitoplanctónicos presentes, así como su abundancia y densidad, se hallarán una serie de índices que permitan establecer el estado trófico y la calidad del agua de cada uno de los cuerpos de agua monitoreados.

Método directo o ecológico

Este método comprende dos fases, la primera de carácter cualitativa, en la cual se identifican, hasta el mayor nivel taxonómico posible las muestras recolectadas. Una vez logrado esto, se procede a cuantificar cuántos de cada uno de estos taxones están presentes. Con los datos colectados, se procede a aplicar los índices requeridos.

- **Índice de Diversidad de Shannon y Weaver:** establece valores de diversidad de acuerdo con el ecosistema valorado. Magurran (1988).
- **Índice de Estado Trófico de Carlson (IET):** este índice utiliza las características asociadas al estado trófico, como son la transparencia o profundidad Secchi, la concentración de clorofila “a” y el contenido total de fósforo y ortofosfatos. Aplicando la modificación para zonas tropicales. Carlson (1977).

4. MÉTODO PARA EL ANÁLISIS DE PIGMENTOS

La concentración de clorofila-*a* es una medida indirecta de la biomasa del fitoplancton. El procedimiento para su análisis incluye la concentración de fitoplancton, la extracción de los pigmentos con una solución acuosa de acetona 90 % y la determinación de la densidad óptica (absorbancia) del extracto por medio de un espectrofotómetro. El procedimiento que se describe esta basado en Standard Methods 10200 H (APHA, 1998).

5. MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE DQO

La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, que son oxidables en condiciones operatorias definidas. La medida corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, ya sea su origen orgánico o inorgánico. La determinación de DQO debe realizarse rápidamente después de la toma de muestras, para evitar la oxidación natural. En caso contrario, la muestra podría conservarse un cierto tiempo si se acidifica con ácido sulfúrico hasta pH = 2- 3. Sin embargo, esta opción deja de ser fiable en presencia de cloruros.

Principio del método del dicromato potásico: En condiciones definidas, ciertas materias contenidas en el agua se oxidan con un exceso de dicromato potásico, en medio ácido y en presencia de sulfato de plata y de sulfato de mercurio. El exceso de dicromato potásico se valora por titulación del remanente de dicromato de potasio con sulfato ferroso amónico, cálculo de oxígeno equivalente con un límite de detección de 5 mg L⁻¹

6. MACRÓFITAS ACUÁTICAS.

El término hidrófito describe a las plantas acuáticas en sentido estricto, es decir aquellas que completan su ciclo biológico cuando todas sus partes se encuentran sumergidas o flotando en la superficie. Las plantas acuáticas juegan un papel importante en los sistemas acuáticos, aumentando la diversidad en zonas poco profundas de los cuerpos de agua, permitiendo la recirculación y el reciclado de nutrientes. Las plantas acuáticas crecen parcial o completamente en el agua y la mayoría se encuentran en la zona litoral o de menor profundidad, en la cual la luz penetra hasta el fondo lo suficiente para permitir su crecimiento.

Entre las funciones ecológicas que cumplen se encuentra: Filtrar compuestos externos, degradar y reciclar nutrientes, degradar materia orgánica, proteger el margen de costa frente a procesos de erosión por escorrentía superficial, estabilizar el sedimento, aumentar la clarificación del agua, oxigenar la masa de agua, servir de alimento y hábitat a fauna acuática (aves, peces, mamíferos), competir por recursos con el fitoplancton reduciendo así la probabilidad de ocurrencia de floraciones algales, entre otras.

Estas plantas se pueden dividir en cuatro grandes grupos así:

- **Vegetación Acuática Lacustre.**

Habitan zonas poco profundas, enraizadas al sedimento y sus hojas se extienden libres sobre la superficie del agua. Las especies más representativas de este tipo son: Totoras (*Typha sp.*), Juncos Lacustres (*Schoenoplectus californicus*), Camalote grande (*Pontederia cordata*), Estrellas de agua (*Callitriche sp.*)

▪ Vegetación Acuática Flotante.

Estas plantas habitan zonas de profundidad intermedia, algunas se encuentran enraizadas al sedimento, otras son de libre flotación con raíces que cuelgan no ancladas en la columna de agua. El jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*); repollo de agua (*Pistia stratiotes*), lenteja de agua (*Lemna sp.*, *Salvinia sp.*), helechos de agua (*Azolla filiculoides*) son ejemplos de plantas flotantes.

▪ Vegetación Acuática Sumergida.

Estas plantas se encuentran sumergidas y plenamente enraizadas en el sedimento, habitando la franja más profunda de la zona litoral donde la penetración de la luz es suficiente para permitir el crecimiento de la planta en la columna de agua. Entre las especies más representativas están cola de zorro (*Ceratophyllum demersum*; *Myriophyllum aquaticum*; *Egeria densa*), lignillo (*Potamogeton spp.*).

▪ Algas (Macroalgas y Floraciones).

Las floraciones algales son microorganismos que forman colonias filamentosas asociadas al sustrato de tipo limoso, rocoso o tallos de hidrófitas, son representantes de este tipo especies: Cyanobacterias y Chlorophyta. Las macroalgas se caracterizan por presentar estructuras o pseudo tejidos macroscópicos, un ejemplo de ello son especies del grupo Charophyta: *Nitella sp.* y *Chara sp.*

6.1. Protocolos de Muestreo y Análisis.

Se empleará la fisonomía de la vegetación para la caracterización de unidades ambientales (Terrestres; Lacustres; Acuáticas), en tanto que la composición específica permitirá diferenciar comunidades pertenecientes a una misma unidad ambiental. Es decir, para el análisis de la vegetación se considerarán dos niveles:

- Caracterización a nivel fisonómico. Se elaborará una tipología diferenciando formaciones dominadas por árboles, arbustos y distintos tipos de herbáceas.
- Análisis cuantitativo. Se definirán áreas muestrales de los distintos tipos de ambientes en los cuales se realizará el censo de vegetación.

Se seleccionarán los sitios de muestreo, en el perímetro de la laguna, tratando de incluir los principales patrones de distribución. Sobre esta base de información, se elaborarán las planillas de campo con el objeto de registrar en cada sitio de muestreo la siguiente información: Unidad ambiental; Posición geográfica; Topografía; Fisonomía vegetal; porcentaje de cobertura del suelo; Lista de las especies por grupo funcional; distribución espacial.

6.2. Relevamiento De Vegetación.

Se realizará el relevamiento de la vegetación por cada patrón ambiental identificado, mediante el Método de Parcelas o Cuadrantes, es uno de los métodos más utilizados en estudios de vegetación. Las parcelas a utilizar serán de forma cuadrada con una superficie a elegir. La elección dependerá de la estructura y la densidad de la vegetación a estudiar. A modo general, los tamaños de parcelas utilizados rondan en los siguientes valores según el tipo de vegetación:

Tipo de vegetación	Superficie de la parcela
Algas – Macroalgas y filamentosas	0.01 – 0.25 m ²
Pastizales, hierbas o arbustos pequeños	0.25 – 16 m ²
Arbustos grandes	25 m ²
Árboles – perímetro de cuerpos de agua	200 m ²

Tabla 7. Delimitación aproximada de la superficie de parcela, para estimar cobertura.

El método de las parcelas es útil para estimar la cobertura, biomasa (área basal) y la frecuencia de las especies en cualquier tipo de vegetación. Una vez estimada la cobertura por unidad ambiental, por una longitud superior al 10 % del perímetro del cuerpo de agua, se clasificarán de acuerdo con la siguiente escala:

Rangos de Cobertura				
Rara	Ocasional	Frecuente	Abundante	Muy Abundante
Individuos Aislados	1 – 10 %	10 – 50 %	50 – 70 %	≥ 70 %

Tabla 8. Escala de abundancia de cada especie. Porcentaje de cobertura (%).

6.3. Equipos De Muestreo.

Equipo de protección personal

- Botas o vadeadores de caucho.
- Guantes de látex.
- Salvavidas para trabajo en bote.

Equipo para la recolección de muestras

- Rastrillo con mango extensible para aguas someras.
- Gancho en corona con cuerda larga para aguas profundas.
- Cinta métrica lavable con plomos para marcar transectos.
- Bandejas de plástico blanco.
- Bolsas de plástico herméticas.
- Recipientes de plástico y tubos pequeños de plástico o cristal (para especies pequeñas).
- Conservadora portátil.
- Prensa portátil con pliegos y almohadillas para la conservación en seco de plantas vasculares.
- Mapas, con escalas compatibles con el muestreo de macrófitas.
- Bolígrafo o rotulador permanente (o cualquier otro método para etiquetar las muestras).
- Lupa, x10 aumentos.
- Claves de identificación y guías de campo.
- Cámara fotográfica.
- Cuerdas y boyas para fijar transectos.
- Cinta métrica lastrada para medir profundidades.

7. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DE ACUÍFERO – AGUA Y SEDIMENTOS

Las muestras para los parámetros de toma anual, así como los bacteriológicos, serán enviados para su análisis a un laboratorio de reconocida trayectoria, que cumpla con todos los estándares de calidad y seguridad y cuente con la respectiva certificación del Consejo Profesional de Química – Ley 7020/65 y Consejo de Fiscalización de Laboratorios Republica Argentina – COFILAB y se encuentren habilitados por la OPDS con el correspondiente certificado de cadena de custodia.

