



COHIFE

CONSEJO HÍDRICO FEDERAL
COMISIÓN DE CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA

**LINEAMIENTOS PARA LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE
PROGRAMAS DE CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD
DE AGUAS NATURALES DESTINADAS A FINES RECREATIVOS**



COHIFE
CALIDAD DE AGUA



INDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVO.....	2
FUNDAMENTOS.....	3
PROGRAMA DE MONITOREO.....	5
NORMATIVAS Y VALORES GUÍAS DE CONSULTA.....	8
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
ANEXO I: TABLAS DE VALORES GUÍAS.....	15
CAPÍTULO 2. MONITOREO DE CURSOS Y CUERPOS DE AGUA. COMPONENTE BACTERIOLÓGICO	
INTRODUCCIÓN.....	21
MICROORGANISMOS INDICADORES.....	22
METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE DENSIDAD BACTERIANA.....	22
EXPERIENCIAS PROVINCIALES.....	25
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
CAPÍTULO 3. MONITOREO DE CURSOS Y CUERPOS DE AGUA. COMPONENTE FITOPLANCTON	
INTRODUCCIÓN	32
PLAN DE MONITOREO DEL COMPONENTE FITOPLANCTON.....	33
Inspección visual del ambiente.....	33
Selección de los sitios de muestreo.....	33
Toma de muestras.....	34
Conservación de las muestras.....	35
Técnicas para análisis	35
Herramientas de alertas tempranas ante floraciones algales.....	36
EXPERIENCIAS PROVINCIALES	37
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES	72
EQUIPO DE REDACCIÓN	75

PRÓLOGO

Año tras año crece la motivación de la población por contactar con la naturaleza, haciendo uso de las aguas en su entorno natural para esparcimiento, recreación y numerosas actividades deportivas, que tienen una influencia importante en la salud y el bienestar. Resulta por lo tanto necesario, contar con mecanismos para la prevención de riesgos a la salud de la población que toma contacto directo con aguas naturales para actividades recreacionales, con el fin de propiciar la confianza del público y aumentar la asistencia a las playas.

El impacto sobre los recursos hídricos originado por el aumento demográfico e industrial, la variabilidad climática y disminución de caudales en ríos y niveles de los lagos., se viene manifestando tanto a nivel regional en Latinoamérica, como a nivel global afectando a las comunidades, con pérdidas del beneficio de las actividades acuáticas y del potencial económico local.

Este documento, que fue elaborado contemplando la vastedad del territorio de la República Argentina con las particularidades ambientales y sociales que caracterizan a cada región, está destinado a las entidades responsables de la gestión de áreas recreacionales y a todas aquellas con o sin fines de lucro que necesiten conocer la calidad del agua para uso recreativo. Su finalidad es ponerlo a disposición de las autoridades y organizaciones competentes como una guía de procedimientos, para que gradualmente puedan adoptarse como medidas sanitarias preventivas, según se consideren pertinentes. En el mismo se especifican una serie de pautas y/o lineamientos a considerar a la hora de diseñar y ejecutar un programa de monitoreo tendiente a evaluar la aptitud de un cuerpo o curso de agua para uso recreacional seguro. Describe experiencias y metodologías utilizadas en distintas regiones del territorio nacional que pueden servir como ejemplos de aplicabilidad y efectúa, además, recomendaciones en base a dichas experiencias; proporcionando una guía práctica que garantice la confiabilidad de la información que se genere. Se centra en el control bacteriológico para la evaluación de la aptitud del agua con fines recreativos y en la vigilancia y gestión de alertas ante apariciones de “blooms” algales; ya que existe un consenso a nivel internacional de utilizar parámetros bacteriológicos y de fitoplancton (como las toxinas generadas por las cianobacterias) para la evaluación de la aptitud de un cuerpo o curso de agua natural para uso recreativo.

En consideración de la importancia que los usos de las aguas recreacionales tienen en la salud pública y en la preservación de la calidad de los recursos hídricos, el Consejo Hídrico Federal (COHIFe), a través de la Comisión de Calidad y Cantidad de Agua, elaboró el documento “Lineamientos para la planificación y ejecución de programas de control y vigilancia de la calidad de las aguas naturales destinadas a fines recreativos”, consensuado por las provincias y Nación, en cumplimiento de los Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina y las atribuciones contenidas en su carta orgánica.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En la República Argentina, las Autoridades del Agua de las diferentes jurisdicciones provinciales, tienen entre sus funciones el control y la vigilancia de la calidad del agua para uso recreacional.

Los principales riesgos a la salud a que se expone la población usuaria de las aguas recreacionales cuando la calidad no es apta para tal fin, se encuentran asociados a infecciones agudas como resultado del contacto con microorganismos patógenos y afecciones causadas por toxinas, provenientes de escurrimientos de aguas residuales, pluviales, excrementos de animales, floraciones de algas nocivas o el deficiente saneamiento de la playa, entre otros.

El control de la calidad de un cuerpo y/o curso de agua utilizado con fines recreativos, permite identificar los riesgos para la salud de manera anticipada a la ocurrencia de la exposición de la población, constituyéndose en una herramienta de prevención para emitir alertas con el fin de definir acciones preventivas y/o correctivas sobre las fuentes de contaminación y así proteger a los usuarios.

Son numerosas las jurisdicciones que desde hace años vienen implementando programas de monitoreo, metodologías y valores guías de parámetros de calidad basados en distintas directrices o recomendaciones internacionales y nacionales, que les posibiliten establecer la aptitud de sus recursos hídricos para uso recreativo con contacto directo, en un marco de protección de la salud de los usuarios.

En el presente documento la Comisión de Calidad y Cantidad de Agua del Consejo Hídrico Federal (COHIFe), conformada por técnicos de las diferentes autoridades hídricas provinciales y de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de Nación (SIPH), reúne las experiencias y metodologías aplicadas por las provincias, los procedimientos consensuados que se sugieren seguir y los valores guías nacionales e internacionales tomados como referencia para la evaluación de cuerpos y cursos de agua para fines recreativos con contacto directo.

Lo antes expuesto, ha motivado a esta comisión federal a recabar las experiencias adquiridas a lo largo del tiempo relacionadas con la evaluación de la calidad de las aguas para uso recreacional, establecer un consenso de aspectos metodológicos y elaborar un documento destinado a gestores de áreas recreativas o interesados en el conocimiento de la aptitud del agua destinada a la recreación. En el mismo se presentan de manera práctica los lineamientos para el desarrollo de programas de monitoreo de calidad de agua en aquellos sitios donde no se cuente con antecedentes o monitoreos específicos, o se desee mejorar los existentes. El propósito es promover el desarrollo integral y armónico de las regiones en relación a la protección de la salud de sus poblaciones y la conservación de los recursos hídricos en concordancia con el Principio Rector N° 6, de los Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina.

OBJETIVO

Elaborar un documento guía que contenga los lineamientos para la planificación, ejecución e implementación paulatina de programas de control y vigilancia del estado de aguas naturales destinadas a fines recreativos con contacto directo.

FUNDAMENTOS

- **Diversidad de los recursos hídricos del territorio nacional**

Los recursos hídricos en el territorio de la República Argentina presentan una gran variabilidad en su distribución, régimen, caudal y calidad natural. Esto obedece principalmente a su amplia extensión latitudinal y longitudinal, que se traduce en la ocurrencia de distintos climas y diversas condiciones geológicas, tanto respecto del relieve como de los tipos de suelo, factores que influyen en las características de las cuencas y los cursos de agua. Las denominadas aguas superficiales continentales comprenden a los ríos, arroyos, lagos, lagunas, esteros, bañados. En cuanto a las aguas marinas y estuariales, a los fines del presente trabajo debemos considerar más de 4.500 km de costas.

La combinación de los factores climáticos y las particularidades del relieve determinan una de las características más relevantes de las aguas superficiales de nuestro país. En el noreste, la humedad elevada y las precipitaciones abundantes favorecen la presencia de ríos caudalosos, largos y navegables como el Paraná. Al norte y oeste del país, por el contrario, los ríos son de escaso caudal y en general, más cortos, debido a las características del relieve. En el sur del territorio nacional, los ríos andinos son de importantes caudales y torrentosos debido a las irregularidades del terreno que atraviesan. Los ríos que vierten sus aguas al océano Atlántico disminuyen su caudal a medida que se van alejando de la cordillera de los Andes y se introducen en la región árida para conformar ríos de cursos extensos que cruzan la estepa patagónica.

En Argentina hay un gran número de ambientes lénticos, de diversas dimensiones y profundidades, entre los que se encuentran: lagunas, bañados, esteros, cañadas, lagos, incluso lagos artificiales o embalses, con características regionales representadas en la composición química del agua y diferentes clasificaciones del estado trófico, entre otras. De acuerdo a ello, los lagos de la región andina patagónica son los más profundos, bien oxigenados y su estado trófico varía entre ultraoligotrófico y oligotrófico; en cambio los lagos y embalses de la planicie patagónica se encuentran en condiciones mesotróficas y eutróficas al igual que los embalses de la zona centro oeste y noroeste. Por otra parte, las lagunas de la llanura chaco-pampeana son naturalmente de mayores salinidades, eutróficas y en algunos casos pueden alcanzar niveles de hipertrofia. También en los embalses sobre los ríos que drenan las últimas estribaciones del Escudo Brasileño, se encuentran estados de hipertrofia. Con relación a la biomasa de las comunidades acuáticas se correlaciona inversamente con la elevada transparencia de los lagos patagónicos; y una mayor productividad se encuentra en los lagos y lagunas de la región pampeana. (Quirós, 2000)

Por otro lado, el crecimiento de la población y las actividades antrópicas son otros factores que se suman a las características climáticas, morfométricas y edáficas que definen a la diversidad de la calidad del agua en Argentina, porque modifican los entornos naturales de los

ecosistemas. La densidad poblacional y desarrollo en el territorio nacional siguen una distribución desigual, por lo cual el estado de los cursos y cuerpos de agua reflejan los impactos y alteraciones que sufren sus entornos; provocándose mayores ingresos de concentraciones de nitrógeno y fósforo e incrementos en los niveles de clorofila.

En cuanto a la disponibilidad o no de agua, tanto de ambientes lóticos como lénticos, el tipo de régimen permite realizar una primera clasificación entre cursos de agua de régimen permanente o perenne y cursos de régimen no permanente, temporario, estacional o intermitente, según transporten o contengan agua todo el año o no.

- **Calidad de agua para fines recreativos**

El término aguas para uso recreativo incluye muchas variantes en cuanto a su origen, usos, tratamientos y regulación. Dentro del concepto de aguas recreativas se incluyen las aguas naturales en balnearios de cuerpos y cursos superficiales dulces, salobres y salados.

La calidad del agua destinada a fines recreativos es objeto de recomendaciones por distintos organismos internacionales, entre ellos la Organización Mundial de la Salud (OMS) a través de "Directrices sobre la calidad del agua recreativa. Vol. I Aguas Costeras y Dulces" (Guidelines on Recreational Water Quality Volume 1: Coastal and freshwaters, 2021) y "Evaluación cuantitativa de riesgos microbianos: aplicación para la gestión de la seguridad del agua" (Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management, 2016), "Guías Canadienses de Calidad de Agua para uso recreacional" (Guidelines for Canadian Recreational Water Quality, 2012) o las del Consejo Nacional del Medio Ambiente de Brasil (CONAMA, Res. 274/00).

En la Argentina el Ministerio de Salud de Nación por Resolución MSN 125/2016, publicó las "Directrices Sanitarias para el Uso Seguro de Aguas Recreativas. Módulo I: Directrices Sanitarias para Cianobacterias en Agua Ambiente" y el "Módulo II: Directrices Sanitarias para Enteropatógenos y Microorganismos Oportunistas en Agua Ambiente". Por Resolución MSN 1949/2016: "Exposición a cianobacterias/cianotoxinas en agua y efectos en salud. Guía para el equipo de salud".

En los citados documentos se especifican los parámetros a evaluar y los riesgos a la salud humana por la exposición a aguas recreativas.

- **Definición de contacto primario y contacto secundario**

Las actividades recreativas con contacto primario o contacto directo son aquellas en las cuales se produce la inmersión del cuerpo humano en el agua o se humedece frecuentemente la cara con rocío y en las que es probable que se ingiera algo de agua (natación, buceo, esquí acuático, surf, rafting y kayak en aguas bravas); mientras que las actividades recreativas con contacto secundario son aquellas donde el contacto directo es inusual y se mojan regularmente las extremidades, como canotaje, remo, pesca deportiva, etc. Teniendo en cuenta que, en el primer caso, se produce la inmersión completa del cuerpo en el agua o existe la probabilidad de

ingerir algo de la misma, la población que realiza actividades de recreación con contacto directo puede exponerse a riesgos por agentes potencialmente dañinos para su salud.

La posibilidad de desarrollar una enfermedad relacionada con aguas de recreo depende de varios factores, como las condiciones de exposición (tiempo de contacto y tipo de actividad desarrollada), las características de los microorganismos y la susceptibilidad y el estado inmunitario del individuo. Las mismas pueden ser leves o moderadas, siendo las más frecuentes las gastroenteritis, seguidas de las dermatitis y las enfermedades respiratorias. Menos frecuentes son las meningoencefalitis, meningitis, leptospirosis y otitis. Los microorganismos implicados en los diferentes cuadros son numerosos como ser *Escherichia coli* (*E. coli*), *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio cholerae* y dentro de las cianobacterias las potencialmente productoras de toxinas como *Microcystis*, *Dolichospermum*, *Nodularia*, entre otras.

En virtud de ello existe un consenso a nivel internacional de utilizar parámetros bacteriológicos y de fitoplancton para la evaluación de la aptitud de un cuerpo y/o curso de agua natural para uso recreativo. Por este motivo el presente documento abordará esta temática considerando estos parámetros y la evaluación de aptitud será el resultado de un monitoreo sistemático sobre el ambiente acuático destinado a fines recreativos.

PROGRAMA DE MONITOREO

GUÍA DE LOS FACTORES A CONSIDERAR Y RECOMENDACIONES

Para llevar adelante un programa de evaluación del recurso hídrico para su potencial uso con fines recreativos es necesario consolidar un equipo de trabajo que elabore un plan de monitoreo de control y vigilancia de la calidad del agua teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Considerar según se trate de aguas lénticas o lólicas: dimensiones, caudales y variabilidad estacional que presenten en función de los parámetros de calidad de agua que afecten (temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad, etc.).
- Identificar las características naturales y de antropización del cuerpo y curso de agua y usos que se le darán.
- Evaluar los impactos antrópicos permanentes o transitorios, así como las áreas de afectación identificando fuentes puntuales y difusas de aportes de sustancias contaminantes, valorando la concentración y los tipos de “peligrosidad” de las mismas.
- Considerar, según las clases de actividades recreativas con contacto primario que se practiquen, si las zonas de exposición de los usuarios serán las costas o las áreas profundas.
- Evaluar el período en que se practican las actividades recreativas con contacto primario.
- Establecer de ser necesario áreas que admitan el uso permanente, transitorio o llegado el caso su restricción ante determinados eventos o factores que generen riesgos a la salud pública.
- Efectuar observaciones con imágenes aéreas y satelitales de los posibles lugares que podrían afectar la calidad del agua (descargas cercanas de efluentes de industrias, de

aguas residuales domésticas y de riego, presencia de animales, etc.) y posicionar los puntos de muestreo preliminares. Posteriormente se recomienda realizar un relevamiento en campo para constatar la identificación de las potenciales fuentes de contaminación y definir los sitios estratégicos de muestreo.

- Ubicar los sitios de muestreos, tanto en las costas como en zonas de profundidad, de manera tal que las muestras de agua recolectadas sean representativas de la calidad que encontrará el usuario al momento de realizar su actividad recreativa en el área determinada.
- Ante cambios de morfologías de las costas, nuevos impactos antrópicos y/o modificación de las dimensiones del área recreativa se deberán seleccionar nuevos puntos de toma de muestras.
- Dar intervención a la autoridad hídrica pertinente de la jurisdicción, en el caso que la gestión de área recreativa sea realizada por particulares y/o ONGs.
- Propiciar la implementación del programa de evaluación y manejo de riesgo que corresponda como así también mecanismos de alerta conjunta entre los administradores del recurso hídrico y del sistema de salud a nivel regional, provincial y/o local.
- Considerar la disponibilidad de recursos presupuestarios y humanos para llevar a cabo el programa propuesto.
- Realizar muestreos previos al inicio de la temporada de recreación, a fin de evaluar la aptitud del agua para dicho uso. La periodicidad y frecuencia de muestreo de esta etapa surgirá de las guías, recomendaciones y/o normativas consultadas por parte de la jurisdicción.
- Sugerir a las autoridades competentes supeditar la habilitación del uso recreativo del cuerpo o curso de agua a los resultados que se obtengan de la etapa de muestro previo.

Una vez definida la aptitud del cuerpo y/o curso de agua para el uso recreativo se seguirá con el programa de control o vigilancia planificado en base a:

- los antecedentes históricos,
- los resultados de la evaluación previa,
- las condiciones climáticas,
- la duración de la temporada de uso del sitio, siendo deseable al menos un control mensual.
- En caso de ser necesario, priorizar los sectores en los que se evidencie una mayor afluencia de bañistas y/o usuarios.

En relación al análisis de las muestras y selección de laboratorio.

- Definir los parámetros a analizar en el programa de monitoreo.
- Identificar los laboratorios con posibilidades analíticas para la realización de las determinaciones y capacidad de procesamiento.
- De ser posible, seleccionar aquellos laboratorios que participen en ensayos interlaboratorios y posean un programa de gestión de calidad.
- Coordinar con el laboratorio responsable de los análisis, previamente a la extracción de las muestras, días y horarios para la recepción de las mismas.

- Solicitar al laboratorio información sobre técnicas de conservación de la muestra para cada parámetro a analizar, volumen requerido y tipo de envase. También especificaciones sobre el rango de incertidumbre de la técnica empleada.
- Evitar, de ser posible, el cambio de laboratorio por sitios de muestreo o durante el período del control, a efectos de minimizar interferencias interlaboratorio (para no afectar la precisión y exactitud de los resultados obtenidos).

En relación con la planificación del muestreo

- Incluir en la planificación del muestreo los siguientes elementos: recipientes adecuados por parámetro y en número suficiente, guantes para la toma de muestras, conservadora con hielo o geles refrigerantes, planilla para toma de datos que incluyan: lugar, fecha, hora, responsable del muestreo, coordenadas del punto de muestreo, condiciones climáticas y otras observaciones relevantes que se relacionen con las variables a evaluar. Rotular los frascos con la identificación asignada al sitio de muestreo coincidente con los datos de la planilla. Asegurar que el rótulo se mantenga inalterado (ejemplo: etiquetas blancas cubiertos con cinta adhesiva transparente, marcador indeleble).
- Considerar el volumen requerido para el análisis bacteriológico acorde a las especificaciones. No se recomienda tomar muestras en varios recipientes para llegar al volumen solicitado por el laboratorio. Los recipientes para análisis bacteriológico deberán ser estériles.
- Contar con el programa de monitoreo escrito, que incluya los sitios seleccionados (y la justificación de cada uno), variables analizadas (y el fundamento de su elección), evaluación histórica de cada sitio, protocolo de muestreo para cada una de las variables analizadas, normativa a aplicar para la determinación de la aptitud, entre otras especificaciones. Esto es especialmente importante para el caso de posible cambio de operador.
- Prever la limitación del tiempo de inicio de determinaciones de laboratorio, para planificar la entrega de muestras; en el caso del análisis bacteriológico no se debe superar las 24 horas entre la toma de muestra e inicio de procesamiento analítico.
- Verificar las condiciones climáticas durante las 24 horas previas a la ejecución de la toma de muestra.
- No realizar muestreo durante lluvias o hasta tanto el cuerpo y/o curso de agua restablezca las condiciones normales para el mismo.
- Identificar intervenciones en el cuerpo y/o curso de agua al momento de realizar la toma de muestra (ejemplo: dragado aguas arriba, descargas puntuales, baño de animales de sangre caliente, extracción de áridos, depósito de basura, remoción de cobertura vegetal, erogaciones desde embalses, etc).

En relación con la interacción con actores claves

- Ubicar el centro de salud de influencia del área de estudio para recabar información sobre posibles enfermedades de transmisión hídrica.

- Tener identificado al responsable de la habilitación del balneario ante posibles resultados de no aptitud del agua para uso recreacional, a fin de coordinar acciones y mecanismos de comunicación.
- Contactar al representante local del organismo responsable de la gestión de los recursos hídricos, para solicitar información sobre el curso o cuerpo de agua de interés, si el programa de monitoreo es realizado por un particular y/o ONGs.

NORMATIVAS Y VALORES GUÍAS DE CONSULTA

Para el desarrollo de los niveles guías acorde a las características de cada cuenca es necesario efectuar monitoreos estandarizados de las aguas recreativas.

En la actualidad, las provincias del sur de Argentina, utilizan como referencia las Guías Canadienses de Calidad de Agua para Uso Recreacional; las del norte emplean las del Consejo Nacional del Medio Ambiente de Brasil (CONAMA, Res. 274/00) y algunas otras provincias los valores orientativos tomados de la ex Subsecretaría de Recursos Hídricos de Nación, SRHN, (2003), y de las guías de la OMS. Hay jurisdicciones que han elaborado normativas específicas como la Resolución 42/06 de la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA) y Resolución 283/19 de la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR).

La adopción de una u otra normativa como valores guías por parte de las jurisdicciones obedeció a distintas necesidades y/o factores entre las que podemos nombrar:

- por compartir recursos hídricos en las mismas cuencas,
- por similitud de los cursos de agua y condiciones climáticas con el país de origen de las normativas,
- por aplicabilidad de las técnicas analíticas acorde a las características de los cuerpos y cursos de agua,
- por considerarse las más completas, novedosas y accesibles al momento de iniciarse los programas de monitoreos,
- por experticia de los gestores,
- por disponibilidad de recursos económicos y de logística para llevarlos adelante.

A continuación, se describen las normativas utilizadas por las diferentes jurisdicciones.

a) Directrices canadienses para la calidad del agua recreativa (3^{ra} edición, 2012)

Justificación de uso: Las directrices proveen una guía para la administración del agua recreacional desde la perspectiva de la salud humana, incluyendo la evaluación de la calidad de agua, su monitoreo y la implementación de acciones correctivas o preventivas; asimismo, establecen valores de referencia de la calidad del agua recreativa incluidos los indicadores bacteriológicos de contaminación fecal, cianobacterias y sus toxinas, y valores para objetivos físicos y estéticos, los cuales no deben ser tomados como un estándar legal, excepto que se adopten como tales por una jurisdicción. Están dirigidas a autoridades responsables de la administración del agua y de las áreas recreativas. Proporcionan información para la extracción de muestras representativas y metodologías de determinación de la aptitud de uso de aguas

recreativas con contacto directo mediante la evaluación de su calidad bacteriológica, fundamentada en el nivel de valores guías para los indicadores de contaminación fecal sobre una tasa de enfermedades gastrointestinales estacionales del 1-2 %.

Frecuencia: La evaluación de la aptitud para el uso recreativo se establece con los resultados de al menos 5 muestras extraídas en un período no mayor a 30 días. Se debe iniciar el muestreo con antelación suficiente a la fecha establecida para la habilitación de las áreas recreativas, de manera que sea posible completar las extracciones con frecuencia regular dentro del período estipulado en el sitio bajo estudio, la obtención de resultados de laboratorio, la evaluación de aptitud de uso, y la adopción de líneas de acción para el caso de sitios que resulten no aptos.

Parámetros: Para la evaluación de la calidad bacteriológica del agua recreacional, estas directrices recomiendan utilizar los parámetros *Escherichia coli* para aguas dulces; y *Enterococcus* sp para la evaluación de aguas marinas; bacterias consideradas como los mejores indicadores de contaminación de origen fecal tanto humana como de otros animales de sangre caliente en cada uno de los tipos de aguas mencionados.

Técnicas: Las determinaciones bacteriológicas pueden realizarse por diferentes metodologías, tales como:

- Fermentación en tubos múltiples (NMP/100 ml) (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA)
- IDEXX Colilert Test Kit Quanti-Tray 2000 (NMP/100 ml).
- 9222 Método de filtración por membrana para el grupo Coliformes acorde al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Es importante señalar que existen evidencias que, para el caso de aguas con turbiedades altas, el método de filtración por membrana arroja resultados erróneos.

b) Resolución N° 274 de CONAMA del año 2000

Justificación de uso: La Resolución N° 274 de CONAMA del año 2000 clasifica las aguas dulces, salobres y salinas en propias e impropias de acuerdo con parámetros de calidad, a fin de garantizar las condiciones necesarias para la recreación de contacto primario. Esta Resolución es complemento de la Resolución N° 357 del año 2005. Establece en forma clara los criterios para considerar al agua de uso recreativo, como apropiada o inapropiada.

Frecuencia: El muestreo se realizará durante cinco semanas previas al inicio de la temporada. En caso de no poder cumplir con el período previamente estipulado se deberá examinar al menos cinco muestras a lo largo de un tiempo establecido, con un intervalo mínimo de 24 horas entre muestreos. El muestreo debe realizarse a un metro de profundidad y donde se observe la mayor concentración de bañistas.

Parámetros: Los parámetros contemplados en esta resolución son: coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y *Enterococcus* sp. Este último parámetro solo aplica a aguas marinas. Además, considera pH, la presencia de desechos sólidos o líquidos, incluida las aguas residuales, aceites, grasas, floraciones algales y otras sustancias que puedan presentar riesgos para la salud.

Técnicas: Considera los métodos de recolección y análisis del agua que se especifican en las normas técnicas científicamente reconocidas en Brasil o en su defecto los Métodos Estándar para la Examen de Agua y Aguas Residuales-APHA-AWWA-WPCF, última edición.

c) Directrices sanitarias para enteropatógenos y microorganismos oportunistas en agua ambiente (Resolución MSN 125/16).

Justificación de uso: Estas directrices informan sobre los riesgos potenciales para la salud que implica la exposición de las personas a los organismos enteropatógenos y microorganismos oportunistas presentes en aguas dulces y marinas, usadas para fines recreativos. Fueron elaboradas con el fin de establecer criterios sanitarios de calidad del agua ambiente y proveer un marco de referencia para la optimización de los sistemas de alerta temprana. Se consensuaron por equipos de trabajo técnico multidisciplinario y multisectorial, los cuales tomaron como referencia las pautas establecidas por distintos organismos como la OMS (2003), la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA, 2002) y la ex Subsecretaría de Recursos Hídricos de Nación (2003).

Frecuencia:

1. Las directrices de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. -USEPA- aconsejan que las zonas de aguas recreativa que se utilizan habitualmente para la recreación de contacto primario se supervisen como mínimo una vez por semana; asimismo se recomiendan un mayor monitoreo de aquellas playas con altas densidades de usuarios.

2. Según los niveles guías nacionales de calidad agua ambiente correspondiente a *Escherichia coli*/Enterococos de la ex Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2003): la frecuencia no debe ser inferior a cinco muestras igualmente espaciadas durante un período de treinta días.

3. A fin de establecer frecuencias y sitios de muestreo, se presenta en los siguientes párrafos, un resumen de decisiones, adaptado de Jamie Bartram and Gareth Rees. (OMS-EPA-UE- E & FN SPON – 2000).

¿Cuentan con datos históricos de la calidad microbiológica del balneario?

Si: la calidad microbiológica es por ejemplo “muy bueno o bueno”, realizar inspecciones sanitarias anuales y monitoreos cuantitativos cada 5 años. De ser regular se recomiendan analizar 4 muestras 5 veces en la temporada de baño, igualmente espaciadas y usar diferentes herramientas de gestión.

No: seleccionar puntos equidistantes (50 m), para realizar el muestreo dos veces, con una semana de diferencia, previa a la temporada de baño.

¿Hay diferencia espacial en la calidad de agua?

Si: en este caso se deben tratar como zonas separadas (afectadas y no afectadas). La zona afectada podría tratarse como un área de exclusión o realizar gestiones específicas.

No: seleccionar sitios de muestreo con una distancia entre ellos no mayor a 500 m. Realizar de 10 a 20 muestreos durante la temporada de baño, en todas las estaciones de muestreo establecidas previamente, a intervalos regulares de tiempo.

¿Hubo diferencias significativas entre las muestras tomadas?

Si: replantear las estaciones y detectar las causas (ej. lluvias).

No: realizar monitoreo de vigilancia.

Parámetros:

- Indicadores de contaminación fecal: *E. coli* y Enterococos fecales
- Indicadores de contaminación fecal principalmente para aguas marinas: Estreptococos fecales.

Técnicas:

- Técnica de tubos múltiples (NMP/100 mL).
- Técnica de Filtración por membrana (UFC/100 mL).

d) Desarrollos de niveles guías nacionales de calidad de agua ambiente correspondiente a *Escherichia coli*/Enterococos (Argentina)

Justificación de uso: Fueron desarrollados en nuestro país ante la falta de información epidemiológica y la necesidad de contar con pautas diferenciadas de calidad microbiológica para recreación humana en ambientes de agua dulce y de agua de mar. Los mismos se basan en información proveniente del exterior e incluyen para la evaluación de la calidad, las características de cada cuerpo y/o curso de agua, considerando los antecedentes registrados en cada área de estudio.

Frecuencia: Se recomienda extraer 5 muestras semanales, antes del período estival.

Parámetros: Para agua dulce se estudia *E. coli* y enterococos para agua salada.

Técnicas: Se calculan las desviaciones estándar de las densidades bacterianas (valores del log₁₀ de *Escherichia coli*) de valores históricos de la zona de estudio. Por lo tanto, para cada balneario se obtiene un nivel guía con un límite de confianza superior diferente.

De acuerdo con lo descripto por la ex S.R.H.N el límite de confianza superior (LCS) se calcula según la siguiente expresión:

$$\text{LCS} = \text{antilog} (\log_{10} \text{MGI} + z \cdot \text{SD})$$

Donde:

z: factor determinado a partir del área bajo la curva de probabilidad de Distribución Normal para el nivel de confianza asumido, $z = 0,674$ para 75% de confiabilidad (uso altamente frecuente), $z = 0,915$ para 82% de confiabilidad (uso moderadamente frecuente), $z = 1,282$ para 90% de confiabilidad (uso escasamente frecuente) y $z = 1,645$ para 95% de confiabilidad (uso infrecuente).

MGI: media geométrica de la densidad del indicador especificada como valor límite, 126 colonias/100 ml para *Escherichia coli*; 33 colonias/100 ml para enterococos.

sD: desviación estándar de los logaritmos decimales de las densidades del indicador registradas históricamente en cada área recreativa. Ninguna muestra individual deberá exceder el LCS calculado utilizando los niveles de confianza.

e) Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA US, 2012)

Justificación de uso: Es una recomendación que provee lineamientos para tomar decisiones en la gestión de riesgos con respecto a la tasa de enfermedad gastrointestinal según la definición dada por la Evaluación Nacional Epidemiológica y Ambiental de Agua Recreativa (NEEAR, de su sigla en inglés: Epidemiological and Environmental Assessment of Recreational Water) que no se limita a enfermedades que presentan fiebre; y determinar qué conjunto de criterios son los más apropiado para aguas de recreación con contacto primario para proteger a los usuarios.

Frecuencia: Se debe hacer la evaluación de la calidad del agua en un período de 30 días con muestras semanales (propicia que la mayor frecuencia es recomendada) para obtener los valores guías seleccionados como criterios; la media geométrica obtenida, no debe ser mayor que la seleccionada y el valor umbral estadístico no debe ser superado por las mediciones en más del 10 por ciento de las muestras tomadas (1 de cada 10 muestras). La recomendación expresa que ambos objetivos deben evaluarse para determinar si el cuerpo/curso de agua alcanza los criterios de calidad de agua recreativa.

Parámetros: Recomienda el uso de las bacterias indicadores de contaminación fecal enterococos o *Escherichia coli* para agua dulce; y a las bacterias enterococos para agua marina. La magnitud guía de los indicadores bacterianos se dan tanto por una media geométrica como por un valor umbral estadístico obtenido para las concentraciones de bacterias en las muestras recolectadas. El valor umbral estadístico es el percentil 90 de la distribución de la calidad del agua, y puede emplearse como un valor de prevención del estado del agua.

En la tabla siguiente se resumen los conjuntos de valores que pueden adoptarse como criterios de calidad de agua recreativa.

Tabla 1. Valores recomendados para adoptar criterios de calidad de agua recreativa.

Criterio de Calidad de agua recreativa	Tasa estimada de enfermedad: 36/1000 usuarios con contacto primario		Tasa estimada de enfermedad: 32/1000 usuarios con contacto primario	
INDICADORES	Magnitud		Magnitud	
	Media Geométrica UFC/100 mL	Umbral estadístico UFC/100 mL	Media Geométrica UFC/100 mL	Umbral estadístico UFC/100 mL
Enterococos (agua dulce – agua marina)	35	130	30	110
O				
<i>Escherichia coli</i> (agua dulce)	126	410	100	320

UFC: unidades formadoras de colonias

Asimismo, la EPA ha realizado recomendaciones de valores que no deben excederse (valores de acción de playas, BAVs), para establecer un sistema de alerta con el fin de tomar decisiones sobre el estado de las playas. Estos constituyen una herramienta de precaución, cuando una muestra individual excede el valor de prevención hasta que se obtenga un nuevo resultado de otra muestra.

Tabla 2. Valores recomendados a utilizar para alertas de acciones preventivas.

INDICADORES	Tasa estimada de enfermedad: 36/1000 usuarios con contacto primario		Tasa estimada de enfermedad: 32/1000 usuarios con contacto primario
	Valor de acción preventiva Unidades por 100 mL		Valor de acción preventiva Unidades por 100 mL
Enterococos (cultivo) (agua dulce – agua marina)	70 UFC	O	60 UFC
<i>Escherichia coli</i> (cultivo) (agua dulce)	235 UFC		190 UFC
<i>Enterococcus spp.</i> – qPCR (agua dulce y agua marina)	1.000 cce		640 cce

UFC: unidades formadoras de colonias; cce: equivalentes de células en relación al calibrador; qPCR: reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa.

Técnicas:

- Medición de enterococos mediante el Método EPA 1600 (U.S. EPA, 2002a) o técnica equivalente para cultivo de enterococos.
- Medición de *Escherichia coli* usando el Método EPA 1603 (U.S. EPA, 2002b) o cualquier otro método equivalente que mida *E. coli* por técnica de cultivo.
- Medición de *Enterococcus spp.* por qPCR, mediante Método EPA 1611 (técnica desarrollada por EPA para la obtención de resultados más rápidamente que con los métodos de cultivos).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bartram and Gareth Rees J. (2000). Monitoring Bathing Waters - A Practical Guide to the Design and Implementation of Assessments and Monitoring Programmes. OMS-EPA-UE- E & FN SPON.

Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA Brasil. (2000). Resolução CONAMA Nº 274. Disponible en:

http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Resolu%C3%A7%C3%A3o_Conama_274_Balneabilidade.pdf

Ex Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. (2003). Desarrollo de niveles guías nacionales de calidad de agua ambiente correspondiente a *Escherichia coli*/Enterococos (Argentina). Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/documento46.pdf>

Ministerio de Salud de la Nación. (2016). Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas. Resolución MSN 125/16. Módulo I: Directrices sanitarias para cianobacterias en agua ambiente. Disponible en: https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2018-10/0000000814cnt-2016_dir_sanit_aguas_recreativas.pdf

Ministerio de Salud de la Nación. (2016). Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas. Módulo II. Directrices sanitarias para enteropatógenos y microorganismos oportunistas en agua ambiente. Resolución MSN 125/16.

Disponible en:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/directrices_sanitarias_para_enteropatogenos.pdf

Ministerio de Salud de la Nación. (2016). Exposición a cianobacterias/cianotoxinas en agua y efectos en salud. Guía para el equipo de salud. Resolución MSN 1949/16. Disponible en: <https://bancos.salud.gob.ar/recurso/exposicion-cianobacteriascianotoxinas-en-agua-y-efectos-en-salud-guia-para-el-equipo-de>

Minister of Health Canada. (2012). Guidelines for Canadian Recreational Water Quality. Disponible en: <http://www.healthcanada.gc.ca/>

Organización Mundial de la Salud (2021). "Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1, Coastal and fresh waters". Disponible en:

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240031302>

Quirós, Rolando. (2000). "La eutrofización de las aguas continentales de Argentina." I Reunión de la red temática sobre eutrofización de lagos y embalses Subprograma XVII. Cooperación Iberoamericana. Ciencia y tecnología para el desarrollo. Mar del Plata, Argentina.

United States Environmental Protection Agency EPA US (2018). "2017 Five-Year Review of the 2012 Recreational Water Quality Criteria" Office of Water EPA 823 -R -18 -001. Disponible en:

<https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-05/documents/2017-5year-review-rwqc.pdf>

United States Environmental Protection Agency EPA US (2012). "Recreational Water Quality Criteria" Office of water 820-F-12-058. Disponible en:

<https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/rwqc2012.pdf>

ANEXO I

TABLAS DE VALORES GUÍAS

A continuación, se presentan los valores guías de parámetros microbiológicos y de fitoplancton establecidos por diferentes normativas y recomendaciones.

- Tabla: Valores de referencia para la calidad microbiana de las aguas recreativas costeras y de agua dulce. Adaptado de "Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1, Coastal and freshwaters Organización Mundial de la Salud (2021)

Enterococos intestinales (valor del percentil 95 por 100 ml (valores redondeados))	Base de derivación	Riesgo estimado por exposición
≤40 A	<p>Este rango está por debajo del NOAEL en la mayoría de los estudios epidemiológicos.</p> <p>Bajo riesgo o baja probabilidad de efectos adversos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <1% de riesgo de enfermedad GI. • <0,3% de riesgo AFRI. • El valor del percentil 95 superior se relaciona con una probabilidad promedio de menos de 1 caso de gastroenteritis en cada 100 exposiciones. La carga de AFRI sería insignificante.
41-200 B	<p>El valor de 200/100 ml está por encima del umbral de transmisión de la enfermedad informado en la mayoría de los estudios epidemiológicos que intentaron definir un NOAEL o LOAEL para enfermedad GI y AFRI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 1-5% riesgo de enfermedad GI. • 0,3-1,9% riesgo AFRI. • El valor del percentil 95 superior se relaciona con una probabilidad promedio de 1 caso de gastroenteritis en 20 exposiciones. La tasa de enfermedad AFRI en este valor superior sería menos de 19 por 1000 exposiciones, o menos de aproximadamente 1 en 50 exposiciones.
201-500 C	<p>Este rango representa una elevación sustancial en la probabilidad de todos los resultados adversos para la salud para los cuales se dispone de datos de respuesta a la dosis.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 5-10% riesgo de enfermedad GI. • 1,9-3,9% riesgo AFRI. • Este rango de percentiles 95 representa una probabilidad de 1 en 10 a 1 en 20 de gastroenteritis por una sola exposición. Las exposiciones en esta categoría también sugieren un riesgo de AFRI de 19-39 por 1000 exposiciones, o aproximadamente 1 en 50 a 1 en 25 exposiciones.
	<p>Por encima de este nivel, puede haber un riesgo significativo de altos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • >10% de riesgo de enfermedad GI. • >3,9% riesgo AFRI.

>500 D	niveles de transmisión de enfermedades menores.	<ul style="list-style-type: none"> Existe una probabilidad superior al 10% de gastroenteritis por exposición única. La tasa de enfermedad de AFRI en el valor del percentil 95 de >500/100 ml sería superior a 39 por 1000 exposiciones, o superior a aproximadamente 1 en 25 exposiciones.
--------	---	---

A-D: categorías de evaluación microbiana de la calidad del agua (consulte la sección 4.3) utilizadas en el procedimiento de clasificación; AFRI: enfermedad respiratoria febril aguda; GL: gastrointestinal; LOAEL: nivel mínimo con efecto adverso observado; NOAEL: nivel máximo sin efecto adverso observado.

- Referencias de otros países y organizaciones:
(Material tomado de las Directrices sanitarias para enteropatógenos y microorganismos oportunistas en agua ambiente Resolución MSN 125/16).

País/ organización	Indicador para agua dulce	Formato y valores guía	Referencias
U.S. EPA ^a	<i>E. coli</i>	Media geométrica concentración: 126/100mL Muestra simple concentración máxima: ^b 235/100 mL	U.S EPA, 2002
	Enterococos	Media geométrica concentración: 33/100mL Muestra simple concentración máxima: ^b 62/100 mL	U.S EPA, 2002
OMS	Enterococos intestinales ^c	95th percentil/100 mL: A: ≤40 B: 41-200 C: 201-500 D: >500	OMS, 2003a
Australia	Enterococos intestinales ^c	95th percentil/100 mL: A: ≤40 B: 41-200 C: 201-500 D: >500	NHMRC, 2008
Unión Europea	Enterococos intestinales	95th percentil/100 mL: Excelente: 200 /100 mL Bueno: 400/100 mL 90th percentil/100 mL: Suficiente: 330/100 mL	UE, 2006
	<i>E. coli</i>	95th percentil/100 mL: Excelente: 500 /100 mL Bueno 1000/100 mL 90th percentil/100 mL: Suficiente: 900/100 mL	

- a - En la actualidad se están elaborando nuevos criterios
<https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/rwqc2012.pdf> (referencia propia)
- b - Zona de playa designada (nivel de confianza del 75%)
- c - Recomienda que se utilicen directrices para las aguas costeras hasta que se disponga de más datos sobre el agua dulce.

- Valores guías de Canadá para aguas recreativas: 3^{ra} Edición. 2012.