8. REFERENCIAS

- Aizaki, M., A. Otsuki, T., Fukushima, M., Hosomi & K. Muraoka. 1981.** Application of Carlson's trophic state index to Japanese lakes and relationships between the index and others parameters. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 21: 675 - 681.
- Bellinger, E.G., Sigeo, D.C. 2010.** Freshwater Algae, Identification and Use as Bioindicators. First edition. *Editorial Wiley-Blackwell.* UK
- Bicudo, C., Menezes, M. 2006.** Gêneros de Algas de Águas Continentais Do Brasil (Chave para identificação e descrições). Segunda Edición. Ediciones Rima. São Carlos – Brasil.
- Carlson, R.E. 1977.** A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22: 361- 369.
- Cedex, 1991.** Jornadas sobre eutrofización de embalses e indicadores biológicos de la calidad de las aguas en ríos. Barcelona.
- C. S. Reynolds.** The Ecology of Phytoplankton. Ecology, biodiversity, and conservation. Cambridge University Press 2006
- Confederación Hidrográfica Del Ebro. 2005.** Metodología Para El Establecimiento Del Estado Ecológico Según La Directiva Marco Del Agua. Protocolos de muestreo y análisis. Ministerio de Medio Ambiente – España.
- Jorgensen, S. E. & R. A. Vollenweider (eds.). 1989.** Directrices para la gestión de lagos. Vol. 1: Principios generales sobre gestión de lagos. Comité Internacional de Ambientes Lacustres y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 176 pág
- Lopreto, E. Tell, G. 1995.** Ecosistema de Aguas Continentales, metodologías para su estudio. Ediciones Sur. Argentina
- Organización Mundial de la Salud, 2004.** Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1. OMS, 3ª. Edición.
- Ramírez, J.J. 2000.** Fitoplancton De Agua Dulce; aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Universidad De Antioquia. Colombia
- U.S. Environmental Protection Agency EPA. 2003.** Bacterial Water Quality Standards for Recreational Waters (Freshwater And Marine Waters) Status Report.
- Vollenweider, R.A. 1976.** Advances in defining critical loading levels for phosphorus in Lake Eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33: 53-83.
- Wetzel, R.G. 1983.** Limnology. Saunders.

EcoSystems®

Mantenimiento de Lagos y Lagunas

PROGRAMA DE CONTINGENCIA PARA EL MANEJO DE LOS ESPEJOS DE AGUA

PUEBLOS DEL PLATA

Ley N° 12.257 / Autoridad del Agua (ADA) – Provincia de Buenos Aires – Argentina

PROGRAMA DE CONTINGENCIA

TABLA DE CONTENIDOS.

- I. Introducción
- II. Objetivo general
- III. Objetivos específicos
- IV. Consideraciones iniciales
- V. Estrategias de contingencia

1. AGUA.

- 1.1. Mantenimiento y Diagnóstico.
- 1.2. Alteraciones en la calidad del agua de tipo orgánico.
 - 1.2.1. Contaminación orgánica.
 - 1.2.2. Eutrofización.
- 1.3. Alteraciones en la calidad del agua de tipo físico – químico.
 - 1.3.1. Contaminación por productos químicos para control de malezas (Herbicida / alguicida).
 - 1.3.2. Reducción de oxígeno disuelto en las masas de agua.
 - 1.3.3. Aumento de turbidez.
 - 1.3.4. Hidrocarburos y salinización.
 - 1.3.5. Residuos sólidos domiciliarios.

2. SEDIMENTOS.

- 2.1. Mantenimiento y Diagnóstico.
- 2.2. Acciones de Mitigación y Control.

3. VEGETACIÓN ACUÁTICA.

- 3.1. Mantenimiento y Diagnóstico.
- 3.2. Acciones de Mitigación y Control.
 - 3.2.1. Vegetación Lacustre.
 - 3.2.2. Vegetación Acuática Flotante.
 - 3.2.3. Vegetación Acuática Sumergida.

4. ALGAS UNICELULARES Y FILAMENTOSAS.

- 4.1. Monitoreo Y Diagnóstico.
- 4.2. Acciones de prevención y/o mitigación.
 - 4.2.1. Acciones físico – químicas.
 - 4.2.2. Acciones Biológicas.

5. CIANOBACTERIAS TÓXICAS

- 5.1. Manejo y Control.
- 5.2. Medidas de prevención.
- 5.3. Manejo del cuerpo de agua (Hidrológica / Hidráulica).
- 5.4. Medidas a Corto y Mediano Plazo.

6. REFERENCIAS

I. INTRODUCCIÓN

El continuo desarrollo de emprendimientos urbanos con espejos de agua artificiales, adecuados con morfologías diversas, adaptados para múltiples usos de tipo recreativo y ornamental e integrados plenamente al ejido urbano, trae consigo presiones ambientales, alteraciones y modificaciones en el régimen hídrico; ocasionados entre otros por levantamiento de suelos, impermeabilización de grandes superficies, eliminación y sustitución de flora endémica por plantas ornamentales (en algunos casos de tipo exótico), perforación de acuíferos y aporte de compuestos externos como hidrocarburos, fertilizantes y agroquímicos, entre otros.

Los ecosistemas acuáticos, son especialmente susceptibles a estas presiones, entre las respuestas a estos cambios se pueden enumerar: perturbación de las comunidades bióticas, transformación de poblaciones, alteración de diversidad y abundancia, migración de comunidades, modificación en el comportamiento del sistema, así como cambios significativos en factores físico – químicos de la masa de agua. Todo esto es fácilmente observable en la variación estacional del aspecto (características organolépticas), en la aparición repentina de floraciones algales indeseables, reducción de la transparencia del agua y aumento acelerado de especies invasoras de escaso valor estético y funcional. Es por ello por lo que el manejo integral de espejos de agua de uso recreativo necesita la adecuada aplicación de programas de mantenimiento, protección y contingencia, en los que se incluyan procesos tendientes a mantener las condiciones óptimas en la calidad del agua y restaurar el equilibrio ecológico perturbado y modificado por actividades humanas.

La Autoridad Del Agua (ADA) acorde a lo estipulado en los artículos 94 y 97 del Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires, soportado en la Ley Nº 12.257 considera: “uso especial recreativo, deportivo y de esparcimiento a todo espejo de agua dentro de un emprendimiento urbanístico”. Siendo la Autoridad del Agua quien ponderará las distintas actividades llevadas a cabo que generen riesgo o daño al agua o al ambiente, que afectan o suponen posibles alteraciones al equilibrio hídrico tanto superficial como subterráneo

De lo anterior se presenta de manera descriptiva el programa de contingencia, adelantado por **EcoSystems®** para los cuerpos de agua presentes en **Pueblos del Plata**, conforme lo estipula la reglamentación ADA. El esquema diseñado hace hincapié en un Mantenimiento Biológico Integral dispuesto para controlar la calidad del agua.

II. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar un programa de contingencia para el mantenimiento de los espejos de agua, con el ánimo de dar cumplimiento a los requerimientos establecidos por la Autoridad del Agua (ADA) para el manejo y control de lagos y lagunas de uso ornamental en emprendimientos urbanos en la Provincia de Buenos Aires.

III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar un diagnóstico actual del estado biológico y físico – químico del espejo de agua monitoreado.
- Desarrollar un programa de contingencia que garantice las condiciones ambientales óptimas para la comunidad a fin de que estos no generen riesgo sobre la salud y el medio ambiente.
- Establecer indicadores de gestión para la implementación y el cumplimiento eficiente de las diferentes acciones tendientes a optimizar la calidad y el estado del cuerpo de agua monitoreado.

IV. CONSIDERACIONES INICIALES

Los ecosistemas acuáticos de agua dulce presentan ciertas características biológicas y físico – químicas, que es necesario tener en cuenta para una gestión adecuada. La variación de oxígeno, la temperatura y la luz influyen en la distribución y en las adaptaciones de la vida acuática, de tal manera que pueden dividirse en estratos verticales y horizontales según la penetración de la luz y la actividad fotosintética. Las zonas verticales en su mayoría se dividen de acuerdo a la profundidad e intensidad de luz que ingresa en la columna de agua, la **zona litoral** o de aguas poco profundas, la luz alcanza el fondo, estimulando el crecimiento de plantas enraizadas, más allá del litoral se encuentra la **zona limnética** o de aguas abiertas, la cual se extiende a la profundidad de penetración de la luz, en esta zona habitan el fitoplancton (autótrofos), el zooplancton (heterótrofos) y el necton (peces), posterior a la región de penetración efectiva de la luz, se encuentra la **zona profunda** y por último, la **zona bentónica** o sedimento, principal lugar de descomposición y almacenamiento de nutrientes y materia orgánica.

El diseño y ejecución del programa de mantenimiento y contingencia, tomará en consideración los factores más influyentes en la estratificación de la columna de agua, abarcando la zona litoral, limnética y bentónica, tanto en parámetros bióticos como abióticos.

V. ESTRATEGIAS DE CONTINGENCIA

Una vez establecido esto, el programa de mantenimiento y contingencia estará enfocado en el agua, sedimentos, vegetación acuática y florecimientos algales. Las acciones y métodos seleccionados serán acorde a las características mencionadas. De la misma forma, se ha de dividir en el mantenimiento y diagnóstico inicial de las alteraciones encontradas, para su posterior manejo y control.

1. AGUA.

Al ser el componente más importante del sistema por su composición biótica y físico – química, susceptible de ser alterado y/o modificado, acarreando problemas de índole sanitario para el ser humano; así como por el valor estético agregado, presenta la mayor cantidad de procesos tendientes a mantener y corregir su calidad en procura de tener una laguna apta para actividades recreativas con contacto directo. Es necesario mencionar que, de acuerdo con lo planteado en el programa de monitoreo, diseñado para el cuerpo de agua, se efectuará el registro periódico de parámetros físico – químicos y biológicos. De tal manera que el diagnóstico y la toma de medidas preventivas y correctivas se establecen en base a estos parámetros.

1.1. Mantenimiento y Diagnóstico.

Determinación de Parámetros Biológicos y Físico – Químicos:

- *Profundidad Media:* Promedio de mediciones tomadas en el trazado de longitud máxima calculada.
- *Transparencia Secchi:* Medida de la transparencia del agua por registro óptico con Disco Secchi.
- *Parámetros Físico – Químicos:* Control de la calidad del agua mediante la toma periódica de parámetros claves, con el fin de prevenir su deterioro y establecer planes correctivos.
- *Determinación de porcentaje de cobertura vegetal:* Evaluación y registro de comunidades vegetales encontradas
- *Color y aspecto del agua:* De acuerdo con registros, permite tener una observación preliminar del material en suspensión a nivel coloidal.
- *Sedimentos:* Composición y estado de los sedimentos, acumulación de lodos, aspecto, color, olor.

- **Condiciones meteorológicas:** Fenómenos ocurridos en lo transcurrido del mes, que den cuenta de procesos biológicos por factores como precipitación, estado del tiempo, rangos de temperatura ambiental y humedad relativa. (Valores tomados en base al Servicio Meteorológico Nacional para la zona)

1.2. Alteraciones en la calidad del agua de tipo orgánico.

Identificación de causas – diagnóstico mediante monitoreo periódico de parámetros biológicos y físico químicos descritos (Tabla 1.)