Parámetro	Valor Guía
<i>Escherichia coli</i>	Concentración media geométrica (mínimo 5 muestras) $\leq 200 E. coli/100 \text{ mL}$
	Concentración máxima de muestra simple $\leq 400 E. coli/100 \text{ mL}$
Enterococos	Concentración media geométrica (mínimo 5 muestras) $\leq 35 \text{ Enterococos } /100 \text{ mL}$
	Concentración máxima de muestra simple $\leq 70 \text{ Enterococos } /100 \text{ mL}$

- Antecedentes en la República Argentina. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2003).

- 1) Nivel guía de calidad de agua ambiente para recreación humana con contacto directo en agua dulce correspondiente a *E. coli*/enterococos: para un número de muestras estadísticamente suficientes (no menos de cinco muestras igualmente espaciadas durante un período de treinta días) la media geométrica de la densidad bacteriana no deberá exceder uno u otro de los siguientes valores límite alternativos:

***Escherichia coli*: 126 colonias/100 ml**

Enterococos: 33 colonias/100 ml

Límite de confianza superior provisorio para una muestra aislada [colonias/100 ml] para recreación humana con contacto directo en agua dulce.

Indicador	Media Geométrica de la Densidad del Indicador (MGI) (colonias/100ml)	Límite de Confianza superior provisorio para una muestra aislada (Colonias/100ml)			
		LCS (75%) Uso Altamente Frecuente	LCS (82%) Uso Moderadamente Frecuente	LCS (90%) Uso Escasamente frecuente	LCS (95%) Uso Infrecuente
Enterococos	33	61	77	107	150
<i>Escherichia coli</i>	126	235	293	410	573

- 2) Nivel guía de calidad de agua ambiente para recreación humana con contacto directo en agua de mar correspondiente a enterococos: para un número de muestras estadísticamente suficientes (no menos de cinco muestras igualmente espaciadas durante un período de

treinta días) la media geométrica de la densidad de enterococos no deberá exceder el valor límite igual a:

Enterococos 33 colonias /100 ml.

Indicador	Media Geométrica de la Densidad del Indicador (MGI) (colonias/100ml)	Límite de Confianza superior provisorio para una muestra aislada (Colonias/100ml)			
		LCS (75%) Uso Altamente Frecuente	LCS (82%) Uso Moderadamente Frecuente	LCS (90%) Uso Escasamente frecuente	LCS (95%) Uso Infrecuente
Enterococos	35	104	153	276	496

- Clasificación de las aguas dulces, salobres y salinas para uso recreativo con contacto primario. Resolución N° 274 CONAMA.

Propias	Excelente	≤ 250 CTT/100mL o ≤ 200 <i>E. coli</i> /100mL o ≤ 25 EC/100mL	En 80% o más de un conjunto de muestras obtenidas en cada una de las 5 semanas anteriores en el mismo lugar
	Muy Buena	≤ 500 CTT/100mL o ≤ 400 <i>E. coli</i> /100mL o 50 EC/100mL	
	Satisfactoria	≤ 1000 CTT/100mL o ≤ 800 <i>E. coli</i> /100mL o ≤ 100 EC/100mL	
Impropias	Si en la última muestra ≥ 2500 CTT/100mL o ≥ 2000 <i>E. coli</i> /100mL o ≥ 400 EC/100mL		

CTT: Coliformes Termotolerantes, EC: Enterococos

- Antecedentes Directiva 2006/7/Ce del Parlamento Europeo y del Consejo.

Aguas Continentales

Parámetro	Calidad excelente	Calidad buena	Calidad suficiente	Métodos de análisis de referencia
Enterococos intestinales (UFC/100mL)	200*	400*	330**	ISO 7899-1 /7899-2
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL)	500*	1000*	900**	ISO 9308-3 / ISO 9308-1

*Con arreglo a la evaluación del percentil 95. **Con arreglo a la evaluación del percentil 90.

Aguas costeras y de transición

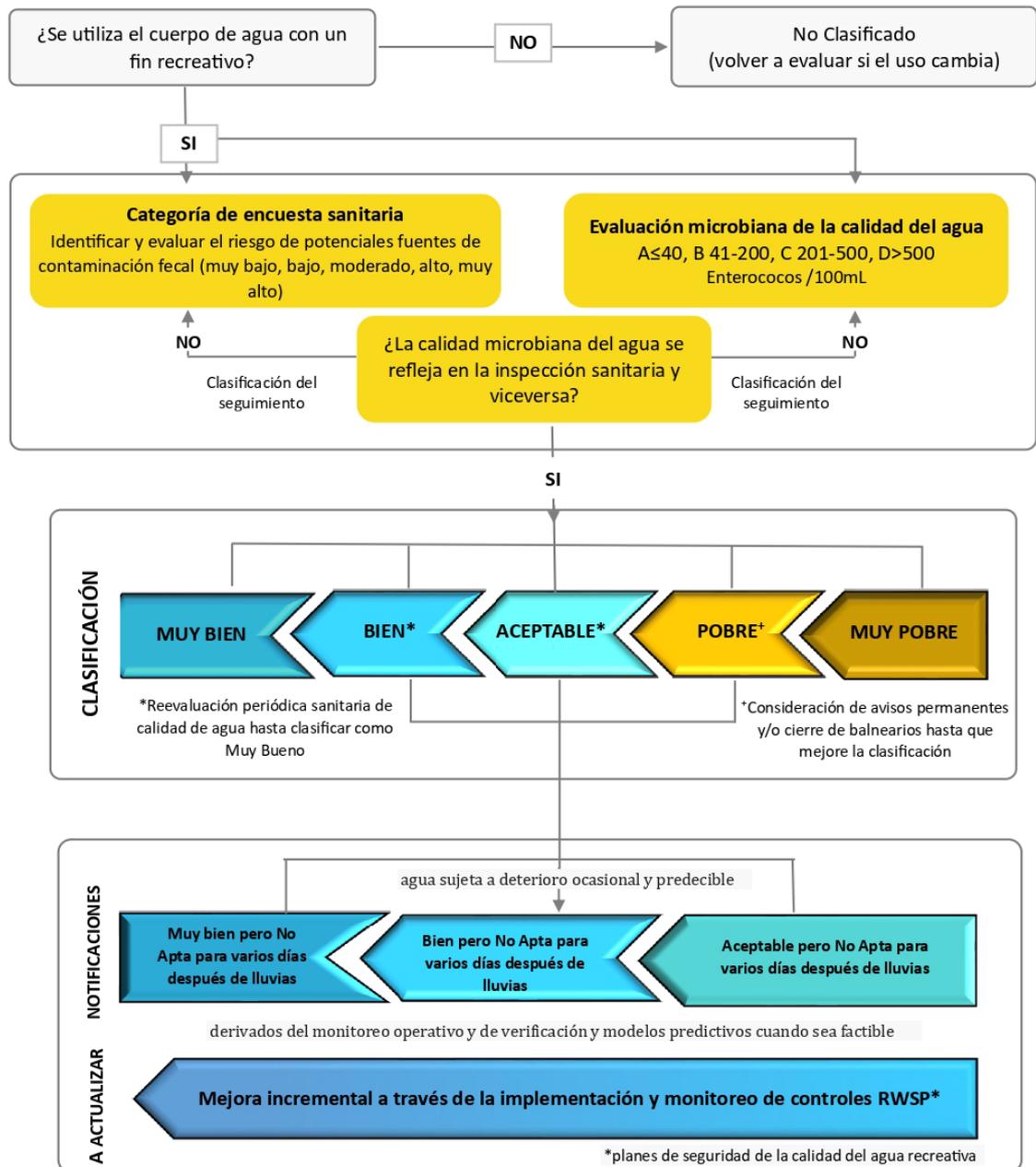
Parámetro	Calidad excelente	Calidad buena	Calidad suficiente	Métodos de análisis de referencia
Enterococos intestinales (UFC/100mL)	100*	200*	185**	ISO 7899-1 /7899-2
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL)	250*	500*	500**	ISO 9308-3 / ISO 9308-1

*Con arreglo a la evaluación del percentil 95. **Con arreglo a la evaluación del percentil 90.

- Cianobacterias o clorofila a. Tabla “Valores guías de la OMS para práctica segura en el manejo de agua de baño que contengan células cianobacteriales, de acuerdo al nivel de probabilidad de efectos adversos en humanos (OMS 2003)”

Niveles Guía OMS	Células cianobacteriales y niveles de clorofila	Riesgo para la salud	Acciones recomendadas
Bajo	20.000 cél/ml células cianobacteriales totales o < 10 µg/L clorofila- <i>a</i> con dominancia de cianobacterias o < 2.5 mm ³ /L de biomasa cianobacterial	Efectos adversos para la salud a corto plazo, poco probables	Monitoreo continuo
Moderado	20.000 – 100.000 cél/ml de células cianobacteriales totales ó 10 - 50 µg/L clorofila- <i>a</i> con dominancia de cianobacterias ó 2.5 - 12.5 mm ³ /L de biomasa cianobacterial	Efectos adversos para la salud a corto plazo. Ej: irritaciones de la piel, enfermedades gastrointestinales, probablemente de baja frecuencia	Agregar señales para indicar: Nivel de Alerta MODERADO Incremento de riesgo para la salud por natación y otras actividades de contacto con el agua
Alto	Formación de espuma/ nata cianobacterial en áreas de contacto recreacional ó > 100.000 cél/ml de células cianobacteriales totales ó > 50 µg/L clorofila- <i>a</i> con dominancia de cianobacterias ó > 12.5 mm ³ /L de biomasa cianobacterial	Efectos adversos para la salud a corto plazo, tales como irritaciones de piel o enfermedades gastrointestinales, después del contacto o ingesta accidental Intoxicación aguda severa, es posible en los peores casos de ingestión	Inmediatas acciones para prevenir el contacto con la espuma/ nata Agregar señales para indicar: Nivel de Alerta ALTO Aviso de peligro para natación y otras actividades de contacto con el agua

- Diagrama de flujo para evaluar entornos acuáticos recreativos. Adaptado de "Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1, Coastal and fresh waters". Organización Mundial de la Salud 2021



CAPÍTULO 2

MONITOREO DE CURSOS Y CUERPOS DE AGUA

COMPONENTE BACTERIOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

La calidad bacteriológica del agua natural se puede determinar mediante el seguimiento de microorganismos indicadores, cuyas densidades están relacionadas con un nivel potencial de patógenos y representan el riesgo para la salud pública al ser utilizada con fines recreativos. Analizar cada agente microbiano como posible causal de enfermedad infecciosa de transmisión hídrica sería costoso en términos de tiempo como de dinero, además la ausencia de un patógeno no asegura que otros no estén presentes en la muestra.

Es por ello que se utilizan organismos indicadores para establecer la calidad bacteriológica del agua recreacional. La práctica más habitual o común es monitorear a las bacterias más abundantes que se encuentran en heces de humanos y animales de sangre caliente, indicadores microbianos de contaminación fecal; las que pueden hallarse en concentraciones variables en cursos o cuerpos de agua dependientes de la existencia de fuentes aportantes, puntuales y/o difusas; así como de las condiciones climáticas reinantes y de la calidad natural del curso o cuerpo de agua.

La Organización Mundial para la Salud (2003) señala una serie de características ideales que debe reunir un microorganismo para ser considerado como indicador de contaminación fecal. Entre ellas:

- Se deben encontrar en alto número en heces de humanos y de animales de sangre caliente.
- Estar ausentes en aguas no contaminadas y exclusivamente asociadas con heces animales y/o humanas.
- La concentración del indicador debe estar directamente correlacionada con el grado de contaminación fecal.
- Ser suficientemente estable en las muestras de agua para permitir la obtención de resultados significativos en los análisis de la calidad del agua.
- Utilizar un método de análisis estándar, económico y sencillo que requiera equipos básicos disponibles en los laboratorios.
- Ser aplicables a todo tipo de aguas naturales (aguas dulces, de estuarios y marinas).

No existe un único microorganismo, ni grupo de microorganismos, que cumplan con todos estos criterios.

En base a las investigaciones epidemiológicas realizadas a nivel mundial, los indicadores primarios de contaminación fecal más usados son las bacterias pertenecientes al género *Enterococcus* y *Escherichia coli* porque demostraron una correlación positiva entre la aparición de cuadros de gastroenteritis en nadadores y las concentraciones de éstas en las fuentes naturales

de agua dulce y marinas utilizadas para nadar. Razón por la cual son utilizados para establecer la aptitud de las aguas para uso recreativo con contacto directo.

MICROORGANISMOS INDICADORES

- **Enterococos:** son bacterias comensales Gram positivas pertenecientes al género *Enterococcus* que se encuentran en elevado número (10^2 - 10^8 células/gr.) en la materia fecal del ser humano y de animales de sangre caliente, por lo tanto, son utilizados como organismos indicadores de contaminación fecal. Su uso como organismo indicador es aplicable a todo tipo de agua (dulce, de estuario y marina), demostrando tasas de supervivencia similares en aguas dulces y marinas. Existen evidencias epidemiológicas que demuestran la mejor correlación como indicador con los resultados de salud para las aguas marinas. Las investigaciones recientes han observado que algunos enterococos intestinales pueden provenir de los sedimentos, suelos y vegetación acuática sumergida, por lo que su presencia puede no corresponderse con una contaminación reciente (OMS, 2021).

- ***Escherichia coli (E.coli):*** es una bacteria Gram negativa de la familia *Enterobacteriaceae*. Perteneciente al grupo de indicadores conocido como coliformes termotolerantes. *E. coli* representa el 95% de la biomasa total bacteriana de la materia fecal del ser humano y los animales, encontrándose en mayor número que los enterococos en las excretas recientes. Es un microorganismo constituyente de la microbiota del tracto gastrointestinal, aunque algunas cepas (menos del 1%, de la población total en aguas sin tratamiento) pueden ser portadoras de genes de virulencia y causar enfermedades. Su uso como organismo indicador es aplicable a todo tipo de agua (dulce, de estuario y marina). Existen evidencias epidemiológicas que demuestran la mejor correlación como indicador con los resultados de salud para las aguas dulces. Asimismo, se ha encontrado *E. coli* en ambientes tropicales que no tienen correspondencia con fuentes conocidas de contaminación fecal y poblaciones que se han adaptado ambientalmente (OMS, 2021).

METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE DENSIDAD BACTERIANA

El monitoreo de la calidad del agua para sus diferentes usos resulta indispensable para garantizar la calidad de vida, dado que la misma podría ser vehículo de microorganismos patógenos. Frente a la variabilidad de resultados que pueden presentar los análisis microbiológicos, inherentes a que las mediciones se realizan sobre organismos vivos y dinámicos; es importante que los métodos de detección que se empleen sean confiables y con sensibilidad adecuada. Asimismo, es importante que la muestra sea representativa del ambiente monitoreado y que sea extraída siguiendo las guías y recomendaciones descritas en el Programa de Monitoreo. Esto exige la utilización de técnicas internacionales estandarizadas que presenten estas características y sobre las que se basan los valores de referencia (APHA, 2017).

Entre los métodos estandarizados empleados para la detección y cuantificación de los microorganismos indicadores de contaminación fecal en aguas, se destacan la fermentación en tubos múltiples o del número más probable; filtración por membrana y la técnica del sustrato

definido o sustrato específico. Cada uno de ellos se encuentran descritos en el apartado 9000 del *Standard methods for the examination of water and wastewater 23rd Edition; APHA, 2017* (SM) donde además se dan los lineamientos metodológicos que deben seguirse para garantizar la calidad de los resultados.

1. Técnica de fermentación en tubos múltiples o del número más probable

La técnica de fermentación en tubos múltiples o denominada también como del número más probables (NMP) debido a que estima la densidad media de bacterias coliformes o de enterococos empleando una tabla de números más probables generados mediante fórmulas de probabilidad específicas, es un procedimiento derivado de la obra original de McCrady (1915). Esta técnica es ampliamente utilizada para la estimación de las densidades poblacionales microbianas, en particular cuando la evaluación cuantitativa de células individuales no resulta factible. Se trata de una técnica de presencia/ausencia, en réplicas de diluciones decimales consecutivas, de atributos particulares de los microorganismos indicadores. Por lo tanto, es requisito para su aplicación, la capacidad de identificar un atributo particular de la población en el medio de crecimiento a utilizarse. Dada la naturaleza de “estimador” del NMP, la precisión de la técnica dependerá del número de tubos que se emplee, recomendándose la combinación de 5, así como de las réplicas muestrales analizadas, permitiendo estrechar los extremos del intervalo de confianza asociado a dicha estimación. Los resultados del análisis se expresan como NMP/100ml.

De acuerdo a lo especificado en la bibliografía de los métodos normalizados (APHA, 2017), la técnica de fermentación en tubos múltiples puede ser utilizada para monitoreo de agua potable, aguas superficiales no potables, aguas saladas y salobres; así como en fangos, sedimentos y lodos cumpliendo con las especificaciones detalladas en la sección SM 9221.

2. Método de filtración por membrana

El principio del método de filtración por membrana (FM), desarrollado por Cabelli (1987), se basa en la determinación del número de microorganismos indicadores presentes en un volumen establecido de agua, mediante la técnica de filtración por membrana (diámetro medio de poro de 0,45µm) con bomba de vacío.

Luego del filtrado del volumen de muestra adecuado, la membrana se coloca sobre la superficie de un medio de cultivo selectivo diferencial que permita la identificación y recuento posterior de las colonias objetivo. La incubación implica un tiempo estimado de 24 a 48 horas a la temperatura apropiada conforme al indicador de contaminación fecal escogido.

Para el conteo de las colonias características, se computan aquellos filtros que presentan entre 20 y 80 colonias típicas y no más de 200 de todos los tipos. Los resultados se expresan como unidades formadoras de colonias por 100mL de muestra (UFC/100mL). La metodología se encuentra descrita en la sección SM 9222 de la publicación de APHA, 2017.

Esta metodología de análisis se destaca por su elevada reproducibilidad, análisis de grandes volúmenes de muestra y porque brinda resultados en un tiempo considerablemente

inferior respecto a la técnica del NMP. Este aspecto es relevante para la pronta ejecución de medidas correctivas en los procesos de potabilización de aguas, así como en la toma de decisiones vinculadas al peligro del contacto directo en aguas recreativas. Sin embargo, presenta algunas limitaciones cuando se testean aguas con elevada turbiedad o elevada microbiota acompañante, que producen la colmatación de las membranas impidiendo el filtrado de un volumen suficiente de muestra y la obtención de resultados representativos.

Por otro lado, la técnica de NMP implica un incremento sustancial en cuanto al consumo de reactivos, materiales y disponibilidad de espacio, para el procesamiento de un número elevado de muestras.

Conforme a lo descrito en los párrafos precedentes, y de acuerdo con lo detallado por los métodos estandarizados (APHA, 2017), la técnica de FM resulta tan efectiva como la metodología del NMP para la detección de las bacterias de los grupos coliformes (que engloba a *E. coli*) y enterococos en aguas con baja turbiedad y carga bacteriana. A pesar de la existencia de ciertas limitaciones en la aplicación de la técnica de FM, ésta resulta equiparable cuando se utiliza con estricto apego a estas limitantes y a los detalles técnicos especificados.

Si bien los métodos de FM y NMP son diferentes en sus fundamentos, así como en la expresión de sus resultados, podría decirse que brindan información semejante sobre la calidad del agua, como quedó demostrado en los trabajos de Eckner (1998), Noble et al. (2004) y Griffith et al. (2006).

3. Método del sustrato definido o sustrato específico

El método de sustrato definido comenzó su desarrollo en la década de los '90 y se basa en la utilización de sustratos cromogénicos y/o fluorogénicos sintéticos que revelan reacciones enzimáticas específicas del microorganismo o grupo de microorganismos bajo estudio. La especificidad de la reacción enzima-sustrato le otorga a esta técnica una mayor sensibilidad y más rápida detección que los métodos de FM y NMP, dado que los sustratos definidos pueden añadirse a los medios de cultivo de aislamiento primario sin tener que efectuar necesariamente la etapa de identificación.

En la actualidad, se disponen de varios kits comerciales para la identificación/cuantificación rápida por la metodología del sustrato enzimático: Colilert® de IDEXX, Colilert Quanti Tray 2000, permiten la identificación y cuantificación simultánea de coliformes totales y *E. coli* y los resultados se expresan en NMP/100 mL o UFC/100 mL. Este método presenta elevada confiabilidad, resultante de la alta especificidad que presenta la reacción de la enzima con su sustrato.

Desde un punto de vista económico, la valoración de esta metodología se debería realizar considerando varios factores, ya que, si bien es cierto que la mayoría de los consumibles son importados, se reduce en forma considerable la preparación y consumo de medios de cultivo, así como vidriería y material descartable de laboratorio. Se reduce así el tiempo de trabajo del personal técnico calificado y se obtienen resultados más rápidos, lo que permite la toma de decisiones más expeditiva.

De acuerdo a lo establecido en los métodos estandarizados en la sección SM 9223 de APHA, 2017, la metodología del sustrato enzimático puede aplicarse para el análisis de agua potable, fuentes de captación y aguas recreacionales marinas y dulces.

EXPERIENCIAS PROVINCIALES

A continuación, se presentan fichas técnicas con algunas de las experiencias de las diferentes jurisdicciones provinciales en la evaluación de la densidad bacteriana de los cuerpos y/o cursos de agua naturales destinadas a fines recreativos, indicando las metodologías y referencias utilizadas para determinar la calidad microbiológica del agua.

PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Ficha 1
Indicador bacteriológico empleado: <i>Escherichia coli</i> y enterococos.
Metodología analítica de cuantificación: filtración por membrana (UFC/100 mL).
Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas. Resolución Ministerial 125/2016; Ministerio de Salud, Presidencia de la Nación.
Observaciones: utilizada en evaluación de aguas recreacionales marinas con contacto primario. Evaluaciones en pretemporada en determinadas lagunas del interior de la provincia.

Ficha 2
Indicador bacteriológico empleado: coliformes fecales y enterococos.
Metodología analítica de cuantificación: filtración por membrana (UFC/100 mL).
Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: Resolución ADA 42/06 (Autoridad del Agua, Provincia de Buenos Aires).
Observaciones: utilizada en la evaluación de aguas recreativas con contacto primario en el Río de la Plata (FREPLATA/RIIGLO) ^(1,2) ¹ FREPLATA: Proyecto de protección ambiental del Río de la Plata y su frente marítimo. ² RIIGLO: Red de intercambio de información de los gobiernos locales. Relevamientos trimestrales de la calidad del agua de la franja costera, lado Argentino, del Río de la Plata (2013-actualidad). https://datos.gob.ar/ar/dataset/ambiente-muestreos-calidad-agua-red-intercambio-informacion-gobiernos-locales-riiglo .

Ficha 3
Indicador bacteriológico empleado: coliformes fecales y <i>Escherichia coli</i> .
Metodología analítica de cuantificación: filtración por membrana (UFC/100 mL).
Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: Resolución 283/19 ACUMAR ⁽³⁾ .
Observaciones: utilizada en la evaluación de aguas recreativas en el ámbito de ACUMAR ⁽³⁾ . ³ ACUMAR: Comité de Cuenca Matanza-Riachuelo. Normativa referida a Calidad de Agua según Distintos Usos, aplicados a los cuerpos y cursos de agua ubicados dentro de la cuenca Matanza- Riachuelo.

PROVINCIA DE CATAMARCA

Indicador bacteriológico empleado: <i>Escherichia coli</i> .
Metodología analítica de cuantificación: filtración por membrana (UFC/100 mL).
Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: Normas de calidad de agua según el uso prioritario del cuerpo receptor. Actividades recreativas con contacto directo, Anexo 4 del contrato de concesión. Ley Provincial N° 4963/99. Solo rige en el área concesionada comprendida por ciudad capital, Fray Mamerto Esquiú y Valle Viejo. En el resto de la provincia, especialmente en trabajos de investigación, se usan los niveles de las Guías Nacionales de Calidad de Agua Ambiente para Recreación Humana con Contacto Directo. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2003).
Observaciones: Se realizan muestreos de agua a demanda. Al momento no se cuenta con un plan de monitoreo sistemático para la evaluación de la calidad del agua exclusivamente para usos recreativos. Los ríos y diques monitoreados son fuentes de agua para plantas potabilizadoras, por lo cual el control de calidad se centra básicamente en ese uso, pero sirven para conocer la aptitud del agua para uso recreativo.

PROVINCIA DE CHACO

Indicador bacteriológico empleado: coliformes totales, coliformes termotolerantes y <i>Escherichia coli</i> .
Metodología analítica de cuantificación: fermentación en tubos múltiples (NMP/100 mL).
Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: Resolución del Consejo Nacional del Medio Ambiente del Gobierno de Brasil, CONAMA, N° 274/2000.
Observaciones: La adopción de esta normativa como valor guía se realiza dado que los recursos hídricos de la provincia forman parte de la Cuenca del Plata, como los de Brasil. El monitoreo de la calidad de agua destinada a fines recreativos se realiza entre los meses de noviembre a febrero y por solicitud del municipio que desea habilitar un área destinada a tal fin.

PROVINCIA DE CÓRDOBA

Indicador bacteriológico empleado: <i>Escherichia coli</i> (agua dulce) y enterococos (agua salada).
Metodología analítica de cuantificación: fermentación en tubos múltiples (NMP/100 mL).
Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas. Resolución Ministerial 125/2016; Ministerio de Salud, Presidencia de la Nación -Resolución del Consejo Nacional del Medio Ambiente del Gobierno de Brasil, CONAMA, N° 274/2000.
Observaciones: Existe un plan de monitoreo anual de los recursos hídricos para su evaluación de acuerdo a diversos usos, tales como recreación, fuente de abastecimiento de agua para consumo humano, protección de la biota entre otros. Se prevé incrementar paulatinamente la cantidad de monitoreos de balnearios para evaluación del uso recreativo.

PROVINCIA DE CORRIENTES

Indicador bacteriológico empleado: coliformes termotolerantes.
Metodología analítica de cuantificación: fermentación en tubos múltiples (NMP/100 mL).
Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: "Selección de los niveles guías de calidad de agua en función de los diferentes usos del recurso." Cuenca del Plata. USO I: Agua para consumo humano con tratamiento convencional

USO II: Agua para actividades recreativas con contacto directo USO III: Agua para actividades agropecuarias USO IV: Protección de vida acuática Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 1993
Observaciones: la evaluación de la calidad de agua de los recursos hídricos utilizados con fines recreativos se realiza a solicitud de los municipios de la provincia.

PROVINCIA DE LA PAMPA

Indicador bacteriológico empleado: <i>Escherichia coli</i> .
Metodología analítica de cuantificación: fermentación por tubos múltiples Técnica ISO 9308:2
Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (U.S.EPA)
Observaciones: Programa de vigilancia de cuerpos - cursos de aguas naturales de la provincia de La Pampa. Uso recreativo (ríos y lagunas).

PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Indicador bacteriológico empleado: <i>Escherichia coli</i> .
Metodología analítica de cuantificación: 1-IDEXX Colilert Test Kit Quanti-Tray 2000 (NMP/100 ml). 2-Fermentación en tubos múltiples (NMP/100 ml).
Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: Guías Canadienses de Calidad de Aguas (1995) y su actualización 3 ^{ra} Edición (2012). (Guidelines for Canadian Recreational Water Quality)
Observaciones: El programa para el control bacteriológico de balnearios, se inicia en 1998 en el marco del organismo de cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro, AIC, para determinar la aptitud de uso en los balnearios municipales y zonas recreativas espontáneas, y/o a solicitud de los municipios. En función de los resultados del muestreo pretemporada o condiciones de presión de uso del sitio, que lo hacen vulnerable; se continua con un monitoreo de vigilancia durante la temporada estival con tomas de muestras quincenal o semanal; se delinearán medidas de protección del curso o cuerpos de agua, o bien se procede a la reubicación del área recreativa y/o a limitar su uso. Entre las condiciones del muestreo se mencionan que no se efectúa el mismo si llovió durante las 48 hs. anteriores; las muestras deben ser refrigeradas y entregadas al laboratorio dentro de las 24 hs. de haberse extraído; los resultados de las determinaciones deben informarse dentro de las 24 a 36 hs. de ingresadas las muestras al laboratorio. En la cuenca HuaHum Valdivia, el municipio Neuquino tiene establecido su propio programa de aptitud de la cubeta para uso recreativo, establecido por Ordenanza y con colocación de bandera para la comunicación a la población.

PROVINCIA RÍO NEGRO

Indicador bacteriológico empleado: <i>Escherichia coli</i> (agua dulce) y enterococos (agua marina).
Metodología analítica de cuantificación: 1-IDEXX Colilert Test Kit Quanti-Tray 2000 (NMP/100 ml). 2-Fermentación en tubos múltiples (NMP/100 ml).

<p>Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: Guías Canadienses de Calidad de Aguas (1995) y su actualización 3^{ra} Edición (2012). (Guidelines for Canadian Recreational Water Quality)</p>
<p>Observaciones: Se monitorea para establecer la aptitud del agua para uso recreativo mediante el “Programa de Control Bacteriológico de Balnearios --Determinación de la aptitud para uso recreativo contacto directo primario” que se lleva a cabo anualmente con regularidad desde 1998, previo a la temporada estival en balnearios y áreas recreativas, estratégicamente ubicados en diferentes cuerpos y/o cursos de agua pertenecientes a distintas cuencas hídricas y en la costa marítima. El programa contempla la medida de vigilancia durante toda la temporada estival en determinados balnearios según los resultados de evaluación pretemporada o vulnerabilidad por factores antrópicos del sitio, con muestreos semanales o quincenales.</p>

PROVINCIA DE SALTA

<p>Indicador bacteriológico empleado: coliformes totales y coliformes termotolerantes.</p>
<p>Metodología analítica de cuantificación: fermentación en tubos múltiples (NMP/100 mL).</p>
<p>Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: “Selección de los niveles guías de calidad de agua en función de los diferentes usos del recurso.” Cuenca del Plata. USO I: Agua para consumo humano con tratamiento convencional USO II: Agua para actividades recreativas con contacto directo USO III: Agua para actividades agropecuarias USO IV: Protección de vida acuática Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 1993.</p>
<p>Observaciones: No se cuenta con un plan de monitoreo que evalúe exclusivamente la calidad del agua para usos recreativos; no obstante, se emplean los indicadores bacteriológicos para evaluar la calidad del agua de los recursos hídricos provinciales, para los diferentes usos como parte de los planes de monitoreo establecidos por cuenca hídrica.</p>

PROVINCIA DE SAN JUAN

<p>Indicador bacteriológico empleado: coliformes totales, <i>Escherichia coli</i>, coliformes termotolerantes, enterococos fecales, huevos de helmintos.</p>
<p>Metodología analítica de cuantificación: fermentación en tubos múltiples (NMP/100 mL) y flotación-sedimentación para huevos de helmintos.</p>
<p>Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: Ley N° 24.585 – Código de Minería (Modificación Medioambiente); Honorable Congreso de la Nación Argentina (1995).</p>
<p>Observaciones: los muestreos se llevan a cabo en el marco del “Programa de Monitoreo de Calidad de Agua de los Embalses de la Provincia de San Juan”. El último se concretó en noviembre del 2021. El muestreo y análisis estuvo a cargo del laboratorio INDUSER, donde se recolectaron 27 muestras de agua superficial, de los ríos y embalses provinciales, en las que se analizaron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos; y otras 27 muestras de sedimentos de corrientes, en las que se analizaron parámetros geoquímicos. Las metodologías de muestreo fueron las siguientes:</p>

- ISO 5667-1 / IRAM 29012-1/ IRAM 29012-2 Directivas generales para el diseño de programas de muestreo y técnicas de muestreo.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd/ 40 CFR parte 136- Guía para la preservación y manipuleo de las muestras.
- ISO 5667-4 / IRAM 29012-4 Directivas para el muestreo de aguas de lagos naturales y artificiales.
- UNE-EN-ISO 5667-6 Directivas para el muestreo de ríos y cursos de agua
- ISO 5667-14 / IRAM 29012-14 – Directivas sobre el aseguramiento de la calidad del muestreo y manipulación de agua.

PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO SUR

Indicador bacteriológico empleado: coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> .
Metodología analítica de cuantificación: IDEXX Colilert Test Kit Quanti-Tray 2000 (NMP/100 ml).
Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: Decreto reglamentario 450/2021 de la Ley Provincial N° 1126. Tabla N° 6- Uso recreativo.
Observaciones: los programas de monitoreo de la calidad de agua superficial para las localidades de Ushuaia, Tolhuin, Río Grande y Almanza, se ejecutan anualmente y los resultados obtenidos se comparan con la normativa según el tipo de uso que presente el agua analizada.

PROVINCIA DE TUCUMÁN

Indicador bacteriológico empleado: coliformes totales y coliformes termotolerantes.
Metodología analítica de cuantificación: fermentación de tubos múltiples (NMP/100 mL).
Normativa/guía/recomendación utilizada de referencia: Resolución del Consejo Nacional del Medio Ambiente del Gobierno de Brasil, CONAMA, N° 274/2000.
Observaciones: Se realizan las mediciones de parámetros bacteriológicos en muestras colectadas en todos los cuerpos acuáticos donde se monitorea la calidad del agua, sean lénticos o lóticos (unos 90 sitios) dentro de la Cuenca del Río Salí-Dulce (Salta, Tucumán, Santiago del Estero, Catamarca y Córdoba), algunos con frecuencia mensual y otros estacional o semestral. También, se evalúan bacterias coliformes totales y termotolerantes en influentes y efluentes de las principales industrias de Tucumán (80 sitios) dos veces al año.

CONCLUSIONES

Evaluar la calidad microbiológica de las aguas recreativas de contacto primario es fundamental para la prevención de enfermedades de los usuarios que se exponen a las mismas. Esta evaluación se lleva adelante mediante la determinación de los microorganismos

indicadores de contaminación fecal en los sistemas hídricos, a partir de muestras representativas, cuya concentración presenta una correspondencia positiva con la posible presencia de gérmenes patógenos y la posible aparición de afecciones gastrointestinales en la población que tuvo contacto con el agua en cuestión.

Los indicadores de contaminación fecal en los cursos y/o cuerpos de agua comúnmente empleados son las bacterias pertenecientes al género *Enterococcus*, *Escherichia coli* y los coliformes termotolerantes. Las metodologías analíticas para sus determinaciones requieren el empleo de técnicas estandarizadas que aseguren la confiabilidad de los resultados y sobre las que se basan los valores de referencia. Los métodos “fermentación en tubos múltiples” (NMP/100 mL); “filtración por membrana” (UFC/100 mL) y el “método del sustrato definido” (NMP/100 mL o UFC/100 mL) se encuentran descritos en el apartado 9000 de *Standard methods for the examination of water and wastewater 23rd Edition; APHA, 2017 (SM)* y brindan información comparable.

Este capítulo reseña los indicadores bacterianos utilizados y las metodologías para su determinación. Seguidamente, mediante fichas técnicas, se resumen las experiencias de algunas jurisdicciones provinciales sobre la evaluación microbiológica de las aguas naturales de sus provincias y/o cuencas compartidas. En estas fichas se expone la utilización de valores guías para aguas recreativas y la ejecución de programas de evaluación de calidad de las mismas desarrollados siguiendo normativas específicas o guías y recomendaciones nacionales e internacionales, las que constituyen una referencia técnica y metodológica para cada región.

Se considera que tanto los antecedentes de la evaluación inicial del estado microbiológico del curso y/o cuerpo de agua, de la elección de valores guías y de los programas de control y vigilancia de la calidad del agua para uso recreativo provenientes de las autoridades hídricas provinciales, deben ser tenidos en cuenta al momento de desarrollar una planificación para la evaluación del agua con este fin. Con ello se evitarán errores operativos por la selección de los indicadores de contaminación fecal y técnicas de análisis. Asimismo, el conocimiento previo de factores ambientales, sociales y económicos incidentes en el programa de evaluación de la calidad del agua repercutirán en el éxito de este, permitiendo que se tomen decisiones consecuentes con la información previa que caracteriza a los sistemas hídricos y sus usos recreativos en cada región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, AWWA, WEF, (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (9000). Edition 23th.

Eckner K.F., (1998). Comparison of Membrane Filtration and Multiple Tube Fermentation by the Colilert and Enterolert Methods for Detection of Waterbone Coliform Bacteria, *Escherichia coli*, and Enterococci Used in Drinking and Bathing Water Quality Monitoring in Southern Sweden. Appl. Environ. Microbiol. 60(8):3079-3083.

Griffith J.F., Aumand L.A., Lee J.,(2006). Comparison and verification of bacterial water quality indicator measurement methods using coastal water samples. Environmental Monitoring and Assessment. 116:335-344.

Ministerio de Salud de la Nación. (2016). Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas. Módulo II. Directrices sanitarias para enteropatógenos y microorganismos oportunistas en agua ambiente. Resolución MSN 125/16. Disponible en:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/directrices_sanitarias_para_enteropatogenos.pdf

Noble R., Weisberg S., Leecaster M., (2004). Comparison of beach bacterial water quality indicator measurement. Methods Environmental Monitoring and Assessment. 81: 301-312.

Organización Mundial de la Salud (2003). Guías para ambientes seguros de agua recreativa. Vol. I: Aguas dulces y costeras. Ginebra.

World Health Organization (2021). Guidelines on recreational water quality — Volume 1: coastal and fresh waters. Disponible en:

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240031302>

CAPÍTULO 3

MONITOREO DE CUERPOS Y CURSOS DE AGUA

COMPONENTE FITOPLANCTON

INTRODUCCIÓN

La problemática de eutrofización de cursos y cuerpos de agua suele asociarse a una excesiva cantidad de nutrientes, en particular nitrógeno y fósforo, además de variables físicas características como altas temperaturas, radiación solar en el sistema y/o variación en el nivel del agua; lo cual desencadena un desarrollo desproporcionado de organismos autótrofos, que ocasionan un proceso denominado genéricamente “floraciones” o “blooms algales”. Este acontecimiento tiene un efecto adverso en la calidad de agua, causando limitaciones para su uso recreativo y en caso de ser fuente de abastecimiento, también puede provocar inconvenientes en el proceso de potabilización, incrementar sus costos (Rodríguez, et al., 2013), o incluso inhabilitar su uso mientras dure el desarrollo del “bloom”.

El análisis del fitoplancton brinda información sobre la diversidad de microorganismos presentes en la muestra de agua. Un indicador del estado trófico de los cursos y cuerpos de agua es la clorofila, pigmento verde presente en la mayoría de los organismos fotosintéticos, cuya concentración proporciona información sobre la biomasa algal (Domínguez, et al., 2020).

Las cianobacterias son parte del fitoplancton, existiendo cepas toxigénicas y no toxigénicas correspondientes a las mismas especies, las que no pueden ser diferenciadas por observación microscópica. Varios estudios indican que las cianobacterias producen la mayoría de las toxinas bajo condiciones favorables para su crecimiento. Además, generan metabolitos no tóxicos, como geosmina y 2- metilisoborneol, que alteran las características organolépticas del agua.

La peligrosidad de las cianobacterias se encuentra asociada con la potencial producción y liberación de compuestos que reciben el nombre de cianotoxinas, que se clasifican en: hepatotoxinas como microcystinas, nodularina y cylindrospermopsina; neurotoxinas como saxitoxinas y anatoxinas y dermatotoxinas como lipopolisacáridos. Cada toxina tiene propiedades específicas y causan efectos perjudiciales como manifestaciones hepáticas y neurotóxicas. Algunos síntomas agudos notificados tras la exposición fueron: trastornos digestivos, fiebre e irritaciones de la piel, los oídos, los ojos, la garganta y el aparato respiratorio. Las cianobacterias no proliferan en el organismo humano, de modo que no son microorganismos infecciosos (Backer, 2002). El estudio de estos fenómenos es crucial al momento de habilitar un curso y/o cuerpo de agua para fines recreativos.

En el presente capítulo, se describen las acciones tendientes a diagramar los planes de monitoreo en cursos y cuerpos de agua, vinculados al uso recreativo, asociado al fitoplancton. Se comentan las experiencias adquiridas por los técnicos de las provincias, quienes tienen a cargo la planificación y ejecución de los planes de monitoreo en su jurisdicción.

La metodología de trabajo con cianobacterias conlleva complejidad, debido a la gran cantidad de consideraciones para la toma de muestras y numerosos análisis posteriores en gabinete y laboratorio (reconocimiento de especies, conteo celular, medición de clorofilas y toxinas). Es por esto que es importante remarcar que la observación de cambios en el curso y/o cuerpo de agua, detección de mal olor y sabor, son formas económicas, instantáneas y eficientes para la detección de un “blooms algal” en primera instancia. En muchos casos, esto es suficiente como primera acción para restringir el uso recreativo (al menos de contacto directo). Además, esta primera detección puede ser realizada por lugareños o por quienes utilizan el sitio para diferentes actividades, para lo cual es aconsejable realizar su capacitación previa para la correcta identificación del fenómeno en forma preliminar.

PLAN DE MONITOREO DEL COMPONENTE FITOPLANCTON.

A continuación, se presentan los puntos a considerar para desarrollar el **Plan de Monitoreo del componente Fitoplancton.**

1. Inspección visual del ambiente.

La inspección visual del ambiente acuático es esencial para detectar tempranamente la proliferación de los “blooms algales”. Es una práctica de bajo costo, que requiere mínimas demandas de equipamiento y habilidades para el personal local. La participación de personas involucradas en la problemática usualmente se enmarca en proyectos de “ciencia ciudadana”.

Para una detección temprana se requiere relevamientos visuales periódicos, en lo posible diarios, especialmente en temporada de uso recreativo, dado que se pueden producir cambios en cortos períodos de tiempo. Ante eventos de floraciones evidentes que puedan afectar la salud ambiental, se deberá proceder a realizar monitoreos para determinar especies de algas y concentración de toxinas.

Cuando ocurre una floración de cianobacterias se registran cambios en la coloración del agua y presencia de cúmulos de espuma. Con un entrenamiento básico es posible preparar al personal para inspeccionar los sitios de forma regular, pudiendo brindar “alertas tempranas” de aparición de floraciones. Existen varios instructivos relativos al aspecto del agua y su relación con la presencia de cianobacterias y tipos de actividades a desarrollar en las mismas, conocidas como “cianosemáforos” (Ministerio de Salud. Resolución 125/2016).

2. Selección de los sitios de muestreo

La distribución de las poblaciones de cianobacterias tiene una naturaleza heterogénea y dinámica que implicará una respuesta flexible en la selección del sitio de muestreo.

Dos consideraciones son muy importantes a la hora de establecer la localización de los puntos de muestreo: los objetivos del estudio (que puede ser desde la gestión del recurso con un fin recreativo a científico) y la naturaleza física del agua (cuerpo léntico o lótico).

2.1. Cuerpos de agua lénticos

En cuerpos de agua lénticos, los puntos de muestreo se establecen de acuerdo a las características morfométricas del sitio de estudio. En caso de lagunas de escasa profundidad (de 0,5 m a 1m o menos), se pueden elegir/seleccionar varios puntos de muestreo distribuidos espacialmente por toda el área. En cuerpos de aguas profundas se diferencian dos zonas, una alcanzada por la luz solar (fótica) y otra oscura (afótica). Como el fitoplancton presenta estratificación vertical debido a varios factores, principalmente la luz, se pueden establecer distintos niveles de profundidad para la toma de muestras.

Si hay desarrollo de macrófitas, deben elegirse al menos dos puntos de muestreo: uno en la orilla (zona vegetada) y otro en aguas libres o abiertas, dado que la biomasa algal, composición fitoplanctónica y productividad primaria podrían diferir entre estas dos zonas (Wetzel, 2001).

2.2. Cuerpos de agua lóticos

En cuerpos de agua lóticos, se deben considerar especialmente las zonas protegidas de la corriente del cauce principal y la columna de agua (profundidad). En cursos de agua chicos, se deberá muestrear aguas arriba de la zona de turbulencia. En ríos medianos y grandes se recomienda tomar muestras en el cauce principal, en sitios prefijados y en la orilla. También dónde se verifique la acumulación de cianobacterias, en sitios tales como: puertos, balnearios, remansos, entre otros.

Dado que el agua en cursos torrentosos suele tener una buena mezcla vertical, se recomienda efectuar la toma de muestras bajo la superficie o bien coleccionar una muestra integrada a partir de varias alícuotas correspondientes a distintas profundidades.

3. Toma de muestras

Como en todo monitoreo de aguas, es necesario seguir un protocolo que asegure la correcta extracción de la muestra para garantizar la representatividad del sitio de estudio y que además garantice que en lo sucesivo la muestra será tomada de la misma forma, a fin de obtener luego resultados comparables en el tiempo.

El programa de muestreo debe incluir una planilla de campo que permita registrar las condiciones del punto de muestreo al momento de efectuar la recolección. Para ello, la planilla debe tener espacios para completar lo siguiente: código de muestra, coordenadas geográficas, aspecto del agua: olor, color, presencia de manchas y espumas; lugar para describir las características morfométricas y un apartado para plasmar las variables ambientales: velocidad y dirección del viento, temperatura del aire, entre otras, como así también para los procedimientos que se efectúan en campo, como por ejemplo filtración de muestra. Para el caso que los responsables del monitoreo posean instrumentos de medición móviles (sondas uni o multiparamétricas, medidores de caudal, etc.), la planilla, además, debe contener espacio para registrar los parámetros que se midan *in situ*: transparencia, pH, temperatura del agua, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y caudal, entre otros.

Al igual que para cualquier análisis, se debe proceder a rotular los frascos (punto de muestreo, conservante, tipo de análisis a realizar) y efectuar la toma de muestra según las

especificaciones de la técnica seleccionada para determinar cada parámetro: clorofila, nutrientes (fósforo, nitrógeno), fitoplancton (cualitativo y cuantitativo), toxinas, etc. En caso de ser necesario consultar el volumen de muestra requerido para realizar las determinaciones.

Para analizar fitoplancton se recomienda extraer dos tipos de muestra: *cualitativas* y *cuantitativas*, como así también realizar la recolección de muestras de agua para análisis de clorofila. Los cuerpos de agua con bajos niveles de nutrientes, presentan valores de clorofila menores a 2,5 µg/L (oligotróficos), y aquellos con alto contenido (eutróficos/hipereutróficos) pueden alcanzar 300 µg/L de clorofila (Chapman, 1992).

4. Conservación de las muestras

El laboratorio encargado de realizar el análisis debe informar sobre el tipo de envase (plástico, vidrio, boca ancha o angosta), volumen a recolectar, forma de conservación (frio, oscuridad, agregado de ácido o base). Se deberá coordinar día y horario de entrega de las muestras.

En general, se debe tener en cuenta:

4.1. Muestras para el análisis cualitativo de fitoplancton: Las muestras para análisis cualitativo se conservan en frío (4°C) y en oscuridad, sin agregado de conservantes. Deben ser remitidas para su análisis dentro de las 24 hs. de extracción. De no ser posible, deben fijarse con formol (solución de formaldehído 40%).

4.2. Muestras para el análisis cuantitativo de fitoplancton: Las muestras para el análisis cuantitativo se conservan fijándose *in situ* con solución de Lugol acético al 1% (o según indicaciones del laboratorio). Agitar luego de agregar el fijador. Las muestras debidamente acondicionadas se conservan en oscuridad sin refrigerar y deben ser remitidas para su análisis en un lapso no mayor a una semana.

5. Técnicas para análisis

5.1. Análisis cualitativos de fitoplancton: Para una correcta identificación de las especies presentes en las muestras se necesita un microscopio óptico, con ocular micrométrico y con dispositivos de cámara clara y fotográfica. Para identificar los organismos se utilizan claves dicotómicas y para una clasificación sistemática más precisa se debe recurrir a bibliografía adecuada.

5.2. Análisis cuantitativos de fitoplancton: Este análisis o recuento de fitoplancton se realiza utilizando un microscopio invertido y cámara de sedimentación, aplicando el método de Utermöhl. Si no se dispone de estos elementos se puede realizar el recuento con un microscopio óptico utilizando cámaras de Sedgwick-Rafter. El recuento se expresa en células/mL.

5.3. Extracción y determinación de clorofila: La extracción de clorofila se debe realizar en la oscuridad y a bajas temperaturas para reducir al mínimo la foto-oxidación del pigmento.

Dependiendo de la concentración algal, el volumen de la muestra a analizar puede variar entre 0,5 a 5 litros.

5.4. Análisis para la detección de toxinas: Existen en la actualidad distintos métodos analíticos para la detección de toxinas, desde los más complejos a los más simples y económicos. Entre los métodos analíticos utilizados se encuentran los cromatográficos, enzimáticos e inmunológicos.

6. Herramientas de alertas tempranas ante floraciones algales

6.1. Cianosemáforo: Es una herramienta simple y de bajo costo que se diseña para alertar a la población sobre el nivel de seguridad del agua para el uso recreativo, potabilización y/o productivo ante las floraciones de cianobacterias. Según las características organolépticas del agua se le asocia un nivel de riesgo. Las características por evaluar en los cursos o cuerpos de agua son el color, la intensidad de la coloración, la presencia de espumas, el olor, etc. Cada característica corresponde con distintos grados de condiciones ambientales.

Esta herramienta facilita la participación ciudadana en el proceso de evaluación de los cursos y/o cuerpos de agua y permite obtener información rápida y básica sobre las condiciones del sistema. En la actualidad existen distintos cianosemáforos en el país. Por ejemplo, el diseñado por la Universidad Nacional de Córdoba por medio de un proyecto de compromiso social estudiantil cuenta con cuatro colores, azul, verde, amarillo y rojo. El color rojo indica un riesgo alto, alta presencia de cianobacterias que pueden liberar toxinas, el color amarillo indica riesgo moderado, mediana cantidad de cianobacterias, color verde riesgo bajo, poca cantidad de cianobacterias y color azul, sin presencia de cianobacterias.

Otro ejemplo es el cianosemáforo que se aplica en Provincia de Buenos Aires que hace referencia al Sistema de Alerta Temprana, el cual mediante 4 colores indica el nivel de riesgo de intoxicación por floraciones de cianobacterias en aguas recreativas. Para determinar el color del cianosemáforo se basan en 3 componentes:

1. Monitoreo satelital (teledetección) con Sentinel 2 y Sentinel 3 que sirve para establecer niveles de clorofila y ficocianina.
2. Monitoreo de Campo a partir de variables observables a simple vista.
3. Análisis de laboratorio.

6.2 Teledetección: Es un método que utiliza sensores remotos para obtener información sobre la superficie terrestre o el océano. Para la detección de florecimientos algales se utilizan imágenes satelitales que captan la reflectancia de la luz solar en el agua. Estas imágenes permiten estimar la concentración de clorofila-a, pigmento indicador de la biomasa fitoplanctónica, o la probabilidad de que haya cianobacterias. Para diferenciar cuerpos de agua con cianobacterias (potencialmente tóxicas) se utiliza el índice de ficocianina.

La teledetección es una herramienta útil para monitorear en tiempo real las floraciones algales, que pueden afectar la calidad del agua y la salud de las personas y los ecosistemas. Previo a su implementación requiere ser calibrada y correlacionar las imágenes con datos analíticos de campo.

Mediante la alerta temprana y la gestión adecuada, la herramienta ayuda a prevenir o mitigar los impactos de las floraciones algales en los cursos y cuerpos de agua utilizados para actividades recreativas. Así, se puede informar oportunamente a la comunidad sobre las condiciones de seguridad o las precauciones que debe tomar para realizar actividades recreativas en sus ríos, lagos o lagunas. También se puede orientar a los municipios y empresas que captan agua de estos cuerpos o cursos a que adopten las medidas de seguridad pertinentes.

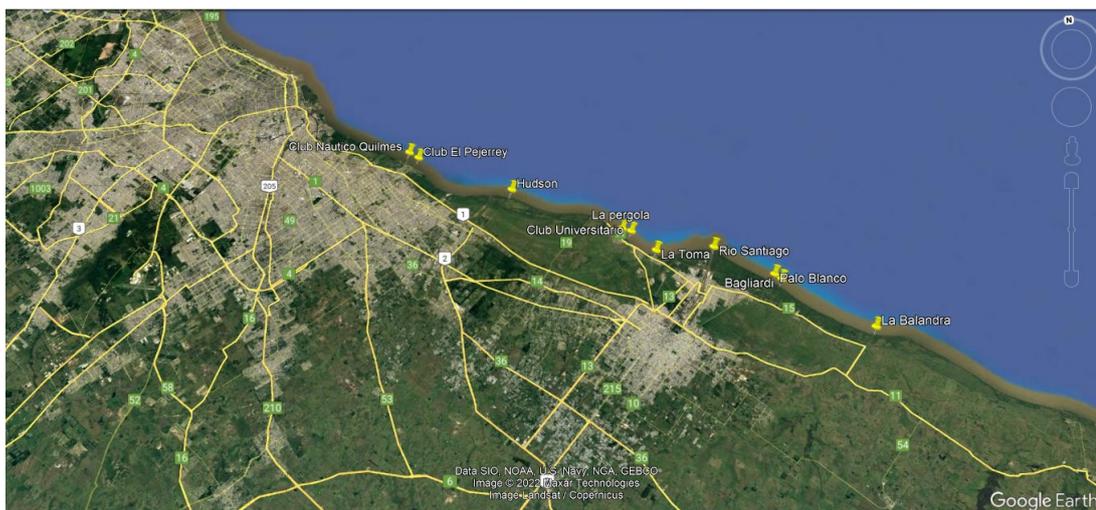
EXPERIENCIAS PROVINCIALES

En este apartado se comparte algunas de las experiencias provinciales en la evaluación del fitoplancton en cursos y cuerpos de agua destinados a fines recreativos, como así también para consumo humano. Cabe aclarar que algunas jurisdicciones realizan monitoreo sistemático de la calidad de sus cursos/cuerpos de agua desde la década del 90.

PROVINCIA: BUENOS AIRES
Sitio evaluado: Caso 1: Río de La Plata
Objetivo de Monitoreo: Seguimiento de floraciones algales y calibración de algoritmo de monitoreo satelital.
Descripción del caso. El monitoreo se lleva a cabo sobre la costa del Río de La Plata en el sector comprendido entre los partidos de Quilmes a Berisso. Dentro de este sector se ubica la toma de agua de la empresa prestataria del servicio de agua y cloaca de la región, además se emplean sus playas como áreas de intensa recreación. Toda la zona recibe la descarga de diversos arroyos y canales que atraviesan importantes ciudades, los cuales constituyen cuerpos receptores de efluentes cloacales e industriales, incluyendo el vuelco de las plantas de tratamiento de las empresas prestatarias de los servicios de agua y cloaca de la región. Paralelamente se desarrolló un programa de vigilancia de las costas del río de La Plata donde participa la Mesa Interinstitucional conformada por diferentes organismos estatales: Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA), la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET- La Plata), Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Universidad Tecnológica Nacional (UTN), la Autoridad Del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA), la Dirección de Monitoreo Hídrico de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Buenos Aires y los municipios afectados.
Descripción del monitoreo: -Muestreo mensual: están establecidas entre 3 a 6 estaciones de muestreo, 5 son las de mayor asiduidad en el último año. -Muestreo semanal en época de alta concentración de cianobacterias. -En épocas de floraciones: visualizaciones diarias. -Las estaciones se ubican en la costa del Río de La Plata a lo largo de 50 km aproximadamente. Se localizan en sectores de playa y clubes náuticos, zona portuaria y una en particular monitorea el canal de toma de agua de la planta potabilizadora regional.

<p>El muestreo es diseñado y ejecutado por personal del Departamento Preservación y Mejoramiento de los Recursos Hídricos de la Autoridad del Agua.</p> <p>Por otro lado, desde la Dirección de Monitoreo Hídrico de la Subsecretaría de Recursos Hídricos se realizan visualizaciones diarias de los sitios seleccionados a lo que, dependiendo de la situación, puede sumársele otros sitios.</p>
<p>Parámetros analizados y frecuencia</p> <p>Variables in situ: pH, turbiedad, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), temperatura del agua.</p> <p>Parámetros de laboratorio: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Compuestos del Nitrógeno Inorgánico (nitratos, nitritos, amonio), fósforo total, fitoplancton cualitativo, fitoplancton cuantitativo, clorofila-a, microcistina y bacterias entéricas.</p>
<p>Laboratorios donde se realizaron las determinaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laboratorio Central de la Autoridad del Agua: análisis físico-químicos, clorofila-a y microcistina/nodularina. Hasta 2020 el fitoplancton también era determinado por el laboratorio ADA. - Instituto de Limnología Raúl Ringuelet, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Eventualmente se deriva la determinación de clorofila-a. - División Ficología, de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP): determinaciones cuali-cuantitativas de fitoplancton.
<p>Conclusión:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicación del Cianosemáforo. - Desarrollo de un Sistema de alerta temprana para la detección de floraciones algales nocivas mediante herramientas de teledetección el que comprende la generación del enlace ADA-Monitoreo Satelital. <p>https://www.ada.gba.gov.ar/sistema-de-alerta-temprana-para-la-deteccion-de-floraciones-algales/</p> <p>https://sites.google.com/view/ada-monitoreo-satelital</p>

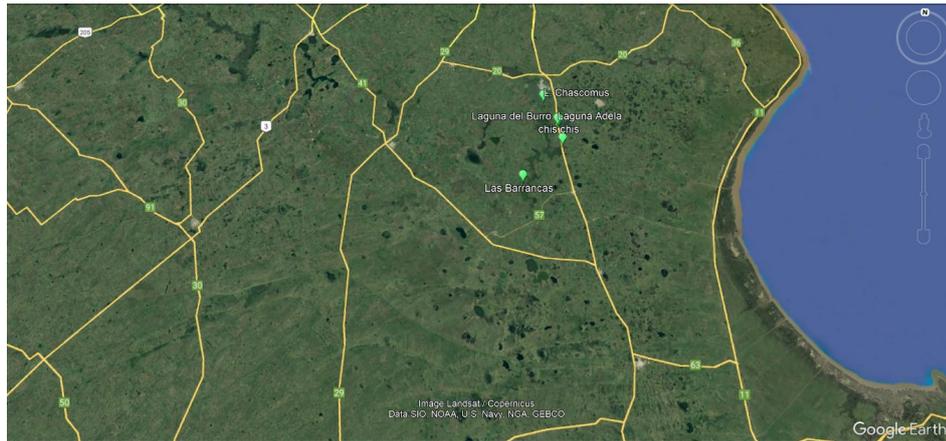
Anexos: Estaciones de vigilancia y monitoreo. Ilustraciones del caso presentado



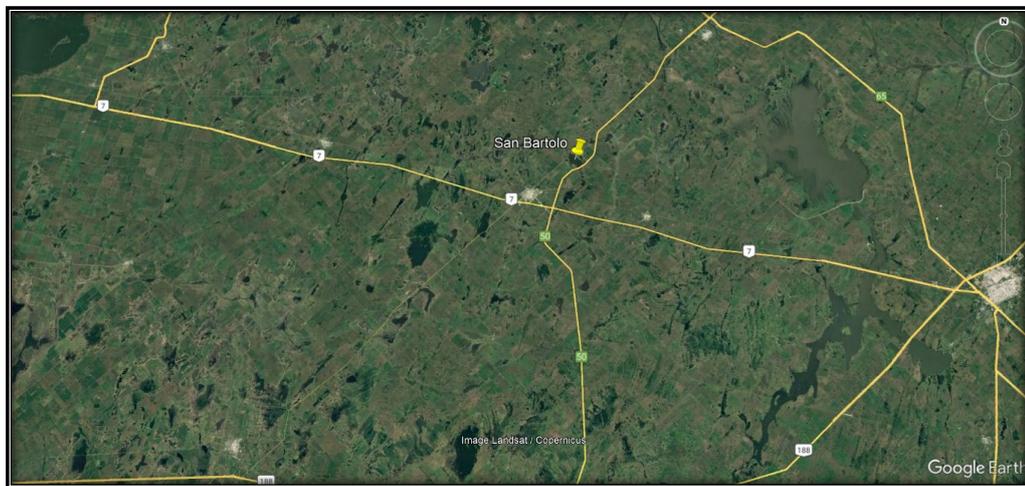
Estaciones de monitoreo. Registro fotográfico

PROVINCIA: BUENOS AIRES
Sitio evaluado: -Caso 2: Lagunas de la Provincia.
Objetivo del Muestreo: Estudio de calidad de agua en lagunas de uso recreativo. Descripción del caso Debido a las recurrentes floraciones algales en la provincia de Buenos Aires se realiza el seguimiento de la calidad del agua en diversas lagunas. El Departamento Preservación y Mejoramiento de los Recursos (ADA), conjuntamente con el programa de Teledetección de Cianobacterias perteneciente al mismo organismo realizan el diseño, ejecución y evaluación de los monitoreos. A su vez, la Dirección de Monitoreo Hídrico de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia está llevando a cabo un programa de implementación de Cianosemáforo.
Descripción del monitoreo: Una vez seleccionada la laguna, según las características de la cuenca de aporte se establece la ubicación de las estaciones de muestreo. Dependiendo de la accesibilidad, se realiza la toma de muestras desde la costa o embarcados. Cianosemáforo: los municipios participantes, que han sido previamente capacitados, envían imágenes de la laguna y de un envase con una muestra de agua, diariamente. En función de ello, se asigna una categoría del cianosemáforo.
Parámetros analizados y frecuencia Variables in situ: pH, turbiedad, CE, OD, temperatura del agua. Parámetros de laboratorio: DBO ₅ , DQO, Compuestos del Nitrógeno Inorgánico (nitratos, nitritos, amonio), fósforo total, fitoplancton cualitativo, fitoplancton cuantitativo, clorofila-a, microcistina y bacterias entéricas.
Laboratorios donde se realizaron las determinaciones <ul style="list-style-type: none"> - Laboratorio Central de la Autoridad del Agua: análisis físico-químicos, clorofila-a y microcistina/nodularina. Hasta 2020 el fitoplancton también era determinado por el laboratorio ADA. - Instituto de Limnología Raúl Ringuelet, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Eventualmente se deriva la determinación de clorofila-a. - División Ficología, de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP): determinaciones cuali-cuantitativas de fitoplancton.
Conclusión: <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de un Sistema de alerta temprana para la detección de floraciones algales nocivas mediante herramientas de teledetección el que comprende la generación del enlace ADA-Monitoreo Satelital. https://www.ada.gba.gov.ar/sistema-de-alerta-temprana-para-la-deteccion-de-floraciones-algales/ https://sites.google.com/view/ada-monitoreo-satelital

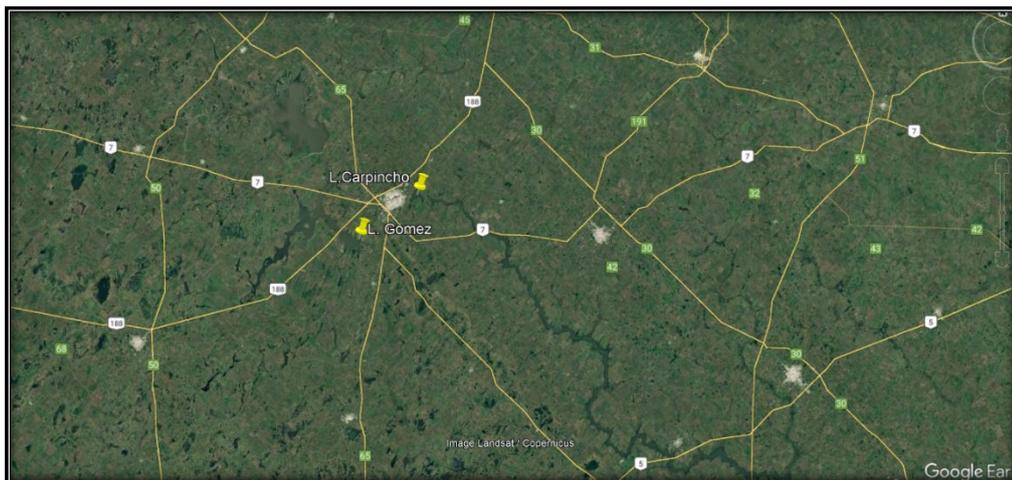
Anexos: Estaciones de vigilancia y monitoreo.