1.2.1. Contaminación orgánica.

- Mitigación mediante técnicas hidráulicas / químicas.
 - Empleo de coagulantes y floculantes: retención, sedimentación, homogeneización de materia orgánica.
 - Manejo de niveles hidrométricos.
 - Dilución, recambio parcial de agua, manejo de balances hídricos.
 - Oxigenación mediante bombas (previa recomendación a la administración e intendencia).
- Mitigación mediante técnicas biológicas.
 - Aplicación de Microorganismos Benéficos inmovilizante de nutrientes y degradantes de materia orgánica.
 - Aumento de cobertura vegetal lacustre y subacuática: reciclado y degradación de materia orgánica.

1.2.2. Eutrofización.

En la mayoría de los casos, la eutrofización se intensifica por actividades antropogénicas. Las tres principales fuentes de aporte externo de nutrientes son:

- Escorrentía y erosión de suelos.
 - Arrastre de fertilizantes químicos inorgánicos u orgánicos.
 - La erosión resultante de la disminución de la cobertura vegetal terrestre y lacustre.
 - Los efluentes domésticos e industriales.
- **Acciones de prevención y/o mitigación:**
- Forestación en los márgenes de costa y zona lacustre, aumento de cobertura vegetal terrestre.
 - Obras de recuperación de suelo y protección del talud mediante la incorporación de barreras.
 - Instalación de cobertura vegetal de amortiguación que permitan retener, fijar y filtrar compuestos externos, con especies como: *Typha latifolia*; *Schoenoplectus californicus* y *Pontederia cordata*.
 - Elevar recomendaciones de corrección de obras para el adecuado manejo de aguas negras y transporte de efluentes domésticos por redes cloacales, en caso de detectar filtraciones.

1.3. Alteraciones en la calidad del agua de tipo físico – químico.

Identificación de causas – diagnóstico mediante monitoreo mensual de parámetros biológicos y físico químicos descritos en el ítem 1.1.

1.3.1. Contaminación por productos químicos para control de malezas (Herbicidas / alguicidas).

- Identificación de productos empleados, regulación y control de normas de manejo y seguridad de agroquímicos.
- Diagnóstico de alteraciones mediante monitoreo biológico y físico – químico.
- Dilución / recambio parcial de agua.
- Identificación de alteraciones en ictiofauna y cobertura vegetal.
- Retiro inmediato de aves y peces muertos, eliminación con control de normas de seguridad.
- Retiro de material vegetal senescente y muerto.
- Aplicación de microorganismos benéficos que permitan la rápida degradación de materia orgánica.
- Aplicación de normas de control para el manejo de compuestos químicos, determinación de dosis mínimas óptimas o restricción de uso.

1.3.2. Reducción de oxígeno disuelto en las masas de agua.

- Identificación de causas y factores mediante monitoreo biológico y físico – químico.
- Cálculo de cobertura vegetal acuática flotante, retiro mecánico inmediato de exceso de plantas acuáticas flotantes.
- Aplicación de reguladores de crecimiento vegetal según sea el caso evaluado.
- Oxigenación por bombeo (previa recomendación a la administración).
- Retiro de peces muertos de inmediato.
- Aumento de cobertura vegetal subacuática con potencial como oxigenadoras (*Nitella sp.*, *Myriophyllum aquaticum*, *Potamogeton spp.*).
- Recambio de agua según concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua.

1.3.3. Aumento de turbidez.

- Identificación de causas y factores mediante parámetros físico – químicos y biológicos.
- Identificación de tipo de material particulado en suspensión (sólidos orgánicos e inorgánicos).
- Empleo de decantadores de material particulado en suspensión, en caso de extrema necesidad.
- Aplicación de Microorganismos Benéficos para reducción de materia orgánica y nutrientes en suspensión, competencia con fitoplancton unicelular.
- Aumento de cobertura vegetal lacustre para control de erosión, filtrado, reciclado y retención de material alóctono.
- Aumento y conservación de cobertura vegetal subacuática para retención de sedimentos.

1.3.4. Hidrocarburos y salinización.

- Identificación de origen de la contaminación y determinación del grado de alteración.
- Identificación del tipo de hidrocarburos presentes mediante análisis químicos.
- Tratamiento inmediato mediante retención y confinamiento con barreras deflectoras.
- Extracción por bombeo, disposición en tanques y posterior eliminación como residuo especial.
- Identificación de alteraciones en el ecosistema.
- Retiro inmediato de peces muertos, de ser el caso.
- Sustitución de flora afectada, según sea el caso.
- Tratamiento biológico mediante la incorporación de especies con capacidad para degradar hidrocarburos de bajo y medio peso molecular (investigación e innovación tecnológica).
- Recambio y dilución parcial de agua en caso de salinización por acciones antrópicas.

1.3.5. Residuos sólidos domiciliarios.

- Remoción, transporte y disposición final en áreas dispuestas para tal fin.
- Elevar recomendaciones de uso y manejo a la administración del lugar.
- Disposición de carteles informativos sobre educación ambiental y adecuado manejo de los residuos sólidos.

2. SEDIMENTOS.

Al encontrarse cercano a la cuenca baja del río de La Plata, los cuerpos de agua se ubican en la pampa ondulada de la llanura bonaerense, estos suelos al ser de áreas deprimidas y planicies aluviales poseen características hidrométricas, en la terraza alta se presentan suelos pardos o negros de textura arcillosa. Las lagunas presentan un sedimento húmico y limoso muy potente en el desarrollo del perfil, acumulación de limos, materia orgánica y escaso contenido de materia orgánica, con tiempos relativamente bajos de formación.

Mantenimiento y Diagnóstico.

De acuerdo con lo planteado en el programa de monitoreo para los espejos de agua, se efectuará el registro periódico de parámetros como la profundidad media con respecto al nivel de cota, factores organolépticos y control de calidad mediante un análisis físico – químico, que incluye determinación de metales pesados. De tal manera que el diagnóstico y la toma de medidas preventivas y correctivas se establecen en base a estos parámetros.

2.1. Acciones de Mitigación y Control.

- Aplicación de Microorganismos Benéficos para la reducción de nutrientes clave y la degradación de materia orgánica, con la consecuente reducción de lodos sedimentados.
- Reducción de la erosión en costas mediante la siembra de plantas acuáticas palustres y la protección física de taludes con barreras cuando la morfología de la cubeta lo permite.
- Reducción de Nitrógeno y Fósforo total, así como del material particulado en suspensión por aplicación de Microorganismos Benéficos.
- Tratamiento de lodos mediante extracción y reducción de su volumen.

3. VEGETACIÓN ACUÁTICA.

Las plantas acuáticas juegan un papel importante en los sistemas acuáticos, ya que proveen alimento y hábitat a peces, aves y microorganismos acuáticos. Además, estabilizan los sedimentos, mejorando significativamente la transparencia del agua, aumentan la diversidad en zonas poco profundas de la laguna, permitiendo la recirculación y el reciclado de nutrientes. Las plantas acuáticas crecen parcial o completamente en el agua y la mayoría se encuentran en la zona litoral o de menor profundidad, en la cual la luz penetra hasta el fondo lo suficiente para permitir el crecimiento de las plantas.

3.1. Mantenimiento y Diagnóstico.

Para llevar a cabo un control estricto, periódicamente se determina el porcentaje de cobertura vegetal acuática, a partir de transectos establecidos según el área y perímetro de los espejos de agua.

Determinación de porcentaje de cobertura vegetal: Por evaluación y registro de comunidades vegetales encontradas sobre: **1.** Región litoral (lacustres) **2.** Superficie del agua (flotantes) **3.** Fondo de la columna de agua (sumergidas). Estimadas con base en transectos establecidos en la totalidad del área de la laguna y delimitando los resultados al rango indicado

Rangos de Cobertura				
Rara	Ocasional	Frecuente	Abundante	Muy Abundante
Individuos Aislados	1 – 10 %	10 – 50 %	50 – 70 %	≥ 70 %

Tabla 1. Sistema de valoración de acuerdo con el porcentaje de cobertura vegetal encontrado.

3.2. Acciones de Mitigación y Control.

La aplicación de medidas de contingencia, tienden a corregir el crecimiento indiscriminado, aumento de follaje y aparición de focos de malezas, que causen un impacto negativo sobre el ecosistema por: Pérdida del espejo de agua, que puedan provocar migración y/o sustitución de especies endémicas de alto valor ecológico; aumento de materia orgánica por acumulación de biomasa; reducción de la luz a través de la columna, invasión de vectores como insectos y roedores asociados al follaje de plantas lacustres, en detrimento del valor estético y sanitario del cuerpo de agua. Se procura mantener porcentajes de cobertura vegetal óptimos para el equilibrio de los ecosistemas acuáticos.

3.2.1. Vegetación Lacustre.

Plantas ubicadas entre el margen litoral y el área palustre de los cuerpos de agua, se registra vegetación completamente terrestre y vegetación anfibia. Se recomienda un porcentaje de cobertura superior al 50 % para reducir procesos de erosión en borde y filtrar sustancias no deseables que ingresen al cuerpo de agua.

Mitigación y Control.

- Determinación de porcentajes de cobertura vegetal actual, ajustes a porcentajes recomendados.
- Remoción de exceso de follaje y plantas senescentes.
- Eliminación de focos de maleza identificados, principalmente de especies exóticas introducidas sin ningún valor ecológico particular.
- Identificación e Inventario de plantas endémicas.
- Empleo de reguladores de crecimiento vegetal según sea el caso evaluado, aplicando las dosis óptimas recomendadas, bajo estrictas normas de seguridad e higiene.
- Poda manual de vegetación terrestre y palustre en exceso.
- Corte de follaje en exceso, eliminación de plantas senescentes, manejo del sistema radicular, reduciendo así los aportes de biomasa externa que ingresan al cuerpo de agua y controlando la materia orgánica susceptible de ser degradada por los microorganismos acuáticos.