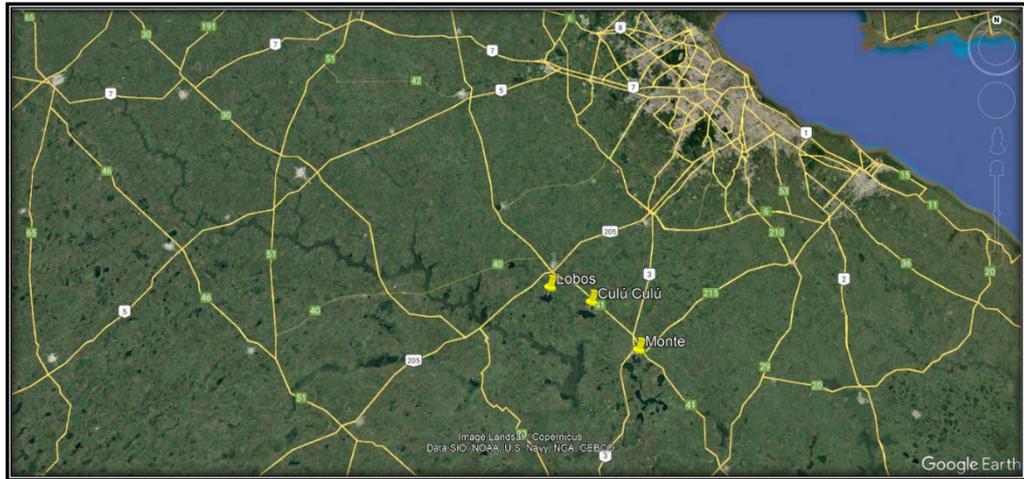
Lagunas Adela, Del Burro, Chis Chis, Barrancas (Lagunas Encadenadas, partido de Lezama) y Laguna de Chascomús (Partido de Chascomús)



Laguna San Bartolo (partido de Leandro N. Alem).



Lagunas Gómez, El Carpincho (partido de Junín)

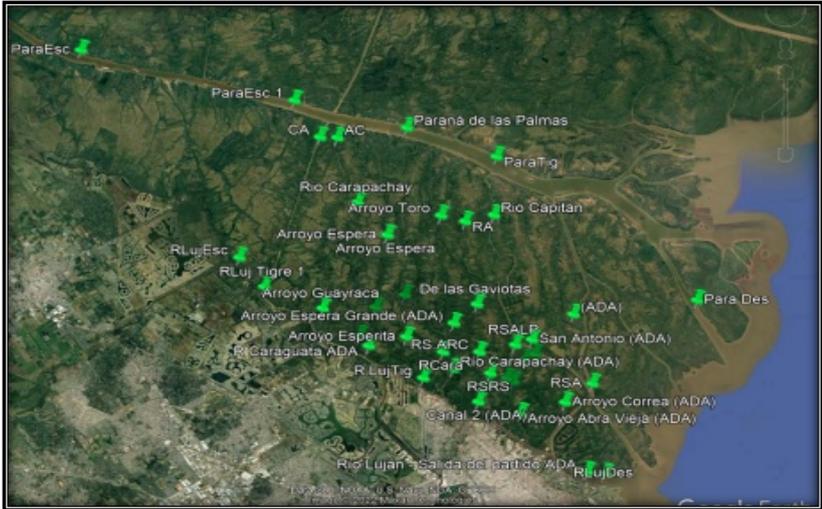


Laguna de Lobos y CulúCulú y (partido de Lobos) y Laguna de Monte (partido de San Miguel del Monte).

PROVINCIA: BUENOS AIRES
<p>Sitio evaluado: -Caso 3: Delta del Río Paraná.</p>
<p>-Objetivo del Monitoreo: Seguimiento de Floración Algal desarrollada en noviembre de 2020 en Delta del Río Paraná.</p> <p>Descripción del caso En el sector del delta del Río Paraná perteneciente al partido de Tigre, se asientan numerosas poblaciones isleñas, aisladas y de intensa actividad recreativa, con realidades socioeconómicas muy dispares. El suministro de agua se realiza a partir de la toma directa desde los cursos más próximos a los establecimientos.</p>
<p>Descripción del monitoreo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se trabajó conjuntamente con la Secretaría de Medio Ambiente del partido de Tigre, contando con el asesoramiento de la Dra. Inés O'Farrell. - Diariamente personal del municipio de Tigre recorrían distintos cursos y recibía información de los lugareños sobre la presencia de cianobacterias. - Se establecieron de 12 a 16 estaciones de monitoreo, en las cuales se tomaban muestras con una frecuencia semanal durante el período más crítico. Dichas estaciones se ubicaron en los cursos con mayor densidad de población y/o sectores más vulnerables como escuelas, salas sanitarias, etc. Cuando las floraciones fueron menos intensas se disminuyó la cantidad de estaciones a la mitad y se llevó a cabo un plan de vigilancia recorriendo los cursos y realizando mediciones de parámetros in situ.
<p>Parámetros analizados y frecuencia: Parámetros in situ: pH, turbiedad, CE, OD, temperatura del agua, viento, Humedad (%), turbulencia del agua, altura del río. Parámetros de laboratorio: DBO₅, DQO, Compuestos del Nitrógeno Inorgánico (nitratos, nitritos, amonio), fósforo total, fitoplancton cualitativo, fitoplancton cuantitativo, microcistina.</p>
<p>Laboratorio donde se realizaron las determinaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laboratorio Central Autoridad del Agua: análisis físico-químicos, microcistina y fitoplancton.

- Instituto de Ecología, Genética y Evolución de Buenos Aires (IEGEBA), UBA: fitoplancton.

Anexo: Estaciones de vigilancia y monitoreo. Ilustraciones del caso presentado



Estaciones donde se analizaron cianobacterias



Estaciones donde se analizaron cianobacterias



Registro fotográfico del caso presentado

PROVINCIA: CATAMARCA
<p>Sitio evaluado:</p> <p>Caso 1: Dique Las Pirquitas, dique de tierra con escollera, altura máxima 85m. Departamento Fray Mamerto Esquiú. Catamarca.</p> <p>Coordenadas: Latitud 28°15'27.805"S; Longitud 65°44'34.989"O. Capacidad inicial: 75 hm³</p> <p>Objetivos: Controlar la calidad del agua como fuente de abastecimiento a planta potabilizadora, irrigación y uso recreativo.</p>
<p>Descripción del caso:</p> <p>El embalse tiene una capacidad actual de 45 hm³ y es utilizado como fuente de abastecimiento para agua potable, riego y fines recreacionales: esquí acuático; navegación a vela; paseos en lancha, kayaks, motos de agua, pesca deportiva.</p> <p>Las floraciones algales ocurren aproximadamente entre los meses de marzo- abril y en algunas oportunidades en setiembre-noviembre, relacionados con alta radiación solar, concentración de nutrientes y escasas precipitaciones. Estos eventos originan problemas fundamentalmente en los procesos de potabilización del agua y reclamo en los usuarios por sabor, olor y color inaceptables.</p>
<p>Descripción del monitoreo:</p> <p>No se realizan monitoreos sistemáticos. Cuando ocurren los florecimientos se procede a extraer muestras puntuales para tipificar las algas presentes.</p>
<p>Parámetros analizados y frecuencia:</p> <p>Fitoplancton: Se detectaron las siguientes especies: <i>Microcystis</i> sp, <i>Cyclotella</i> sp, <i>Chroococcus</i> sp, <i>Melosira</i> sp, <i>Staurastrum</i> sp, <i>Aulacoseira</i> sp, <i>Cocconeis</i> sp, <i>Cymbella</i> sp, <i>Gomphonema</i> sp, <i>Navicula</i> sp, <i>Nitzschia</i>.</p> <p>No se cuenta con resultados de concentraciones de clorofila, toxinas, fósforo, nitrógeno ni valores de las variables ambientales.</p>
<p>Laboratorio donde se realizaron las determinaciones:</p> <p>Aguas Cordobesas- Laboratorio de Agua y Efluentes de la Secretaría de Agua.</p>
<p>Conclusión:</p> <p>Se están coordinando acciones conjuntas entre la Secretaría de Agua, Secretaría de Ambiente y Aguas de Catamarca S.A.P.E.M (Sociedad Anónima con Participación Estatal Mayoritaria), para controlar la calidad del agua para diferentes usos de los cuerpos y cursos de toda la provincia, mediante monitoreos sistemáticos.</p>

Anexos: Registro fotográfico del caso presentado



Imagen dique Las Pirquitas en marzo 2022

Imágenes de especies encontradas bajo Microscopio Binocular 40X. Laboratorio de Agua y Efluentes de la Secretaría de Agua.



Microcystis sp.



Cyclotella sp.

PROVINCIA: CATAMARCA
<p>Sitio evaluado: Caso 2: Dique El Jumeal, dique de escollera, revestido en piedra, alimentado por el río El Tala mediante un trasvasamiento de cuenca. Departamento Capital: San Fernando del Valle de Catamarca. Catamarca. Coordenadas: Latitud 28°27'31"S; Longitud 65°48'37"O; Altitud: 594 m.s.n.m. Superficie del cuerpo de agua: 12 ha. Profundidad máxima de 25 metros. Objetivo prioritario: Controlar la calidad del agua como fuente de abastecimiento a planta potabilizadora y uso recreativo.</p>
<p>Descripción del caso: El embalse con una capacidad inicial de 1,2 hm³, es utilizado como fuente de abastecimiento a la planta potabilizadora N°1 de la ciudad Capital (fundamentalmente en primavera-verano. Aguas de Catamarca SAPEM) y para fines recreacionales: kayak, tirolesa, rapel, nado en aguas abiertas, canotaje, pesca deportiva. Las floraciones algales que se registran en este cuerpo de agua están relacionadas con bajo nivel de agua en el dique, aumento de la concentración de nutrientes, alta radiación solar y escasas precipitaciones. Como antecedentes de florecimientos significativos de cianobacterias en este dique, se puede citar lo ocurrido en los años 1996 y 2005 (Aguas de Catamarca, Aguas Cordobesas, Secretaría del Agua y del Ambiente).</p>
<p>Descripción del monitoreo: Como referencia de un estudio sistemático se puede citar el trabajo: "Cianobacterias en el embalse El Jumeal (Catamarca) durante las estaciones verano – otoño, 2007 – 2008 y relación de su abundancia con parámetros físico – químicos del medio" (Paradela N., 2011), donde si bien este estudio no coincidió con un florecimiento algal, se detectó la presencia de ciertas especies que pueden originar esta problemática. Se realizaron muestreos durante dos años comparando los resultados obtenidos en verano-otoño, en tres sitios de muestreo: Paredón, Cola y Olla del citado embalse. Se tomaron muestras para análisis físico-químicos y biológicos y se determinaron las especies de Cianobacterias presentes en el agua mediante observación directa a microscopio y usando claves dicotómicas para identificación. No se realizan monitoreos sistemáticos. Cuando ocurren los florecimientos se procede a extraer muestras puntuales para tipificar las algas presentes.</p>
<p>Parámetros analizados y frecuencia: Fitoplancton: Se detectaron las siguientes especies: <i>Microcystis sp</i>, <i>Chroococcus sp</i>, <i>Anabaena sp</i>. <i>Aphanizomenon sp</i>. <i>Anabaena spiroides</i>, <i>Leptolyngbya sp.</i> y <i>Oscillatoria sp</i>. Correlación entre los parámetros determinados: Los factores ambientales que mostraron una correlación significativa con la abundancia y diversidad de las cianobacterias en el embalse</p>

fueron: temperatura, conductividad, pH, bicarbonatos y calcio. La temperatura mostró una correlación positiva con la densidad y abundancia de las cianobacterias. En el trabajo de referencia no se determinó las concentraciones de clorofila ni toxinas. En la etapa de muestreo se registró bajo nivel de agua en el embalse. Sobre una profundidad inicial del dique de 25m, se registraron valores mínimos y máximos de 1,33 m – 15,75 m respectivamente.

Laboratorio donde se realizaron las determinaciones:
Aguas Cordobesas- Laboratorio de Agua y Efluentes de la Secretaría de Agua.

Conclusión:
A partir de los episodios registrados se considera necesario implementar un plan de vigilancia en los embalses Piriquitas y El Jumeal como así también en los restantes seis (6) cuerpos de agua de la Provincia (Ipizca: departamento Ancasti; Motegasta: departamento La Paz; Sumampa: departamento Paclín; Collagasta: departamento El Alto; La Cañada: departamento Santa Rosa y El Bolsón: departamentos La Paz, Ancasti y El Alto). También la realización de monitoreos sistemáticos de la calidad del agua en estos diques y un plan para controlar el impacto originado por factores antrópicos en la cuenca (ganadería extensiva, degradación de la vegetación autóctona, incendios forestales entre otros), con el fin de minimizar el aporte de sedimentos y nutrientes que afectan la capacidad de los diques y la calidad del agua almacenada. Cabe aclarar que los embalses citados se utilizan como fuente de agua para consumo humano.

Anexos: Registro fotográfico del caso presentado



Imagen dique El Jumeal verano del 2007.



Imagen dique El Jumeal otoño del 2008.

Imágenes de especies encontradas bajo Microscopio Binocular 40X. Laboratorio de Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNCa



Lyngbya sp. Oscillatoria sp.



Anabaena spiroides, Anabaena sp.

PROVINCIA: CÓRDOBA
<p>Sitios evaluados:</p> <p>Embalses: San Roque, Río Tercero, Piedras Moras, Segunda Usina, Tercera Usina, Los Molinos, Cruz del Eje, El Cajón, Pichanas, Achiras, Las Lajas, La Falda, San Jerónimo, La Quebrada, La Viña. Laguna Mar Chiquita.</p>
<p>Descripción del caso:</p> <p>Los embalses más antiguos (San Roque, Los Molinos, Embalse Río Tercero), cuyos alrededores se encuentran más urbanizados, suelen presentar floraciones algales, principalmente de cianobacterias en las temporadas cálidas.</p> <p>La mayoría de los embalses fueron construidos con múltiples propósitos, entre ellos el abastecimiento de agua para potabilizar, generación de energía, riego. También son utilizados para realizar actividades recreativas de contacto primario y secundario.</p> <p>En algunos monitoreos se trabaja en conjunto con otras instituciones: Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Instituto Gulich, Subgerencia Centro de la Región Semiárida, Aguas Cordobesas S.A., Instituto Nacional del Agua, (SCIRSA-INA).</p>
<p>Descripción del monitoreo:</p> <p>Se extraen muestras superficiales, en el límite de zona fótica y a un metro del fondo. En todos los casos se realizan con sonda multiparamétrica, mediciones de parámetros in situ metro a metro: pH, OD, CE, temperatura, sólidos disueltos totales (SDT), turbidez y transparencia con disco de Secchi. Además, se registra la temperatura ambiente.</p> <p>En general, se programan las fechas de monitoreo teniendo en cuenta el paso de determinados satélites (Landsat o Sentinel) en la zona de estudio, para poder trabajar con imágenes satelitales.</p> <p>Entre los objetivos de cada monitoreo, se encuentra el estudio de la evolución de la calidad del agua en el tiempo, control de la calidad para distintos usos, seguimiento de la aparición y evolución de floraciones algales, calibración de futuros modelos de predicción de floraciones.</p>
<p>Parámetros analizados y frecuencia:</p> <p>En algunos casos se realizan dos muestreos por cada temporada (cálida y fría), es decir cuatro anuales y dos muestreos anuales para los cuerpos de agua de menor superficie y usos.</p> <p>Se analizan parámetro físicoquímicos, incluyendo nutrientes como la serie de nitrógeno y fósforo, clorofila-a, recuento de fitoplancton y eventualmente bacteriología.</p> <p>Recientemente se incorporó análisis de toxinas (microcistina) mediante Kit ELISA en temporada de floración de cianobacterias.</p> <p>Además, de las estaciones del Sistema Hidrometeorológico de Córdoba (SIHM) se toman los registros de dirección e intensidad del viento para incorporar a las bases de datos.</p>
<p>Laboratorio donde se realizaron las determinaciones</p> <p>Las determinaciones de fitoplancton y toxinas son realizadas por el laboratorio Centro de Excelencia en Productos y Procesos de Córdoba (CEPROCOR), perteneciente al Ministerio de Ciencia y Tecnología. Clorofila-a, nutrientes, análisis físicoquímicos y microbiológicos en el Laboratorio de Aguas del Ministerio de Servicios Públicos de la provincia de Córdoba.</p>
<p>Conclusión:</p> <p>Si bien los muestreos no se realizan exclusivamente como evaluación de su uso para recreación, debido a este propósito, surgen distintas herramientas para advertir sobre la aparición de floraciones potencialmente productoras de toxinas (como los cianosemáforos). En los embalses Los Molinos y San Roque se trabaja con participación ciudadana, donde se</p>

involucra a comunidades escolares, vecinos, bomberos, grupos especiales de rescate, UNC, SCIRSA-INA quienes registran datos meteorológicos y determinan las categorías del cianosemáforo mediante monitoreo visual. Además, el San Roque posee un índice expeditivo de calidad de agua desarrollado por SCIRSA-INA.

Anexo: Registro fotográfico de los casos presentados



¿Cuál es el nivel de alerta del cianosemáforo?

ROJO
Riesgo alto

AMARILLO
Riesgo medio

VERDE
Riesgo bajo

AZUL
Sin riesgo

proyecto_cyano

*Floraciones algales en embalses de la provincia de Córdoba.
Cinaosemáforo diseñado por proyecto_cyano para el embalse Los Molinos.*

PROVINCIA: CORRIENTES
<p>Sitio evaluado: Se establecieron cuatro estaciones de monitoreo en el río Uruguay frente a las localidades de Garruchos, Santo Tomé, Paso de los Libres y Monte Caseros que utilizan el recurso como fuente de provisión para el agua potable y de recreación.</p> <p>Objetivos: Caracterización físico química, bacteriológica y fitoplanctónica del río. Alertas tempranas de posibles floraciones de cianobacterias generadoras de toxinas y metabolitos olorosos. Obtener calidad y verosimilitud de los resultados brindando referencias certeras en emergencias y/o potenciales alteraciones relacionadas con el curso de agua.</p>
<p>Descripción del caso En las localidades correntinas asentadas sobre la costa del Río Uruguay durante los meses de febrero a abril del año 2008 se observó un crecimiento excesivo de poblaciones de algas, llamado "bloom" o floraciones algales, que generaron olores y sabores en el agua potable y alteraciones físico químicas en el agua cruda. Ante este hecho las Autoridades provinciales de Aplicación del Suministro de Agua Potable y la de Recursos Hídricos firmaron un convenio con el objetivo de efectuar una caracterización del río y alertar tempranamente sobre la presencia de algas potencialmente tóxicas.</p>
<p>Descripción del monitoreo: Se extrajeron muestras en la transecta frente a cada localidad en coordenadas preestablecidas y se midieron parámetros in situ y en laboratorio.</p>
<p>Parámetros analizados y frecuencia: Durante el período 2008-2012 se realizaron nueve campañas extrayendo muestras de agua superficial a 60 cm de profundidad realizando mediciones in situ y en laboratorio. En cada estación se sacaron tres muestras en la transecta en coordenadas preestablecidas, la primera a 50 metros de la costa Argentina, la segunda en el medio o canal y la tercera a 50 metros de la costa del Brasil-Uruguay. En cada punto se efectuaron mediciones in situ de pH, OD, temperatura, altura del río, transparencia disco Secchi. También se realizaron determinaciones en laboratorio de parámetros físico químicos: turbiedad (Método: Nefelométrico), alcalinidad (Método: Titulométrico H₂SO₄ N/50), cloruros (Método: Argentométrico), dureza total (Método: Titulométrico c/EDTA 0,01 M), calcio (Método: Titulométrico c/EDTA 0,01 M), magnesio (Método: Cálculo), sulfatos (Método: Colorimétrico), nitrógeno de amonio (Método: Colorimétrico Nessler), nitrógeno de nitritos (Método: Col/Diazot/Ac. Sulf/Cromotrof), nitrógeno de nitratos (Método: Colorimétrico reducc.c/Cd), fósforo de ortofosfato (Método: del molibdovanadato), hierro total (Método: Colorimétrico tiocianato), manganeso (Método: Colorimétrico PAN), DBO₅ (Método: Incubación 5 días a 20°C), DQO (Método: Oxidación con dicromato), SDT (Método: Gravimétrico). Bacteriológicos: coliformes totales (NMP/100 ml), coliformes fecales (NMP/100 ml) y enterococos (NMP/100 ml) empleando el método de Tubos múltiples. Estudio de Fitoplancton: Identificación de fitoplancton (cél/ml) y recuento de células (cél/ml) en Cámara de Sedgwick Rafter. Además, se determinó Microcistina total (µg/l) empleando el método Elisa Competitivo. En cuanto a los géneros de algas productoras de toxinas y metabolitos olorosos se han identificado: <i>Cuspidothrix</i>, <i>Cylindrospermopsis</i>, <i>Dolichospermum</i>, <i>Microcystis</i>, <i>Oscillatoria</i>, <i>Raphidiopsis</i>; de los cuales en las localidades de Garruchos y Santo Tomé predominó en</p>

<p>cantidad la especie <i>Cuspidothrix schindleri</i>, en Paso de los Libres y en Monte Caseros <i>Dolichospermum sp.</i></p>
<p>Laboratorio donde se realizaron las determinaciones</p> <p>Las determinaciones se realizaron en el Laboratorio del Ente Regulador de la Administración de Obras Sanitarias Corrientes (AOSC).</p>
<p>Conclusiones:</p> <p>Conforme los resultados obtenidos en las campañas de monitoreo, se concluye que existe uniformidad de los valores de los parámetros físicoquímicos en ambas márgenes y en el centro del río, presentando crecidas invernales y bajantes estivales.</p> <p>Se evidenció floraciones de algas potencialmente tóxicas, obedeciendo su causa fundamentalmente a bajantes extraordinarias ocurrida en los años 2008-2009 y 2011 también conocido como fenómeno de “la Niña”, que genera escasas precipitaciones en la cuenca del Río Uruguay y en sus cuencas de aporte, además se suma las condiciones ambientales propicias como las elevadas temperaturas, nutrientes y radiación solar. En abril del 2009, en Garruchos y Santo Tomé alcanza el nivel de Alerta 3, de acuerdo a los niveles de alerta establecidos por la OMS. Las bajas concentraciones de nutrientes indican consumo excesivo de algas, y la disminución del OD puede deberse a la materia orgánica en descomposición de la masa celular algal. La predominancia de variedad y cantidad de especies de cianobacterias en las localidades de Garruchos y Santo Tomé se debe al sentido del desplazamiento del río durante el momento del muestreo.</p> <p>Ante la posible producción de toxinas por las cianobacterias, se realizó el análisis de microcistina total, no habiéndose detectado su presencia en el agua del río, percibiéndose sin embargo el olor de geosmina, metabolito producido por las especies encontradas.</p> <p>El trabajo descripto constituye un antecedente de floraciones algales en la provincia. Además, se tiene previsto continuar con los monitoreos de cianobacterias en cursos y cuerpos de agua usando como base la experiencia adquirida.</p>

<p>PROVINCIA: ENTRE RÍOS</p>
<p>Sitio evaluado:</p> <p>Río Uruguay tramo Monte Caseros, Corrientes RA (Norte) - Nueva Palmira, Colonia ROU (Sur) y embalse de Salto Grande. Extensión 400 km.</p>
<p>Descripción del caso</p> <p>Desde el año 2007, continuando en la actualidad, la Comisión Técnico Mixta de Salto Grande (CTMSG) y la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU) iniciaron el “Programa de Vigilancia de Playas del Río Uruguay” para monitorear la calidad del agua del río, aguas arriba de la Represa de Salto Grande hasta Monte Caseros-Bella Unión. Desde el año 2012 se amplió el monitoreo de las playas hacia el sur hasta Nueva Palmira y se complementó con la evaluación de las concentraciones de nutrientes que intervienen en el proceso de eutrofización.</p> <p>En la actualidad al monitoreo tradicional se lo complementa mediante el monitoreo automático (2016) mediante boya con sensores de medición in situ y lectura del dato online (en la ciudad de Federación), como la aplicación desde el 2018 de la Teledetección (imágenes satelitales) de la calidad del agua en el embalse de Salto Grande.</p>
<p>Descripción y objetivo del monitoreo:</p> <p>En la actualidad los equipos técnicos de ambas Comisiones realizan mediciones <i>in situ</i> y extraen muestras de agua en alrededor de 30 estaciones de análisis a lo largo de más de 100</p>

km de línea de costa del Río Uruguay en el Embalse y, desde el 2012, los casi 300 km aguas debajo de la represa, para su análisis en laboratorios de ambos países (binacional, público y privados).

Objetivos:

- Analizar y evaluar las variaciones espaciales y temporales de la comunidad fitoplanctónica y en particular de las Cyanobacterias potencialmente tóxicas.
- Analizar los cambios espaciales y temporales de la biomasa fitoplanctónica total a través de la clorofila a.
- Identificar y analizar los procesos y las variables que regulan los cambios espaciotemporales de las cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas y formadoras de floraciones en el Embalse Salto Grande.
- Realizar vigilancia sanitaria periódica y programada en la región de Salto Grande de parámetros para el control de la calidad del agua en función de sus usos (perfiles de estado bacteriológicos y cianotoxinas: microcistinas) en las playas recreativas del embalse.
- Aportar información para prevenir efectos nocivos sobre la salud de la población.
- Analizar la aplicación de tecnologías combinadas, enfocadas a la mitigación del deterioro de la calidad del agua del embalse de Salto Grande.

Parámetros analizados y frecuencia:

- Perfiles *in situ*: temperatura, pH, CE, OD. Medición de la transparencia del agua (disco de Secchi), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Turbidez.
- Parámetros químicos y biológicos: Clorofila, Fitoplancton (org/ml) y cianobacterias (cel/ml), Nutrientes: fósforo total (FT) y nitrógeno total (NT), más fracciones. Colimetría y cianotoxinas: Microcistina.
- La frecuencia es semanal a quincenal durante época estival y mensual el resto del año.

Laboratorio donde se realizaron las determinaciones (fitoplancton y/o toxinas y/o clorofila):

- Laboratorio binacional de Química Ambiental del Área de Gestión Ambiental de Salto Grande.
- Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) ROU.
- Laboratorio de Limnología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales- UBA.

Conclusión

Las actividades de monitoreo descritas vienen desarrollándose en forma ininterrumpida desde el 2007, en base a eventos que se fueron sucediendo en los sistemas acuáticos de interés, en coordinación y colaboración con la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU), demostrando una eficiente complementariedad en las actividades de ambas instituciones sobre el control de la calidad de agua del tramo del río compartido entre Argentina y Uruguay. La continuidad en el tiempo del Programa ha brindado información confiable para establecer criterios y valores guía en el uso de las aguas superficiales recreativas y para potabilización; siguiendo lo estipulado en el Digesto del río Uruguay / CARU y Recomendaciones Organización Mundial de la Salud.

https://www.saltogrande.org/monitoreo_ambiental.php

<https://www.caru.org.uy/web/2017/12/programa-de-vigilancia-de-playas-del-rio-uruguay/>

PROVINCIA: FORMOSA

Sitio evaluado:

Represas de aguas, situadas en el interior de la provincia de Formosa.

<p>Descripción del caso:</p> <p>Se pudo observar que, en las mayorías de las represas, de donde se abastecen las plantas potabilizadoras existe mayor proliferación de algas en cierta época del año (escasez de agua). El aspecto, color, olor y espesor varían según la localidad, lo que puede deberse al tipo de suelo, nutrientes presentes, etc.</p> <p>El aspecto físico y calidad del agua se mejora notablemente cuando se producen abundantes precipitaciones; en menor medida, cuando se aplican métodos de lluvia artificial (mangueras con orificios tipo flautas) en la toma de agua cruda, produciendo la oxigenación de la fuente. Igual resultado se obtiene cuando se utiliza carbón activado durante el proceso de potabilización.</p>
<p>Descripción del monitoreo:</p> <p>El comportamiento de las algas se monitorea antes y después de cada lluvia en la zona. Se extrae muestras para análisis físico químico y bacteriológico, como también para su observación en microscopio.</p> <p>Objetivo del Monitoreo: determinar la presencia de algas, cantidades y modificación de ciertos parámetros, para tratar de minimizar o eliminar su impacto, ya que estos cursos de aguas son utilizados para el abastecimiento a plantas potabilizadoras. En otros casos también se monitorea una laguna ubicada en la ciudad, que el municipio utiliza en verano como balneario, es decir para uso recreativo.</p>
<p>Parámetros analizados y frecuencia:</p> <p>Físicos químicos: color, turbiedad, pH, conductividad eléctrica (CE), fósforo, olor, dureza total, cloruro, magnesio y otros, próximamente se determinará la concentración de clorofila. Además, se realiza análisis bacteriológico.</p>
<p>Laboratorio donde se realizan las determinaciones:</p> <p>-Servicio Provincial de Agua Potable (S.P.A.P) de la Provincia de Formosa.</p>
<p>Conclusión:</p> <p>Se estableció un plan de seguimiento para las fuentes de agua que presentaron problemas por la abundante presencia de algas. El monitoreo se trata de realizar aproximadamente cada 15-20 días o antes, para evaluar su comportamiento según las condiciones climáticas.</p>

Anexo: Registro fotográfico de los casos presentado



Imágenes de reservorios del interior de la provincia de Formosa y muestreo de los mismos

PROVINCIA: LA PAMPA
<p>Sitio evaluado: Los cuerpos de agua más cercanos y regularmente monitoreados son Don Tomás y Bajo Giuliani, ambos se encuentran dentro del Convenio “Monitoreo de Laguna Don Tomás, Bajo Giuliani y Áreas de Conexiones Hídricas”, firmado por la Secretaría de Recursos Hídricos (SRH), Subsecretaría de Ambiente, Universidad de La Pampa (UNLPam) y las Municipalidades de Toa y Santa Rosa. Además, la SRH participa en el Plan de Contingencia por Potencial Floración de Cianobacterias que lleva adelante el Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO). También, se acude a la toma de muestras de fitoplancton ante eventos puntuales de desarrollo de floraciones, mortandad de fauna, etc. en otros cuerpos de agua superficial (lagunas) de la provincia.</p>
<p>Descripción del caso: La provincia no cuenta actualmente con un monitoreo regular de floraciones algales con la excepción de lo anteriormente mencionado. En los momentos de “bloom” se ha realizado la toma de muestras correspondientes para la clasificación y cuantificación de las especies presentes en el cuerpo de agua en cuestión. Al día de la fecha, a nivel provincial no se cuenta con técnicas analíticas que permitan cuantificar toxinas.</p>
<p>Descripción del monitoreo: Laguna Don Tomás y Bajo Giuliani: Se realiza un monitoreo mensual bacteriológico N.M.P organismos coliformes/100 ml, <i>Escherichia coli</i>/100 ml, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>/100 ml, en 6 sitios de muestreo, en cada una de ellos con datos de campo (temperatura del agua, pH, CE y salinidad) y en dos momentos del año. En el cambio de estación se desarrolla una campaña de monitoreo completa en ambos cuerpos de agua que se detallan a continuación.</p>
<p>Objetivo del Monitoreo: Bajo Giuliani: el cuerpo de agua carece de todo tipo de uso recreativo, esta laguna recibe aguas del escurrimiento de su propia cuenca (colector natural), del trasvase por bombeo de la laguna Don Tomás (cuando el nivel de ésta se haya desbordado), del sistema de desagües pluviales sudeste de la ciudad de Santa Rosa, de los líquidos cloacales depurados en las Plantas de Tratamiento Norte y Sur y además, funciona como zona de descarga de agua subterránea, captando la totalidad del escurrimiento. Por el momento, requerimos conocer la caracterización de las floraciones periódicas que se producen, conocer más sobre los sistemas y a qué se deben las recurrencias de dichas floraciones. Igualmente, se realiza un seguimiento con imágenes satelitales. Don Tomás: en este caso, dicho cuerpo de agua está asociado a diferentes actividades deportivas y de recreación, sumado a la capacidad reguladora del sistema pluvial y a su sustentabilidad ecológica. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo el seguimiento de las floraciones algales y de las eventuales mortandades de peces.</p>
<p>Parámetros analizados y frecuencia: Fitoplancton, clorofila, toxinas como microcistina, fósforo, nitrógeno, contemplando las variables ambientales que influyen como temperatura, viento, etc. En las campañas de monitoreo completo se toman muestras de agua para análisis físico químico con la determinación de CE, pH, residuos secos (105°C), alcalinidad de bicarbonato, alcalinidad de carbonatos, alcalinidad de hidróxidos, alcalinidad total, dureza total, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, potasio, sodio, flúor arsénico, nitratos, nitritos y amonio. Nitrógeno y fósforo total, organoclorados y organofosforados. Metales pesados (Cadmio, Cromo, Cobre, Cinc, Plomo y Mercurio) en fracción barros, agua y músculo de pejerrey (<i>Odontheistes bonariensis</i>). Zooplancton, fitoplancton (cualitativa y cuantitativa) e ictiológica.</p>

Laboratorio donde se realizaron las determinaciones:

El laboratorio de la UNLPam es el responsable de las determinaciones de fitoplancton y clorofila que se solicitan desde esta SRH. Por el momento, en la provincia no se cuenta con otros laboratorios que puedan realizar estas determinaciones y/o toxinas.

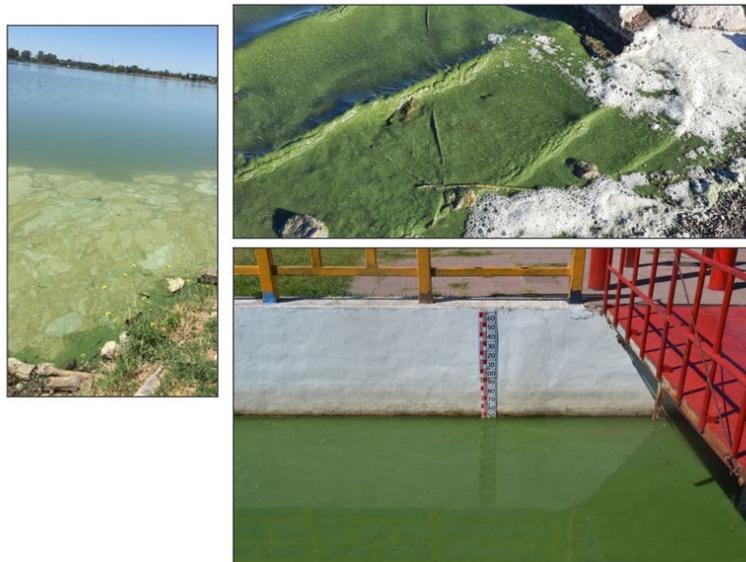
Conclusión:

A pesar que esporádicamente suceden episodios de floramiento algal, estudiados desde la SRH y la UNLPam, por el momento, la provincia no cuenta con un plan de vigilancia algal institucional a escala provincial. Solo en las lagunas mencionadas que integran la cuenca Don Tomás y Bajo Giuliani, con alta interacción antrópica vinculadas a grandes centros urbanos. Es una meta de la provincia, a partir de la participación en la Comisión y con las experiencias de otras provincias, poder mejorar, ampliar y/o implantar distintas medidas, como el sistema de alerta temprano, el cianosemáforo, protocolos, implementación de técnicas analíticas en laboratorios, redes y laboratorios de referencia, etc.

Anexo: Registro fotográfico de los casos presentados



Laguna Bajo Giuliani. Mortandad de crustáceos, pequeños peces y floración algal (febrero-marzo 2021)



Laguna Don Tomás. Floración algal (Diciembre 2020)

PROVINCIA: NEUQUÉN

Sitio evaluado:

Implementación de Plan de Acción Local ante Emergencia por Floraciones Algales Embalse Ezequiel Ramos Mexía (Villa El Chocón) sobre el río Limay. Si bien la superficie del embalse Ezequiel Ramos Mexía (ERM) es de aproximadamente 830 Km², la ocurrencia de estas floraciones se ubica en la zona de influencia de las tomas de captación de agua que abastece a la Localidad de Villa el Chocón.

Luego de dos años de coordinación interinstitucional, en el año 2016 se estableció un Plan Local ante Emergencias por Floraciones Algales (PLEFA), en forma conjunta con el municipio de Villa El Chocón, del cual participan a su vez instituciones y organismos comprometidos con dicha problemática local vinculados al abastecimiento de agua.

Sitios de muestreo del caso

En el embalse Ramos Mexía (agua cruda):

- 1- Toma de agua de abastecimiento poblacional, operada por el Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS) (39°15'54.62"S, 68°46'47.60"O).
- 2- Las Huellas: área del embalse que tiene doble uso, recreativo y abastecimiento de agua para el Barrio Llequén operada por el municipio. (39°16'21.98"S, 68°49'46.15"O).
- 3- Boca de Sapo: área del embalse utilizada con fines recreativos. (39°15'50.16"S, 68°47'30.84"O).

En red de suministro de agua potable (agua tratada):

- 1- Red suministro Municipal (Bº Llequén).
- 2- Red suministro EPAS (Casco Viejo).

En el río Limay aguas abajo de los embalses (agua cruda)

- 1- Arroyito (39° 4'37.63"S, 68°33'48.43"O)
- 2- Neuquén Capital (38°58'43.42"S, 68° 2'28.44"O)



Ubicación geográfica de los sitios de muestreo en el embalse

Descripción del caso:

El día 10 de noviembre de 2017 durante una recorrida de rutina, el área ambiental del Municipio de Villa El Cochón, reportó la detección visual de una floración de cianobacterias en algunas zonas del embalse Ramos Mexía próximas a la Villa. Durante el fin de semana la situación se mantuvo, y al tratarse de floraciones detectadas a simple vista, se asume que corresponde a un evento de nivel de alerta alto (floración de cianobacterias potencialmente tóxica), por lo tanto, se colectaron muestras para determinar la densidad algal y para análisis de toxina (microcistina).

En el marco del PLEFA, el día 13 de noviembre se coordinó y ejecutó el muestreo en forma conjunta entre la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC), el municipio de Villa El Chocón y el EPAS, tomándose muestras de agua en los sitios del Programa para el caso de estudio.

Los resultados analíticos informados fueron comunicados a los integrantes del PLEFA, Unidad de Gestión de Calidad de Agua (UGCA) y los miembros del Sistema de Emergencias Ambientales (SEA) por tratarse de un evento de gran magnitud (correspondiendo a un **NIVEL DE ALERTA 3 –riesgo alto- (>15.000 cel/ml) y presencia de cianotoxina**). En el marco del PLEFA se efectuaron las comunicaciones y difusión local definidas oportunamente.

Conclusiones

En las muestras que hubo detección de Microcistina-LR en la floración en el ERM ocurrida en noviembre 2017, no fueron superados los niveles guías propuestos por la OMS para agua de consumo humano-red de suministro ($< 1\mu\text{g/L}$) y uso recreativo con contacto directo ($< 4\mu\text{g/L}$).

Se logró gestionar el evento de forma adecuada y comunicar los resultados por las vías formales establecidas oportunamente.

Descripción del monitoreo:

El Programa de monitoreo de Seguimiento de Floraciones algales en la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro, cuenta con nueve sitios de muestreo localizados de la siguiente manera:

- Cinco en la subcuenca del río Limay (tres en el embalse ERM, conocido como el Chocón, nombre de la presa que da lugar a la formación del embalse, y dos en el tramo inferior del Río Limay – Arroyito y Neuquén capital).
- Tres en la subcuenca del río Neuquén (dos en el Embalse Los Barreales y uno sobre el embalse Mari Menuco).
- Uno sobre el río Negro, en la localidad de Viedma.

Este programa de monitoreo, el cual se ha ido perfeccionando desde sus inicios, se encuentra implementado desde el año 2000 por la Unidad de Gestión de Calidad de Agua de la AIC, a través de sus representantes designados por las distintas autoridades de aplicación de las jurisdicciones condóminas. La provincia del Neuquén tiene una relevancia superlativa, ya que las poblaciones susceptibles de ser impactadas se ubican fundamentalmente en dicha provincia.

Debido a las condiciones ambientales particulares de los embalses ERM y Mari Menuco, se producen periódicamente “Bloom” Algales.

(<http://www.aic.gov.ar/sitio/archivos/201702/protocolo%20floraciones%20algales%20-%20aic.pdf>)

Objetivo del Programa:

Identificar y realizar alertas a suministros de agua potable ante la ocurrencia de un bloom algal –“floraciones de Cianobacterias”- en los embalses ERM, Los Barreales y Mari Menuco.