3.2.2. Vegetación Acuática Flotante.

Plantas acuáticas flotando sobre la región litoral y limnética. Se recomienda un porcentaje inferior al 10%, ya que, reducen el ingreso de luz en la masa de agua e incrementan las floraciones algales filamentosas asociadas a su sistema de raíces. El crecimiento indiscriminado de plantas acuáticas flotantes, en porcentajes superiores al 50 % de cobertura sobre la lámina de agua, se configuran como factor limitante en el desarrollo y mantenimiento de comunidades bióticas (plancton, peces, macrófitas sumergidas) indispensables en el equilibrio ecológico, restringiendo la cantidad de luz solar que ingresa en la columna de agua.

Esto implica como consecuencia la reducción en la concentración de oxígeno disuelto, descenso de la temperatura, aumento progresivo de materia orgánica en suspensión y depositada en el sedimento, floraciones algales de tipo filamentosos y proliferación de vectores (larvas e insectos) asociadas al follaje, lo que acarrea grandes problemas en la calidad del agua a nivel sanitario y estético.

Mitigación y Control.

- Determinación de porcentajes de cobertura vegetal actual y ajuste a porcentajes recomendados.
- Remoción de plantas senescentes y en exceso sobre el espejo de agua.
- Aplicación de reguladores de crecimiento según sea el caso evaluado, aplicando las dosis óptimas recomendadas, bajo estrictas normas de seguridad e higiene.
- Control biológico mediante peces herbívoros.
- Aplicación de reguladores de crecimiento, ambientalmente amigables, los cuales sólo son aplicados cuando los porcentajes de cobertura son superiores al 50 % sobre la lámina de agua.

3.2.3. Vegetación Acuática Sumergida.

Plantas acuáticas cuyo sistema radical se encuentra arraigado al sedimento y/o rocas, estructuras fotosintéticas que eventualmente pueden emerger por floración estacional. Se recomienda un porcentaje de cobertura ≥ 30 % para reducir procesos de remoción de sedimentos y ayudar a clarificar las masas de agua.

Mitigación y Control.

- Determinación de porcentajes de cobertura vegetal actual y ajustes a porcentajes recomendados.
- Reducción de cobertura y plantas senescentes con el uso de bote cosechador.
- Eliminación de focos de maleza por crecimiento desmedido con consecuente reducción de luminosidad.
- Control biológico mediante la introducción de peces herbívoros.
- Aplicación de reguladores de crecimiento según sea el caso evaluado, aplicando las dosis óptimas recomendadas, bajo estrictas normas de seguridad e higiene.
- Aplicación de Microorganismos Benéficos que inactiven el fósforo, por precipitación e inmovilización en el sedimento y que permitan la reducción del nitrógeno total y amonio.

Tabla 2. Macrófitas habituales en ecosistemas acuáticos.

PLANTAS FLOTANTES	PLANTAS TERRESTRES / PALUSTRES
Estrella de agua <i>Callitriche sp.</i>	Cortadera <i>Cortaderia selloana</i>
PLANTAS SUMERGIDAS	Tatora <i>Typha latifolia</i>
Lignillo <i>Potamogeton sp.</i>	Camalote grande <i>Pontederia cordata</i>
Alga de Fondo <i>Nitella sp. – Chara sp.</i>	Saetilla <i>Sagittaria sagittifolia</i>
PLANTAS PALUSTRES - EMERGENTES	* Thalia <i>Thalia multiflora</i>
Junco Lacustre <i>Schoenoplectus californicus</i>	* Paragüitas <i>Cyperus alternifolius</i>
* Lirio <i>Iris pseudoacorus</i>	* Papiro <i>Cyperus papyrus</i>

* Estas especies serán controladas de forma exhaustiva para evitar su propagación.

4. ALGAS UNICELULARES Y FILAMENTOSAS.

Las algas son organismos microscópicos unicelulares que se encuentran en los ecosistemas acuáticos, tanto marinos como de agua dulce, su estructura puede llegar a ser bastante simple hallando células individuales suspendidas en la columna de agua, también se pueden encontrar formaciones extensas de colonias algales de tipo filamentosas. En la última década se han llevado a cabo múltiples estudios que dan cuenta de los beneficios y posibles usos de este tipo de algas en la cadena industrial. Sin embargo, cuando los ecosistemas acuáticos son sometidos a presiones por el aumento en la carga de nutrientes que recibe, es frecuente que esta masa de filamentos se densifique, convirtiéndose en un problema para las demás especies acuáticas y para los seres humanos.

Las condiciones que promueven el crecimiento acelerado de algas incluyen las características morfológicas del cuerpo de agua, el aumento de la temperatura (estacional) y demás impactos antrópicos sobre el agua como el incremento de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo), este crecimiento excesivo es un fuerte indicador de eutrofización de la masa de agua y representa un problema de orden estético para este tipo de cuerpos de agua (ornamental), es aquellos casos en los que el impacto es elevado, estas colonias filamentosas pueden cubrir completamente el espejo de agua, con las consecuencias que esto acarrea: disminución de la concentración de oxígeno disuelto, aumento de materia orgánica, anoxia en sedimentos y mortandad de fauna acuática. Es esencial que el manejo de los espejos de agua se enfoque en evitar el crecimiento masivo de estas algas. Una vez que el cuerpo de agua ha sido invadido con algas de tipo filamentosas, el control debe radicar en reducir la frecuencia y severidad de ocurrencia de estos Blooms algales.

4.1 Monitoreo Y Diagnóstico.

- Reducción de nutrientes e inactivación de estos.

A pesar de las dificultades operativas que representa este factor, el primer paso, posterior al diagnóstico de condiciones eutróficas, es reducir los ingresos externos de nutrientes que contribuyen al crecimiento de las algas. Para ello, es esencial, corroborar que la red cloacal no presente fugas en áreas circundantes al espejo de agua y la disposición de aguas servidas se adecue a las normativas ambientales municipales y provinciales. Así mismo se hace necesario el análisis físico – químico previo, del líquido de alimentación, tanto de origen subterráneo como superficial. Sumado a la revisión de los usos del suelo para actividades recreativas como canchas de golf o fútbol que requieran la aplicación de fertilizantes químicos, los cuales por lo general son ricos en nitrógeno y fósforo.

Como segunda medida, se debe llevar a cabo el monitoreo periódico de las condiciones biológicas y físico – químicas tanto del agua como del sedimento, descritas al inicio del documento. Una vez finalizada las etapas de diagnóstico y prevención, es necesario tomar medidas asociadas a acciones mecánicas, químicas y biológicas, con el fin de reducir y eliminar el mayor porcentaje posible de blooms algales.

4.2. Acciones de prevención y/o mitigación.

4.2.1. Acciones físico – químicas.

- Obras de recuperación de suelo y protección del talud mediante la incorporación de barreras físicas.
- Elevar recomendación de obras para el adecuado manejo de aguas negras y transporte de efluentes domésticos por redes cloacales, según sea el caso encontrado.

- Instalación de aireadores que oxigenen adecuadamente los estratos inferiores de la columna de agua, de tal manera que se genere una rápida oxidación de la materia orgánica depositada en el sedimento con la consecuente redistribución de los nutrientes.
- Aplicación de compuestos químicos autorizados, bajo estrictas normas de seguridad e higiene, según sea el caso, con estimación de dosis óptima que no altere la vida de fauna y flora en el sistema.

4.2.2. Acciones Biológicas.

- Forestación en los márgenes de costa y zona lacustre, aumento de cobertura vegetal terrestre.
- Instalación de cobertura vegetal de amortiguación que permitan retener, fijar y filtrar compuestos externos, con especies como: *Typha latifolia*; *Schoenoplectus californicus* y *Pontederia cordata*.
- Introducción de peces herbívoros ó filtradores de fitoplancton.
- Reducción de la penetración de la luz, mediante la aplicación de barreras ópticas permitidas, que no causen impacto en la fauna acuática, aumenten el valor estético y reduzcan la transparencia del cuerpo de agua temporalmente.

5. CIANOBACTERIAS POTENCIALMENTE TÓXICAS

Las Cianobacterias o algas verde azules son organismos procariotas, autótrofos, que realizan fotosíntesis con liberación de oxígeno, se incluyen dentro de este grupo aproximadamente 2400 especies que comprenden formas unicelulares, coloniales o filamentosas, provistas o no de una vaina mucilaginosa, muchas de ellas presentan vesículas de gas o aerótopos, que les permiten regular su profundidad en la columna de agua para tener mayor disponibilidad de luz y nutrientes. La mayoría de Cianobacterias tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, lo que favorece su desarrollo masivo en ambientes con baja relación nitrógeno/fósforo (N: P). En los últimos años, este tipo de algas se ha destacado especialmente por los problemas que causan en los ambientes acuáticos y en los sistemas de abastecimiento de agua potable, por la alteración de las características organolépticas, cambios de olor y sabor y especialmente por la producción de toxinas (cianotoxinas).

Las Cianobacterias, bajo ciertas condiciones ambientales, tales como: temperaturas elevadas, alta carga de nutrientes, baja relación N: P, pH alcalino, y por presentar características como: capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, presencia de vesículas de gas, capacidad para crecer y reproducirse bajo distintas condiciones de luz, calma ambiental, bajo caudal, entre otras, resultan un grupo competitivamente exitoso en relación con otros del fitoplancton. Estas características posibilitan la formación de densas poblaciones que pueden ser evidentes por acumulación en la superficie del agua, siendo detectables a simple vista y pudiendo producir un cambio de color en el agua. A estas proliferaciones se las conoce con el nombre de floraciones, blooms algales o desarrollos masivos.

Las floraciones o blooms de Cianobacterias potencialmente tóxicas afectan la calidad del agua, los recursos pesqueros, animales, mascotas y la salud humana. Además, alteran el equilibrio acuático y las cadenas tróficas, producen excesiva biomasa, inhiben la capacidad fotosintética de otras algas por el sombreado, pueden llegar a producir toxinas, propician un sabor y olor desagradable e hipoxia, lo que afecta a otros organismos consumidores por la escasa disponibilidad de oxígeno para la respiración. Su crecimiento y muerte provoca un aumento de la materia orgánica, cuya descomposición disminuye el oxígeno disuelto en los estratos más bajos, pudiendo ocasionar la muerte de peces y demás organismos acuáticos.

Estos fenómenos ejercen un fuerte impacto sobre la economía humana, ya que provocan la disminución del aprovechamiento del ecosistema acuático, por interferir con su posible uso recreacional (baño, pesca, actividades deportivas) o para consumo (potabilización).

5.1. Manejo y Control

En el caso de aguas utilizadas para el abastecimiento público y/o para recreación con contacto directo, la floración puede ser definida en términos de la concentración de células que resultan perjudiciales para la salud pública. Se puede considerar floración a la ocurrencia de más de 20.000 células por mililitro de una población o más de 10 mg/m³ de clorofila-*a* con dominancia de Cyanobacterias. La ocurrencia de floraciones, generalmente son más frecuentes entre primavera y otoño.

Es necesario comprender que el manejo de las floraciones de cianobacterias debe ser parte en el diseño y aplicación del plan integral de gestión de los espejos de agua de uso recreativo. En los cuales se puede actuar para prevenir, mitigar y remediar los efectos adversos de los desarrollos masivos de cianobacterias. Así mismo es necesario tener en cuenta que algunas especies tienen potencial toxigénico (*ejem. Microcystis sp.*) Pero sólo mediante métodos clínicos (de alto costo) se puede determinar su toxicidad, razón por la cual es importante tomar medidas preventivas.

5.2. Medidas de prevención de la Eutrofización.

- Forestación en los márgenes de costa y zona lacustre, aumento de cobertura vegetal terrestre.
- Obras de recuperación de suelo y protección del talud mediante la incorporación de barreras.
- Aumento y protección de cobertura vegetal de amortiguación que permita retener, fijar y filtrar compuestos externos, con especies como: *Typha latifolia*; *Schoenoplectus californicus* y *Pontederia cordata*.
- Elevar recomendaciones de corrección de obras para el adecuado manejo de aguas negras y transporte de efluentes domésticos por redes cloacales.

5.3. Manejo del cuerpo de agua (Hidrológica / Hidráulica).

- El viento persistente, condiciones de turbulencia o el aumento del flujo (caudal) inducen a la desestratificación y mezcla del agua, lo que provoca que la floración pueda desintegrarse rápidamente.
- Mezcla y desestratificación térmica, por cambios estacionales de temperatura.
- Prevención de la disolución de sedimentos.
- Ajuste del nivel o flujo de agua.

Entre las acciones de prevención y/o mitigación se tiene:

- Aireación y oxigenación en el estrato inferior del lago mediante el uso de bombas de aireación y/o recirculación que permitan la oxigenación de los estratos inferiores y el desplazamiento de las cianobacterias por debajo de la zona eufótica, limitando la disponibilidad de luz y generando competencia por nutrientes con algas eucariotas.
- Dragado, recubrimiento del fondo con arcilla o arena para suprimir la solubilización del fósforo. El dragado se realiza a los fines de remover el sedimento rico en fósforo.
- Aumento de la cobertura vegetal subacuática arraigada con el fin de generar competencia por nutrientes, recubrir el sedimento evitando la re-suspensión de material particulado y solubilización del fósforo, oxigenar la masa de agua y servir de hábitat a especies ícticas planctófagas.
- Manejo de los niveles de cota, recambio de agua, aumento de caudal y desecado parcial.

5.4. Medidas a Corto y Mediano Plazo.

- Barreras de contención que impidan la dispersión de las floraciones en el espejo de agua.
- Eliminación mecánica de las algas (cosecha de algas).
- Aplicación de alguicidas, precipitantes o selladores. Su manejo debe ser controlado y en las primeras etapas de desarrollo de la floración.
- Biomanipulación mediante la introducción de especies ícticas herbívoras y filtradoras.

6. REFERENCIAS.

- Bellinger, E.G., Sigeo, D.C. 2010.** Freshwater Algae, Identification and Use as Bioindicators. First edition. *Editorial Wiley-Blackwell*. UK
- Bicudo, C., Menezes, M. 2006.** Gêneros de Algas de Águas Continentais Do Brasil (Chave para identificação e descrições). Segunda Edición. Ediciones Rima. São Carlos – Brasil.
- Carlson, R.E. 1977.** A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22: 361- 369.
- Cedex, 1991.** Jornadas sobre eutrofización de embalses e indicadores biológicos de la calidad de las aguas en ríos. Barcelona.
- Confederación Hidrográfica Del Ebro. 2005.** Metodología Para El Establecimiento Del Estado Ecológico Según La Directiva Marco Del Agua. Protocolos de muestreo y análisis. Ministerio de Medio Ambiente – España.
- Jorgensen, S. E. & R. A. Vollenweider (eds.). 1989.** Directrices para la gestión de lagos. Vol. 1: Principios generales sobre gestión de lagos. Comité Internacional de Ambientes Lacustres y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 176 pág
- Lopreto, E. Tell, G. 1995.** Ecosistema de Aguas Continentales, metodologías para su estudio. Ediciones Sur. Argentina
- Organización Mundial de la Salud, 2004.** Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1. OMS, 3ª. Edición.
- Ramírez, J.J. 2000.** Fitoplancton De Agua Dulce; aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Universidad De Antioquia. Colombia
- U.S. Environmental Protection Agency EPA. 2003.** Bacterial Water Quality Standards for Recreational Waters (Freshwater And Marine Waters) Status Report.
- Vollenweider, R.A. 1976.** Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33: 53-83.
- Wetzel, R.G. 1983.** Limnology. Saunders.
- World Health Organization, 2003.** Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal And Fresh Waters. Volume 2, Swimming pools and similar environments. WHO.



EcoSystems®

Mantenimiento de Lagos y Lagunas

PROGRAMA DE CONTROL DE VECTORES PARA LOS ESPEJOS DE AGUA

PUEBLOS DEL PLATA

Ley Nº 12.257 / Autoridad Del Agua (ADA) – Provincia de Buenos Aires – Argentina

TABLA DE CONTENIDOS.

I. INTRODUCCIÓN

II. OBJETIVO GENERAL

III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

IV. CONDICIONES GENERALES

V. ESTRATEGIAS DE MANEJO Y CONTROL

1. VOLADORES

- Mosquitos
- Moscas

1.1. Manejo – Control

1.1.1. Monitoreo

1.1.2. Control del Entorno

1.2. Tratamiento Químico

2. ROEDORES

2.1. Manejo – Control.

2.1.1. Monitoreo.

2.1.2. Control del Entorno

2.2. Tratamiento Químico

3. CIANOBACTERIAS TÓXICAS

3.1. Manejo y Control

3.1.1. Medidas de prevención de la Eutrofización

3.1.2. Manejo del cuerpo de agua.

3.1.3. Medidas a Corto y Mediano Plazo

4. COLIFORMES FECALES

4.1. Manejo – Control

4.1.1. Monitoreo

4.1.2. Control del Entorno y Tratamiento Biológico.

5. MOLUSCOS

5.1. Manejo – Control

5.1.1. Biológico

5.1.2. Físico

5.1.3. Químico

6. SANGUIJUELAS

7. REFERENCIAS

I. INTRODUCCIÓN

Cada año, a nivel mundial se reportan múltiples casos de transmisión de enfermedades por vectores y plagas, siendo este un indicativo en las políticas de salud pública, local, regional y nacional. El aumento, migración y diversidad de especies que sirven de huésped a microorganismos patógenos, así como la modificación de su hábitat, hace necesario la coordinación, gestión y manejo ambiental de ecosistemas antropizados, la mayoría de los insectos que actúan como vectores de enfermedades parasitarias están vinculados a ecosistemas acuáticos deteriorados, con aguas contaminadas y un exceso de materia orgánica.

A esto se suman las fuertes alteraciones climáticas, la conversión de un clima templado a subtropical con inviernos benevolentes, veranos fuertes y prolongados, aumento de la temperatura media ambiental, modificación en el régimen de lluvias y eventos anormales (olas de calor) que generan el medio adecuado para la reproducción y crecimiento de vectores y patógenos.

Por razones operativas, recursos y gestión, sumado a las constantes modificaciones en los ecosistemas, incremento de la población y densificación en pequeñas áreas, entre otras, se hace más difícil la regulación y el cumplimiento de las leyes ambientales establecidas para tal fin. Por consiguiente, la gestión ambiental para el control de estos vectores implica básicamente la introducción o mejora de prácticas de mantenimiento en retenciones de agua, independiente del uso para el cual este destinado.

Para el control de vectores es necesario el diseño y aplicación de un programa integral de mantenimiento en cuyo desarrollo se tomen en cuenta factores como la selección del vector a controlar, área de trabajo, características ambientales y climáticas, métodos y técnicas operativamente más eficientes, así como los recursos e infraestructura disponible para su correcta implementación. La mayoría de los métodos disponibles para el control de vectores y plagas emplean dos niveles de control: biológico y químico, este último por razones de disponibilidad y eficacia en términos de tiempo vs. reducción del vector, sigue siendo un elemento fundamental en el control integral de enfermedades de transmisión por vectores.

El siguiente documento tiene como propósito diseñar e implementar un programa integral para el control de vectores por parte de EcoSystems® en cumplimiento de la reglamentación ADA. Efectuando el diagnostico actual de los cuerpos de agua, con el fin de proponer estrategias de tipo biológico, químico y físico tendientes a mitigar y controlar las poblaciones de vectores más relevantes.

II. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar un programa de control de vectores para las lagunas de **Pueblos del Plata**, Con el ánimo de dar cumplimiento a los requerimientos establecidos por la Autoridad Del Agua (ADA) para el manejo y control de espejos de agua de uso ornamental en emprendimientos urbanos en la Provincia de Buenos Aires.

III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar un diagnostico actual en el cuerpo de agua monitoreado, sobre la presencia de plagas y vectores indicando el nivel de incidencia sobre la comunidad y los bienes.
- Desarrollar un programa para el control de los vectores identificados, que garantice las condiciones ambientales óptimas para la comunidad a fin de que estos no generen riesgo sobre su salud.

IV. CONDICIONES GENERALES

A continuación, se presentan algunas generalidades sobre la clasificación e identificación de vectores, para facilitar el diseño del programa de control y manejo.

En general, los vectores de régimen urbano se pueden clasificar como:

- **Salud Pública:** Cuando son habituales transmisores de enfermedades y/o portadores de microorganismos patógenos: (roedores, moscas, mosquitos, cucarachas, pulgas) o cuando son parásitos internos o externos de los seres humanos (*Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.*).
- **Industriales:** Presentes en productos almacenados o actividades agrícolas como producción de alimentos o comunes de jardines y zonas verdes.
- **Circunstanciales:** Murciélagos, palomas, arañas, escorpiones, reptiles y en general fauna silvestre de áreas naturales en límites con zonas rurales y el ejido urbano, como es el caso de este emprendimiento urbano.

Entre los vectores y plagas se pueden identificar diversos organismos que habitan en la vegetación terrestre y acuática, estos pueden ser artrópodos, insectos voladores, gusanos, hongos, virus, mamíferos y plantas.

- **Artrópodos:** Se alimentan de partes de la planta como hojas y raíces, causando daños al sistema fisiológico, pueden ser portadores y/o transmisores de patógenos de riesgo para la salud pública.
- **Insectos Voladores:** pueden ser fitófagos o hematófagos, causando daño por agotamiento de nutrientes en las plantas y transmitiendo patógenos por vía sanguínea en humanos y animales domésticos.
- **Moluscos:** Caracoles de agua dulce portadores de parásitos, tanto unicelulares como pluricelulares (diversas especies de nematodos) que infectan a los animales que los ingieren. Se les considera vectores de la gripe, hospedadores intermedios de *Fasciola sp.*, trematodos frecuentes en el hígado de los rumiantes y en diversas partes del mundo, como en los trópicos, la esquistosomiasis o bilharziosis.
- **Gusanos:** pueden ser insectos en su primer ciclo larvario que se alimentan de las plantas (raíces, hojas, frutos), causan principalmente daños mecánicos, si están presentes en el agua, puede causar enfermedades de tipo gastrointestinal, parasitarias en el torrente sanguíneo y sistémico.
- **Sanguijuelas:** Los hirudíneos (Hirudinea) son una clase del filo anélida, Son depredadores y se alimentan de pequeños gusanos, gasterópodos, crustáceos, larvas, renacuajos, alevines, etc. Solo algunas especies de sanguijuelas son hematófagas que atacan a vertebrados: anfibios, familias acuáticas de aves y reptiles y están especializados en peces y mamíferos. Denominados ectoparásitos, no son realmente parásitos, ya que, llevan una vida independiente, siendo su alimentación una depredación sobre especies distintas.
- **Hongos:** Son organismos patógenos que causan daños por agotamiento de nutrientes o degradación de tallos y hojas principalmente, son importantes en el reciclado y recirculación de nutrientes en el sistema.
- **Virus:** Estos son transmitidos principalmente por insectos, causantes de enfermedades respiratorias, digestivas y dermatológicas. Los virus son incapaces de multiplicarse libremente en el agua, por lo que su presencia está dada habitualmente por contaminación. Existen 6 tipos de virus en aguas contaminadas: *rotavirus*, *norovirus*, *adenovirus*, *astrovirus*, *enterovirus* y *virus de la hepatitis A*.
- **Cianobacterias Tóxicas:** Algas microscópicas de la división Cianobacteria, unicelulares, principalmente del género *Microcystis sp.* que, en condiciones apropiadas de temperatura y exceso de nutrientes, presentan un crecimiento acelerado, en ocasiones y exclusivamente en individuos senescentes, puede liberar toxinas (neurotoxinas, hepatotoxinas y dermatoxinas) de riesgo para la salud.
- **Coliformes Fecales:** incluye varios géneros de bacterias que se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente. Aunque no todos son de origen fecal.

V. ESTRATEGIAS DE MANEJO Y CONTROL

1. VOLADORES

▪ Mosquitos

Pertenecen al Orden de los Dípteros o insectos voladores, Suborden Nematóceras de la familia *Culicidae* tienen una metamorfosis completa de 4 estadios (Huevo-Larva-Pupa-Adulto), de las cuales su mayoría se desarrolla en hábitats acuáticos. Las hembras adultas son hematófagas. A pesar de la amplia diversidad entre especies, tienen una serie de características en común: Con su aparato bucal (probóscide), las hembras extraen la sangre de los mamíferos (humanos o animales), que requieren para la producción de huevos. Los huevos siempre se desarrollan en el agua. La mayoría de las especies reposan ocultas durante el día y ejercen actividad sobre la puesta del sol y durante la noche.

Los del grupo *Aedes* transmiten patógenos de distintas enfermedades. Por ejemplo, fiebre amarilla y dengue. Los pertenecientes al *Culex* son transmisores de enfermedades como encefalitis y filariasis y especies del género *Anopheles* son transmisores de la malaria en regiones tropicales selváticas.

Se subdividen en tres grupos fundamentales:

- Mosquitos de la vivienda – *Culex spp.*
- Mosquitos de la fiebre amarilla y Dengue – *Aedes sp.*
- Mosquitos de la malaria – *Anopheles spp.*

▪ Moscas

Pertenecen al Orden de los Dípteros o insectos voladores, Suborden Brachycera contiene una división denominada *Cyclorhapha* o moscas superiores de las cuales se desprenden 85 familias, las moscas domésticas se clasifican dentro de la familia *Muscidae*. Las moscas se crían principalmente en áreas secas y templadas. Las adultas se alimentan de vegetales y materia orgánica de origen animal, pero también de exudados y heces. Atraviesan por 4 estadios de vida: huevo, larva (gusano), pupa y adulto. En algunas especies, estos estadios pueden ocurrir en menos de 2 semanas en climas cálidos. El adulto es el estadio capaz de propagar enfermedades al entrar en contacto con el entorno y los animales, hospedando patógenos transmisibles al hombre tales como: disentería, tifus, salmonelosis etc., en las patas y en la región bucal.

Las especies más importantes son:

- Mosca casera común – *Musca domestica*.
- Mosca otoñal – *Fannia sp.*
- Mosca de la fruta – *Drosophila spp.*
- Mosca verde azul – *Calliphora sp.*
- Mosca de la carne – *Sarcophaga carnaria*.
- Mosca del establo – *Stomoxys calcitrans*.

1.1. Manejo – Control

El manejo integrado es el mejor método para controlar plagas de insectos voladores (mosquitos y moscas), abarca el monitoreo, control del entorno y el tratamiento químico.

1.1.1. Monitoreo.

El monitoreo permite identificar los lugares apropiados (hábitat) para la postura de huevos y supervisar el entorno para detectar la presencia de moscas adultas. Las áreas que se deben monitorear incluyen: márgenes de costa, zonas de estancamiento de la masa de agua, áreas de almacenamiento de residuos verdes de poda, zonas anegadas en el entorno, cadáveres de aves y coipos, así como áreas con fuerte acumulación de materia orgánica.

Se recomienda iniciar el proceso de monitoreo antes que inicie la temporada de postura de huevos, esto es finalizando el invierno y principios de primavera, una vez llegada la temporada más cálida y húmeda del año, es necesario monitorear estas áreas cada dos semanas.

Estación	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Monitoreo	✓ Una vez al mes	✓ Cada dos semanas	✓ Cada dos semanas	✓ Una vez al mes

1.1.2. Control del Entorno

Es esta etapa, quizás la que resulta de mayor importancia y que eventualmente puede permitir la reducción en la aplicación de insecticidas. Una vez efectuado el monitoreo e identificados los lugares susceptibles de hospedar vectores, se hace necesario el control del entorno, mediante acciones mecánicas y biológicas.

- Poda de exceso de vegetación lacustre, eliminación de focos de maleza y manejo adecuado de los desechos.
- Los desechos orgánicos (residuos de poda, vegetación en descomposición) se deberán eliminar una vez a la semana para evitar que los huevos de mosca hagan eclosión.
- Reducción de vegetación subacuática emergente y en exceso principalmente en margen litoral y zonas de estancamiento del agua.
- Manejo adecuado y disposición final de residuos sólidos urbanos.
- Introducción controlada de especies ícticas que se alimenten de huevos y larvas de moscas y mosquitos.

1.2. Tratamiento Químico

Existe gran variedad de referencias para el uso de insecticidas en general, tipo de compuestos, graduación, espectro de uso, periodos de aplicación y estrategias ante la resistencia a cada formulación. No es el propósito de este documento proveer un listado de todos los insecticidas que actualmente son aplicados en el control de vectores. Pero sí el proponer y elevar recomendaciones a la administración del consorcio, con el fin de seleccionar operadores de alta experiencia y equipamiento profesional en el tratamiento de plagas y vectores.

No obstante, proponemos las siguientes recomendaciones:

- Limitar la aplicación de insecticidas sólo en las áreas identificadas de mayor incidencia de vectores.
- Restringir la aplicación de insecticidas a periodos estacionales con picos poblacionales de moscas y mosquitos.
- Preponderar el monitoreo, control biológico y mecánico como medidas preventivas para reducir el uso de métodos químicos.
- Reemplazar insecticidas residuales por compuestos biológicos que no dejen residuos y se degraden fácilmente, sin contaminar la masa de agua.
- Elegir preferiblemente compuestos que permitan eliminar sólo hembras adultas o larvas en el agua.
- Generar rotación anual entre insecticidas para evitar procesos de resistencia a los compuestos.
- Alertar a la comunidad y tomar medidas de seguridad durante las tareas de fumigación.

2. ROEDORES

En los ambientes urbanizados de la región del Gran Buenos Aires, las especies de roedores más frecuentes son aquellas llamadas comensales o domésticas, ya que están estrechamente asociadas a los productos derivados de la actividad del hombre. Las especies más importantes que predominan en áreas urbanas pertenecen al grupo de los *murinos* y son: la rata parda (*Rattus norvegicus*), la rata negra (*Rattus rattus*) y la laucha urbana (*Mus domesticus*).

Viven en pequeños grupos, en madrigueras en el campo o en nidos en las viviendas e incluso en los árboles. Son de hábitos nocturnos, se alimentan de noche, especialmente en áreas donde se almacenan alimentos o depositan granos o desperdicios orgánicos, en basurales, mercados, viviendas, puertos y cloacas. Pueden provocar daños en instalaciones industriales (cables eléctricos, tuberías, embalajes), diques y canales de irrigación. Son hospedadores naturales de diversos microorganismos como bacterias, virus, parásitos que pueden ser transmitidos al hombre, también, son responsables de cuantiosas pérdidas económicas por consumo y contaminación de alimentos.

2.1. Manejo – Control.

El control de roedores se divide entre métodos químicos y no-químicos, la importancia de este último radica en el saneamiento ambiental.

2.1.1. Monitoreo.

El monitoreo puede ser tan simple como identificar los lugares apropiados para servir de hábitat y fuente de alimento de los individuos adultos, las áreas que se deben monitorear incluyen: márgenes de costa, áreas de almacenamiento de residuos sólidos urbanos, rejillas de alcantarillado y receptores pluviales, cuevas en el suelo y sobre el sistema radicular de árboles.

2.1.2. Control del Entorno

Una vez efectuado el monitoreo e identificados los lugares susceptibles de servir de hábitat a roedores adultos y sus crías, se hace necesario el control del entorno, mediante acciones mecánicas y biológicas.

- Eliminación de focos de maleza y manejo adecuado de los desechos.
- Manejo adecuado y disposición final de residuos sólidos urbanos, en área de fácil limpieza y aireación.
- Protección de especies predatoras como aves (Halcones y Caranchos), reforestando y evitando la poda excesiva del dosel en árboles de gran porte.
- Saneamiento y adecuación de rejillas de alcantarillado y receptores pluviales.
- Mantenimiento y control de la vegetación.

2.2. Tratamiento Químico

Existe gran variedad de raticidas, tipo de compuestos, graduación, espectro de uso, períodos de aplicación y estrategias ante la resistencia a cada formulación. No es el propósito de este documento proveer un listado de todos los raticidas que actualmente son aplicados.

Pero si el proponer y elevar recomendaciones a la administración del consorcio, con el fin de seleccionar operadores de alta experiencia y equipamiento profesional en el tratamiento de plagas y vectores. Sin embargo, proponemos las siguientes recomendaciones:

- Limitar la aplicación de raticidas sólo en las áreas donde se haya comprobado la presencia de roedores.
- Restringir la aplicación de raticidas a los periodos estacionales con picos poblacionales de roedores.
- Preponderar el monitoreo, control biológico y mecánico como medidas preventivas para reducir el uso de métodos químicos.
- Reemplazar raticidas residuales por compuestos biológicos que no dejen residuos y se degraden fácilmente, evitando así la intoxicación de especies predatoras y carroñeras y de forma indirecta la intoxicación de humanos.
- Aplicar de forma adecuada los raticidas, evitando el arrastre de residuos por la lluvia al cuerpo de agua.
- Disponer siempre del antídoto contra el raticida aplicado y que las etiquetas del producto sean de conocimiento público.
- Generar rotación anual entre raticidas para evitar procesos de resistencia a los compuestos.

3. CIANOBACTERIAS POTENCIALMENTE TÓXICAS

Las Cianobacterias o algas verde azules son organismos procariotas, autótrofos, que realizan fotosíntesis con liberación de oxígeno, se incluyen dentro de este grupo aproximadamente 2400 especies que comprenden formas unicelulares, coloniales o filamentosas, provistas o no de una vaina mucilaginosa, muchas de ellas presentan vesículas de gas o aerótopos, que les permiten regular su profundidad en la columna de agua para tener mayor disponibilidad de luz y nutrientes. La mayoría de Cianobacterias tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, lo que favorece su desarrollo masivo en ambientes con baja relación nitrógeno/fósforo (N: P). En los últimos años, este tipo de algas se ha destacado especialmente por los problemas que causan en los ambientes acuáticos y en los sistemas de abastecimiento de agua potable, por la alteración de las características organolépticas, cambios de olor y sabor y especialmente por la producción de toxinas (cianotoxinas).

Las Cianobacterias, bajo ciertas condiciones ambientales, tales como: temperaturas elevadas, alta carga de nutrientes, baja relación N: P, pH alcalino, y por presentar características como: capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, presencia de vesículas de gas, capacidad para crecer y reproducirse bajo distintas condiciones de luz, calma ambiental, bajo caudal, entre otras, resultan un grupo competitivamente exitoso en relación con otros del fitoplancton. Estas características posibilitan la formación de densas poblaciones que pueden ser evidentes por acumulación en la superficie del agua, siendo detectables a simple vista y pudiendo producir un cambio de color en el agua. A estas proliferaciones se las conoce con el nombre de floraciones, blooms algales o desarrollos masivos.

Las floraciones o blooms de Cianobacterias potencialmente toxígenas afectan la calidad del agua, los recursos pesqueros, animales, mascotas y la salud humana. Además, alteran el equilibrio acuático y las cadenas tróficas, producen excesiva biomasa, inhiben la capacidad fotosintética de otras algas por el sombreado, pueden llegar a producir toxinas, propician un sabor y olor desagradable e hipoxia, lo que afecta a otros organismos consumidores por la escasa disponibilidad de oxígeno para la respiración. Su crecimiento y muerte provoca un aumento de la materia orgánica, cuya descomposición disminuye el oxígeno disuelto en los estratos más bajos, pudiendo ocasionar la muerte de peces y demás organismos acuáticos.

Estos fenómenos ejercen un fuerte impacto sobre la economía humana, ya que provocan la disminución del aprovechamiento del ecosistema acuático, por interferir con su posible uso recreacional (baño, pesca, actividades deportivas) o para consumo (potabilización).

3.1. Manejo y Control

En el caso de aguas utilizadas para el abastecimiento público y/o para recreación, la floración puede ser definida en términos de la concentración de células que resultan perjudiciales para la salud pública. Se puede considerar floración a la ocurrencia de más de 20.000 células ml^{-1} de una población o más de 10 mg/m^3 de clorofila-*a* con dominancia de Cyanobacterias. La ocurrencia de floraciones, generalmente son más frecuentes entre primavera y otoño.

Es necesario comprender que el manejo de las floraciones de cianobacterias debe ser incorporado en el diseño del plan integral de gestión del espejo de agua. Para prevenir, mitigar y remediar los efectos adversos de los desarrollos masivos de cianobacterias se proponen tres niveles de control:

1. Prevención de eutrofización
2. Manejo del cuerpo de Agua (manejo de condiciones Hidrológicas/Hidráulicas)
3. Medidas inmediatas y/o de corto plazo: (reubicación de toma de agua, barreras de contención de floración, alguicidas)

3.1.1. Medidas de prevención de la Eutrofización

En la mayoría de los casos, la eutrofización se intensifica por actividades antropogénicas. Las tres principales fuentes de aportes externos de nutrientes son:

- Escorrentía superficial con erosión de suelos y arrastre / filtración de fertilizantes químicos.
- La erosión resultante de la deforestación y/o escasa cobertura vegetal terrestre y lacustre.
- Efluentes domésticos e industriales.

Entre las acciones de prevención y/o mitigación se tiene:

- Forestación en los márgenes de costa y zona lacustre, aumento de cobertura vegetal terrestre.
- Obras de recuperación de suelo y protección del talud mediante la incorporación de barreras.
- Adecuación de zonas verdes de amortiguación que permitan retener, fijar y filtrar compuestos externos, con la siembra de especies como: *Typha latifolia*; *Schoenoplectus californicus* y *Pontederia cordata*.
- Obras para el adecuado manejo de aguas negras y transporte de efluentes domésticos por redes cloacales.

3.1.2. Manejo del cuerpo de agua.

- El viento persistente, condiciones de turbulencia o el aumento del flujo (caudal) inducen a la desestratificación y mezcla del agua, lo que provoca que la floración pueda desintegrarse rápidamente.
- Mezcla mecánica y desestratificación térmica.
- Prevención de la disolución de sedimentos.
- Ajuste del nivel o flujo de agua.

Entre las acciones de prevención y/o mitigación se tiene:

- Aireación y oxigenación en el estrato inferior del lago mediante el uso de bombas de aireación y recirculación que permitan la oxigenación de los estratos inferiores y el transporte de las cianobacterias por debajo de la zona eufótica, limitando la disponibilidad de luz y generando competencia por nutrientes con algas eucariotas.

- Dragado, recubrimiento del fondo con arcilla o arena para suprimir la solubilización del fósforo, el dragado se realiza con el fin de remover el sedimento rico en fósforo.
- Aumento de la cobertura vegetal subacuática arraigada para generar competencia por nutrientes, recubrir el sedimento evitando la re-suspensión de material particulado y solubilización del fósforo.
- Aumento de la cobertura vegetal acuática para oxigenar la masa de agua y servir de hábitat a especies ícticas planctófagas.
- Manejo de los niveles de cota, recambio de agua, aumento de caudal y desecado parcial.

3.1.3. Medidas a Corto y Mediano Plazo

Entre las acciones de prevención y/o mitigación se tiene:

- Biomanipulación mediante la introducción controlada de especies ícticas herbívoras y filtradoras.
- Eliminación mecánica de las algas (cosecha de algas).
- Barreras de contención que impidan la dispersión de las floraciones sobre la superficie del espejo de agua.

4. COLIFORMES FECALES

Una de las mayores fuentes de contaminación del agua es por microorganismos patogénicos: bacterias, protozoos y virus, estos organismos constituyen uno de los principales problemas para la salud pública a nivel global. El mayor riesgo de la contaminación con microorganismos patógenos es el consumo de agua contaminada con patógenos provenientes de las heces fecales tanto de humanos como de animales, sumados a los microorganismos patógenos que se encuentran en forma libre habitando los cuerpos de agua, los cuales pueden causar graves problemas sanitarios durante su exposición. Entre las enfermedades se incluyen infecciones gastrointestinales, encefalitis amebiana, meningitis amebiana e incluso la muerte.

El grupo de coliformes totales incluye varios géneros de bacterias que se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente. Aunque no todos son de origen fecal. En condiciones adecuadas, pueden multiplicarse en presencia de materia orgánica, algunas especies son asociadas a desechos vegetales, suelos o aguas superficiales.

Los coliformes totales incluyen cuatro géneros de la familia Enterobacteriaceae: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter* y *Enterobacter*. De estos organismos, sólo *Escherichia coli* se encuentra exclusivamente en heces, constituyendo casi el 97% de las especies coliformes en las heces humanas; *Klebsiella* aporta un 1,5%, mientras que *Enterobacter* y *Citrobacter* aportan el 1,7%. El género *Klebsiella* no es un buen indicador de contaminación fecal pues podría estar presente en niveles elevados en residuos industriales, por ejemplo, de plantas de producción de pulpa de papel y plantas procesadoras de alimentos.

Los análisis bacteriológicos que determinan la presencia de Coliformes Fecales constituyen el mejor indicador de contaminación en el agua por materia de origen fecal, aunque se ha comprobado que pueden tener otro origen además del fecal. Siendo *Escherichia coli* la especie predominante.

La presencia de Coliformes en el agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas cloacales u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias Coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

4.1. Manejo – Control

La Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, ha establecido límites estándar para la presencia de Coliformes Fecales y *Escherichia coli*, de acuerdo con los parámetros determinados por el US – EPA como medida para clasificar cuerpos de agua de uso recreativo con contacto primario o directo y contacto indirecto o secundario.

Determinaciones	Límite Estándar US – EPA
Recuento Total Bacterias Aerobias Mesófilas	≤ 5000 UFC
Coliformes Totales	≤ 2000 NMP
Coliformes Fecales	≤ 200 UFC / 100 ml
<i>Escherichia coli</i>	≤ 126 / 100 ml
<i>Pseudomonas</i>	ND

Es necesario adecuar un plan de manejo y control para los casos en los cuales se haya determinado la presencia de microorganismos patogénicos, con el fin de erradicarlos completamente de la masa de agua y sedimentos, con la respectiva corrección de las causas que ocasionaron la contaminación por materia orgánica de origen fecal. El manejo integrado es el mejor método para controlar y erradicar la presencia de estos microorganismos patógenos, esto abarca el monitoreo, el control del entorno y el tratamiento biológico.

4.1.1. Monitoreo

Con el fin de tener un control de la composición microbiológica de los cuerpos de agua, se efectúan cuatro (4) análisis de laboratorio por año para establecer la presencia y concentración de microorganismos patógenos. Teniendo en cuenta la estacionalidad se toman datos en el intervalo entre primavera y otoño, temporada en la cual las elevadas temperaturas ambientales, la humedad y las precipitaciones generan las condiciones apropiadas para el desarrollo y establecimiento de comunidades bacteriológicas de relevancia para la calidad del agua, que determinan su uso y manejo, fundamentalmente en el verano, que es el periodo de mayor uso en actividades recreativas.

Tabla 3.: Parámetros bacteriológicos a evaluar y los periodos de muestreo.

Parámetro Bacteriológicos	Unidades	Profundidad	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Coliformes Totales	NMP/100ml	0.30 m	✓ Octubre	✓ Enero	✓ Abril	✓ Julio
Coliformes Fecales	NMP/100ml					
Bacterias Aerobias Heterótrofas	UFO en 1 ml					
<i>Pseudomonas sp.</i>	Ausencia					
<i>Escherichia Coli</i>	NMP/100ml					

Adicional al análisis, es necesario identificar elementos en el entorno que eventualmente puedan aportar materia orgánica de origen fecal, las áreas que se deben monitorear incluyen: composición e infraestructura de redes cloacales, alcantarillado y receptores de aguas pluviales, presencia de pozos ciegos para aguas negras, áreas de disposición de residuos sólidos urbanos, identificación de sistemas acuáticos contaminados (Arroyo, Humedales, Lagunas) en áreas de influencia del espejo de agua monitoreado.

4.1.2. Control del Entorno y Tratamiento Biológico.

Es esta etapa, quizás la que resulta de mayor importancia y que eventualmente puede permitir la erradicación de microorganismos patogénicos. Una vez efectuado el monitoreo y análisis bacteriológico, se hace necesario el control del entorno, mediante acciones mecánicas y biológicas.

- Determinación de posibles filtraciones desde la red cloacal al cuerpo de agua y acuífero.
- Corrección de fallas en la infraestructura, de ser estas posibles.
- Monitoreo frecuente del nivel freático.
- Manejo adecuado y disposición final de residuos sólidos urbanos.
- Aumento de la cobertura vegetal subacuática arraigada con el fin de generar competencia por nutrientes.
- Instalación de zonas verdes de amortiguación que permitan degradar la materia orgánica de forma eficiente, con especies como: *Typha latifolia*; *Schoenoplectus californicus* y *Pontederia cordata*.
- Aplicación de Microorganismos Benéficos, de comprobada eficacia en la degradación de materia orgánica y la reducción de bacterias patógenas por competencia y limitación de nutrientes.

La aplicación del plan de manejo y control de Microorganismos Patógenos debe procurar siempre la reducción y/o eliminación de los aportes externos de materia orgánica de origen fecal, tanto de fuentes antrópicas (aguas servidas) como de fuente animal (Pecuario, Avícola) entre otros.

5. MOLUSCOS

Los caracoles, como huéspedes intermedios obligados dentro del ciclo biológico de los gusanos trematodos parásitos que afectan al hombre y animales domésticos, ocupan un lugar de suma importancia en los programas de manejo y control en la transmisión de enfermedades por vectores graves tales como la bilharziasis comúnmente conocida como esquistosomiasis, apegándose al nombre genérico de los trematodos de la sangre humana *Schistosoma*, *clonorchiasis*, *paragonomiasis* y *fasciolopsiasis*.

Los hábitos de los caracoles de agua dulce son muy variables y cada especie a menudo está asociada con ambientes diferentes. Algunos prefieren estanques temporales y áreas anegadas, tierras bajas lodosas, agua estancada, lagos grandes y profundos con elevada cobertura vegetal subacuática o corrientes suaves de agua. Algunos son anfibios y otros son estrictamente acuáticos.

5.1. Manejo – Control

Los métodos de control que pueden resultar eficientes para reducir sensiblemente poblaciones de moluscos de agua dulce incluyen drenaje, secado parcial, descenso de nivel de cota, relleno de hábitats, reducción de la vegetación que sirve de alimento y resguardo y multiplicación de predadores.

5.1.1. Biológico

- Reducción de floraciones algales de tipo filamentoso.
- Manejo y eliminación de exceso de follaje y raíces de plantas lacustres.
- Manejo de lodos y sedimentos en márgenes de costa, reducción de materia orgánica.
- Protección e introducción controlada de especies predadores de moluscos, como aves y peces.
- Eliminación mecánica de algas filamentosas.
- Control de cobertura de plantas subacuáticas y ramificaciones emergentes en áreas estancadas.

5.1.2. Físico

- Drenaje y aumento de caudal que permita lavar superficies de contacto como rocas, suelo, raíces y tallos de plantas lacustres.
- Descenso del nivel, permitiendo la exposición al sol de los márgenes de costa, tallos sumergidos y rocas adyacentes.
- Oxigenación y generación de corrientes elevadas mediante bombas de recirculación en áreas de estancamiento de las masas de agua.

5.1.3. Químico

De los diversos productos químicos que existen en el mercado, el metaldehído tiene una eficacia comprobada siendo al mismo tiempo ecológicamente compatible. En jardinería se emplean productos en base a metaldehídos, ya que, es el único producto específico selectivo para el control de babosas y caracoles. En la agricultura y floricultura se emplean otros productos como carbamatos, niclosamida y sales metálicas. Pero estos productos no son específicos al tratarse de insecticidas, por lo que tienen otros efectos ecotoxicológicos y llegan a ser perjudiciales para la salud. En tanto que la aplicación de metaldehído implica un reducido riesgo de contaminación del medio ambiente al ser fácilmente descompuesto por microorganismos aerobios y anaerobios.

6. SANGUIJUELAS

Las sanguijuelas son parásitos externos (Ectoparásitos) hematófagos de algunos vertebrados, no se pueden considerar peligrosas para el ser humano ni para los animales desde el punto de vista parasitológico y patogénico, ya que no son vectores de enfermedades de transmisión. En su mayoría se consideran parásitos temporales que una vez que han tomado el alimento se separan del huésped y hacen vida libre en el sedimento lodoso.

Las sanguijuelas están protegidas en numerosos países por su disminución, consecuencia de la destrucción de su hábitat y la contaminación. Según la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) A partir de 1996 se ha declarado especie amenazada.

De reportarse algún caso de aumento acelerado de la población de estos organismos, constituyendo un problema para bañistas y práctica de deportes náuticos, se tomarán las acciones necesarias de manejo y control del hábitat, entre las medidas están: captura de individuos con trampas específicas, manejo de lodos, reducción de follaje de plantas subacuáticas, aumento de la transparencia, descenso del nivel de cota o desecado parcial y protección de especies predatoras.

7. REFERENCIAS.

World Health Organization, 2003. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal And Fresh Waters. Volume 2, Swimming pools and similar environments. WHO.

Kornacki J.L. & Johnson J.L. (2001) "Enterobacteriaceae, Coliforms, and Escherichia coli as Quality and Safety Indicators". In: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 4th ed. Downs F.P. & Ito K. (Eds.) APHA. Washington. 69-82.

Bellinger, E.G., Sigeo, D.C. 2010. Freshwater Algae, Identification and Use as Bioindicators. First edition. Editorial Wiley-Blackwell. UK

Bicudo, C., Menezes, M. 2006. Gêneros de Algas de Águas Continentais Do Brasil (Chave para identificação e descrições). Segunda Edición. Ediciones Rima. São Carlos – Brasil.

Cedex, 1991. Jornadas sobre eutrofización de embalses e indicadores biológicos de la calidad de las aguas en ríos. Barcelona.

Confederación Hidrográfica Del Ebro. 2005. Metodología Para El Establecimiento Del Estado Ecológico Según La Directiva Marco Del Agua. Protocolos de muestreo y análisis. Ministerio de Medio Ambiente – España.

Lopreto, E. Tell, G. 1995. Ecosistema de Aguas Continentales, metodologías para su estudio. Ediciones Sur. Argentina

Organización Mundial de la Salud, 2004. Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1. OMS, 3ª. Edición.

Ramírez, J.J. 2000. Fitoplancton De Agua Dulce; aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Universidad De Antioquia. Colombia

U.S. Environmental Protection Agency EPA. 2003. Bacterial Water Quality Standards for Recreational Waters (Freshwater And Marine Waters) Status Report.

Vollenweider, R.A. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33: 53-83.

Wetzel, R.G. 1983. Limnology. Saunders.