Control y sistema de avisos:

1. Integrado por la AIC, los Organismos Provinciales y los operadores de las Plantas Potabilizadoras.
2. Tres puntos básicos de control y diez plantas integradas al sistema sobre las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro.
3. En base a los conteos periódicos y la traslación de onda de los ríos, se advierte a las Plantas de las condiciones esperadas en los lugares de toma.

4. Se comunican semanal, quincenal o mensualmente Reportes con Niveles de Alerta. Ante situación de Alerta Nivel 3, se Activa Rol de Llamadas del Sistema de Emergencias Ambientales.
5. Se recaba información acerca de la afectación en los sistemas de potabilización (taponamiento filtros, olores en planta y red, etc).
6. Las Plantas Potabilizadoras pueden prever cambios y/o adaptaciones en sus sistemas de tratamiento (p/ej. Cloración, polielectrolito).

Parámetros analizados y frecuencia

Parámetros analizados:
 Físico químicos (pH, OD, CE, T°, Transparencia), hidro-meteorológicos (temperatura del aire, intensidad del viento, cota y caudal erogado), densidad de fitoplancton (particularmente densidad de cianobacterias o cianofíceas), análisis taxonómico (reconocimiento de las distintas especies integrantes de la comunidad algal). Ante una floración se realiza la determinación de la cianotoxina Microcistina-LR (por metodología ELISA – Microcystins – Abraxis (límite de detección 0,1 µg/l).

- Frecuencia**
- Oct-Marzo: quincenal
 - Abril-Sept: mensual

La frecuencia de muestreo se intensifica ante la ocurrencia de una floración de cianobacterias y varía en función de la dinámica, persistencia y toxicidad de la floración.

A partir del año 2020 se ha elaborado un **pronóstico de probabilidad de ocurrencia de floraciones algales**. De este modo, a partir de la temperatura del aire, intensidad del viento, nivel de cota y caudal erogado, se estima la densidad de cianobacterias esperada en el embalse, la cual se asocia a un determinado nivel de alerta. Se ajusta la frecuencia de muestreos y acciones correspondientes a dicha situación con probabilidad de ocurrir.

Nivel de Alerta	Densidad de algas (cél/mL)	Características
0	< 500	Apariencia normal de la superficie del agua. Ausencia de olores/gustos en el agua.
1	500 - 2000	Floración temprana. Superficie del agua con apariencia de "yerba dispersa". Posibles olores/gustos en agua.
2	2000 - 15000	Floración constituida. Masa verde brillante en superficie similar a "mancha de pintura". Presencia de olores/gustos en agua. Probabilidad de toxicidad.
3	> 15000	Floración de cianobacterias vivas y muertas (lisis celular). Masa espesa verde oscura o negruzca similar a "sopa de arvejas". Alta probabilidad de presencia de cianotoxina (floración tóxica).

Niveles de Alerta

Laboratorio donde se realizaron las determinaciones:

El análisis de densidad de algas y taxonómico se efectúa en el laboratorio de la División Ficología "Dr. Sebastián Alberto Guarrera" Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP); las toxinas (microcistina-LR) se analizan en el laboratorio CIATI (sedes en Centenario y Villa Regina).

Conclusiones:

En las muestras que hubo detección de Microcistina-LR en la floración en el ERM ocurrida en noviembre 2017, no fueron superados los niveles guías propuestos por la OMS para agua de consumo humano-red de suministro (< 1µg/l) y uso recreativo con contacto directo (< 4 µg/l).

Se logró gestionar el evento de forma adecuada y comunicar los resultados por las vías formales establecidas oportunamente.

Perspectivas

1. UGCA: Se unifica criterios y planes de acción. En este marco y en conjunto con el municipio de Villa El Chocón se desarrolló el PLEFA (Plan Local de Emergencia ante Floraciones Algaes), cuyo objetivo es el seguimiento de las floraciones de cianobacterias ocurridas en el embalse, y que pueden afectar el uso recreativo y de fuente de suministro. Del mismo forman parte varios actores locales vinculados al uso del embalse y su calidad de agua. Implementar mejoras en el pronóstico de alertas tempranas por floraciones algales iniciado en 2020, para el embalse Ramos Mexía y zona de influencia. Se debe extender el Plan Local de Emergencia ante Floraciones algales, para el Embalse Mari Menuco.
2. Toxicidad: a. Identificar toxinas en agua cruda y tratada, b. Incorporar los resultados al sistema de alertas c. Evaluar toxicidad crónica, d. Incorporar niveles guía para actividades recreativas.
3. Evaluación de la eficiencia de los sistemas de potabilización.
4. Establecimiento de alternativas de tratamientos.
5. Monitoreo y ajuste de predicciones de estado trófico.
6. Optimización del modelo de pronóstico utilizado en las alertas tempranas, a partir de la utilización de **imágenes satelitales** para analizar otras variables como la **temperatura del agua (sensor térmico)**, la **transparencia** y la **clorofila-a** del embalse.
7. Incorporar en las comunicaciones los avisos por el uso del recurso hídrico con contacto directo y en caso de ser necesario, restringir su uso.

Anexos: Registro fotográfico de los casos presentado





Imágenes de Toma de agua "Las Huellas" Floración algal en el Embalse Ramos Mexía, Villa El Chocón, 10/11/2017.



Imágenes Boca del Sapo, Floración algal en el Embalse Ramos Mexía, Villa El Chocón, 10/11/2017.

PROVINCIA: RÍO NEGRO - Caso 1-

Sitio evaluado: En la localidad de Viedma, (40°48'4,11''S 63°04'43,13''O) sobre margen derecha del río Negro, en proximidad de la obra de captación de agua para potabilización por tratamiento convencional para suministro público.

Descripción del Monitoreo: Esta estación es el último sitio de control, aguas abajo, dentro del Programa de Control de Floraciones Algales en la cuenca del río Negro, desarrollado por la Secretaría de Gestión Ambiental de la Autoridad Interjurisdiccional de Cuenas de los ríos Limay-Neuquén y Negro (AIC), con participación del Departamento Provincial de Aguas de Río Negro (DPA) como Organismo Provincial competente en materia de agua de la mencionada cuenca. Este programa se encuentra vigente desde 1995 hasta la actualidad, y las características ya han sido presentadas en este mismo documento por la Provincia del Neuquén, siendo que el mismo se ejecuta en el contexto de la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro.

Objetivo del Monitoreo: Determinar densidad fitoplanctónica/composición florística (determinación taxonómica) y en función de los resultados de esta última, la determinación de microcistina, a fin de prevenir a los operarios de las plantas potabilizadoras del impacto que pueden generar estos eventos sobre los procesos y la calidad del agua tratada.

Parámetros analizados y frecuencia de muestreo: En cada muestreo se determinan parámetros "in situ" como temperatura del agua, temperatura del aire, CE, OD y porcentaje de saturación, pH y turbiedad, mediante equipos multiparamétricos HACH y las muestras de fitoplancton, cuantitativa y cualitativa, mediante red de fitoplancton. La frecuencia de los muestreos es bimestral en otoño-invierno y mensual/quincenal en primavera-verano.

Laboratorios donde se realizan las determinaciones: Las determinaciones de densidad y composición taxonómica algal, se llevan a cabo en el Laboratorio de la División Científica Ficológica de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata, Universidad Nacional de La Plata; según metodología de Utermöhl. En caso de ser necesario, la determinación de la toxina **microcistina-LR** se realiza en el Laboratorio Ciati AC, con sedes en las localidades de Villa Regina y Centenario, en las provincias de Río Negro y Neuquén respectivamente.

Conclusión: El sistema de niveles de alerta (0-1-2 y 3), basado en la densidad de cianófitas presentes, constituye un sistema de avisos y alarmas sistematizado que ha resultado una adecuada herramienta de gestión para el seguimiento y control de las floraciones en la cuenca. En general la dinámica algal en el río Negro, en cercanías de Viedma, (sitio cercano a la desembocadura del río), presenta cierta diferencia con la observada para su afluente, el río Limay, (ya mencionada en el apartado de la provincia del Neuquén para el curso del río y el embalse Ramos Mexía). En la composición fitoplanctónica en este sitio de estudio, se encuentra que entre un 69 y 79% de la concentración total de fitoplancton correspondieron a las *Chrysophytas*, seguidas por las *Chlorophytas*, mientras que las *Cyanophytas* se presentaron en muy bajas concentraciones y con un predominio de las especies: *Oscillatoria sp.* *Phormidium afftergestium*, *Coelosphaerium sp* y *Snowella lacustris*. Las especies del complejo *Anabaena sp* se detectaron en escasas ocasiones y en muy baja concentración.

PROVINCIA: RÍO NEGRO - Caso 2-

Sitio evaluado: Lagunas Carrilauquen, Grande y Chica, situadas a 17 km de la localidad de Ingeniero Jacobacci, sobre los 41° Lat. Sur y 69° Long. Oeste. La laguna Carrilauquen Chica (C. Chica) se ubica en la depresión de Cari Laufquen, donde convergen las aguas superficiales de una cuenca de desagüe centrípeta, siendo la de mayor importancia la cuenca del arroyo Maquinchao que la alimenta, aunque con un caudal pobre y transitorio. La laguna Carrilauquen Grande (C. Grande) es temporaria y salobre, y recibe aportes durante primavera y parte del verano principalmente desde la C. Chica a través de un canal de desborde.

Descripción del Monitoreo: No se trata de un monitoreo sistemático. Se llevó a cabo entre noviembre de 2004 y marzo de 2006, con una frecuencia de 4 muestreos estacionales, distribuidos en las siguientes fechas: (Nov 2004-Mar 2005,-Sept 2005 y Mar 2006). Se colectaron muestras de agua subsuperficial y profunda para ambas lagunas, según la ubicación de los sitios, tal como se detalla en ANEXO. Las lagunas Carrilauquen tienen diversos usos, entre los que destacan: deportes acuáticos, bebida animal, recreativo y pesca deportiva.

Objetivo del Monitoreo: Dadas las condiciones particulares y dinámicas de este ambiente, el monitoreo tuvo entre sus objetivos principales:

- Caracterizar el Estado Trófico de la Laguna Carrilauquen Chica.
- Evaluar las fluctuaciones físico químicas, bacteriológicas y ficológicas en la laguna, con los potenciales riesgos implícitos para el hombre y el ambiente.

Parámetros analizados y frecuencia de muestreo: En cada muestreo se determinaron:

- parámetros de determinación "in situ"; temperatura del agua, temperatura del aire, pH, OD y porcentaje de saturación, profundidad del Disco Secchi y CE.
- Parámetros químicos y biológicos de determinación en laboratorio: Nutrientes-iones mayoritarios- *Escherichia coli*- fitoplancton y clorofila, según metodología APHA, AWWA y WEF (1998)

Laboratorios donde se realizan las determinaciones: Los análisis bacteriológicos y fisicoquímicos fueron efectuados por el Laboratorio Patagónico de Diagnóstico Alimentario (FUNBAPA) de Viedma (actualmente inexistente). Las determinaciones ficológicas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ficología de la Facultad de Cs. Naturales y Museo de La Plata de la Universidad Nacional de La Plata.

Conclusiones

Durante el período del estudio se detectó un importante florecimiento algal en el litoral de la laguna C. Grande evidenciado por la dominancia de las Cianofitas. En cuanto a la composición ficológica, en la fecha de verano hubo predominancia de la especie hepatotóxica *Nodularina spumigena*, mientras que en otoño *Merismopedia tenuisima*, fue la Cianófita prevalente en general. En la laguna C. Chica no se detectaron eventos de floraciones durante los muestreos, pero en todas las fechas muestreadas las Cianofitas fueron dominantes en cuanto a densidad algal. *Oscillatoria chlorina* fue la especie más abundante (>90%), con registros menores de *Nodularia spumigena*.

Los valores hallados de nitrógeno (N) y fósforo (P) total para ambas lagunas, permitieron su clasificación como eutróficas a hipertróficas, pudiendo vincularse esta carga de nutrientes a los intensos procesos de desertificación de la zona, producto de la gran erosión eólica. La gran población ictícola que soportan ambas lagunas (*O. hatchery*) representaría otro aporte de consideración.

Las mayores concentraciones de fósforo total, coincidieron con las medidas de mayor densidad algal y concentración de clorofila. La relación N:P se incrementó en coincidencia con la floración algal, indicando una limitación por fósforo. De acuerdo a los resultados del estudio y la previsión de que los "blooms" algales podrían ocurrir en otros momentos por las características ambientales que poseen las lagunas, se tomaron medidas para la seguridad de la población.

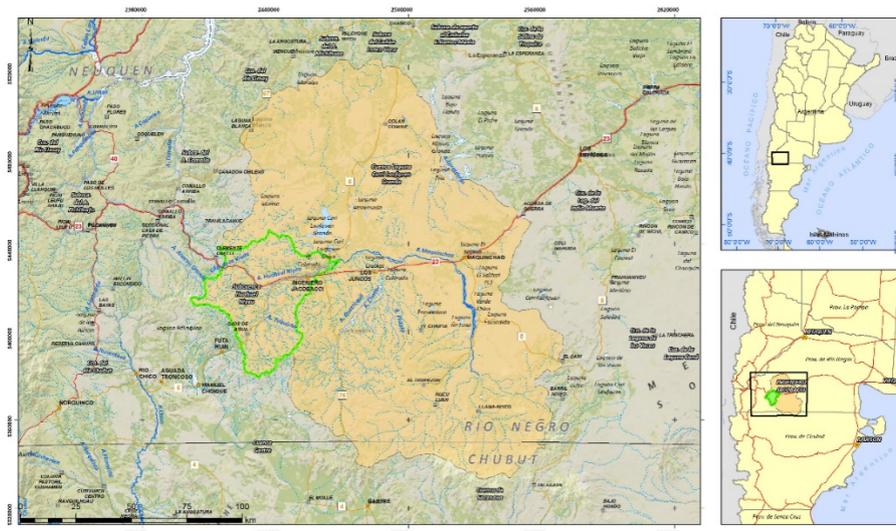
Plan de medidas recomendadas: Dada la dificultad de instaurar y mantener una vigilancia con monitoreos continuos por la ubicación distante de las lagunas a las localidades con sede del Organismo de control, se propuso una gestión de manejo basada en la difusión de información, como parte de la responsabilidad de las autoridades públicas locales, además de la cartelera de advertencia puntual.

La información divulgada abarcó aspectos como:

- Identificación de florecimientos algales en general y de especies toxicas en particular.
- Posibles efectos sobre la salud.
- Procedimiento de reportes de problemas sanitarios relacionados con la recreación acuática.
- Medidas preventivas recomendadas.
Los avisos de advertencia se focalizaron en:
 - Informar sobre grados de peligrosidad en función de los diferentes grados de contacto en actividades recreativas y deportes acuáticos.
 - La necesidad de medida temporal y local de las restricciones de uso, dada la naturaleza transitoria y la distribución localizada y variable de las espumas generadas por estas floraciones.

A la fecha las lagunas se encuentran sin agua debido a la sequía que sufre la región; pero el plan de medidas recomendadas gestionado por la Municipalidad fue efectivo para dar a conocer la situación, hacer observaciones y advertir sobre los usos de estos cuerpos hídricos.

Anexos: Estaciones de monitoreo. Registro fotográfico de los casos presentados



Ubicación de las lagunas Carrilauquen



Imagen izquierda: floración algal en litoral de la laguna C. Grande.

Imagen derecha: detalle de la espuma generada por el bloom de cianofitas.

PROVINCIA: SALTA
Sitio evaluado: Embalse Gral. Belgrano – Presa Cabra Corral
<p>Descripción del caso:</p> <p>El embalse se ubica en la Cuenca Alta del Juramento, en el Departamento Coronel Moldes de la provincia de Salta. Está situado a los 25° 18' S, 65° 19' W y a una altitud de 945 msnm en las nacientes del río Pasaje o Juramento, dentro del Valle de Lerma en Salta. Por sus dimensiones, se lo considera uno de los más importantes reservorios de aguas de la Argentina. Recibe el 16% de los cursos de agua que surcan el territorio salteño a través de las subcuencas Arias-Arenales, Toro-Rosario y Guachipas (Salusso M., 2005).</p> <p>Por su ubicación en el Valle de Lerma, donde se asienta la mayor parte de la población de Salta, tiene un rol estratégico en el mantenimiento de las actividades socioeconómicas de la región empleándose como un embalse multipropósitos: en la regulación de caudales del río Juramento, el aprovechamiento para riego y bebida de ganado de zonas productivas de las provincias de Salta y Santiago del Estero, para la generación de energía eléctrica -conforma el Complejo de Embalses que opera la empresa Argentina Generación S.A. perteneciente a Applied Energy Services Corporation (AES)- para diferentes actividades recreativas y el turismo de la provincia.</p> <p>Al ubicarse en una región de clima semiárido, el balance neto de agua del embalse depende de los aportes de las precipitaciones y del agua subterránea de la cuenca, que se concentran entre los meses de diciembre a abril, aportados principalmente por las subcuencas Arias-Arenales y Guachipas. Mientras que, durante el período de estiaje, el incremento de las erogaciones están relacionados con la producción de energía eléctrica y las actividades agropecuarias (Salusso, M. 2005).</p> <p>Las actividades antrópicas y el crecimiento poblacional en el valle de Lerma, ocasionan la aceleración de la eutrofización del embalse Cabra Corral; como consecuencia de flujos de contaminantes puntuales y difusos que aportan nutrientes, oligoelementos y sedimentos al cuerpo de agua. En el área se presentan problemas de salinización de suelo como consecuencia de inadecuadas prácticas de riego, incremento de vertidos líquidos y sólidos procedentes de los aglomerados urbanos y aceleración de la erosión hídrica en la parte activa de la cuenca (Bundschuh et al. 1992; Baudino et al. 1993, Baudino 1997; Lomniczi et al 1998; Salusso 1998; Salusso et al., 1997; 2000, 2001, entre otros).</p>
<p>Descripción del monitoreo:</p> <p>La Secretaría de Recursos Hídricos de Salta monitorea sistemáticamente la calidad de las aguas de las subcuencas de aporte al embalse: Arias-Arenales, Toro-Rosario y Guachipas, mediante dos campañas anuales en las que se evalúan concentraciones de diferentes parámetros físicos, químicos y bacteriológicos. Además, se iniciaron campañas de muestreo de metales trazas en matriz agua y en sedimentos en el año 2017.</p> <p>Por otra parte, la hidroeléctrica AES Argentina Generación S.A. monitorea la calidad de las aguas del embalse de acuerdo a exigencias establecidas mediante los planos licitatorios de uso del reservorio, en los que la consultora ambiental ICTIO'S S.A. realiza muestreos sistemáticos de sus aguas y se determinan las concentraciones de parámetros físicos, químicos y biológicos que incluyen estudios cualitativos y cuantitativos de fitoplancton y zooplancton. Las campañas de muestreo se realizan en los meses de marzo, mayo y noviembre y los informes de resultados de las diferentes campañas se presentan ante la Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia.</p>
<p>Parámetros analizados y frecuencia</p> <p><i>Monitoreo de las subcuencas de aporte al embalse- Secretaría de Recursos Hídricos de Salta:</i></p>

<p>Se realizan dos campañas de muestreo anuales en 25 puntos. Parámetros in situ: temperatura del agua, pH, CE, SDT y OD. Parámetros analizados en laboratorio: fisicoquímicos, DBO₅, DQO, serie del nitrógeno, fósforo reactivo, bacteriológicos (Coliformes totales, Coliformes fecales, <i>Pseudomona aeruginosa</i>). Metales pesados en agua y sedimentos. <i>Monitoreo del embalse – ICTIOS S.A.:</i> Se realizan tres campañas anuales en 5 puntos. Medición de condiciones ambientales: temperatura ambiente, condiciones del clima, dirección e intensidad del viento. Parámetros in situ: temperatura del agua, pH, CE, transparencia, OD. Parámetros analizados en laboratorio: color, turbidez, ST, SDT, SST, clorofila, nitrato, fósforo reactivo soluble, fósforo total, DBO₅, DQO, boro, mercurio zinc y plomo. Parámetros biológicos: bacterias mesófilas aerobias totales, coliformes totales, coliformes fecales, <i>Escherichia coli</i>, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, <i>Salmonella spp</i>, hongos y levaduras, parásitos, insectos, peces y moluscos. Fitoplancton y zooplancton (cualitativo y cuantitativo).</p>
<p>Laboratorio donde se realizaron las determinaciones <i>Monitoreo de las subcuencas de aporte al embalse- Secretaría de Recursos Hídricos de Salta:</i> Laboratorio de la Secretaría de Recursos Hídricos de Salta y laboratorio Grupo INDUSER SRL. <i>Monitoreo del embalse – ICTIOS S.A.:</i>IACA laboratorios (Bahía Blanca), Servicios Analíticos: división agua, suelos e industria (Mendoza) y Universidad Nacional de la Plata. Determinación de clorofila: Servicios Analíticos (San Rafael, Mendoza). Determinación de fitoplancton: división ficología de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata, a cargo del Dr. Ricardo Echenique.</p>
<p>Conclusión: Se ha generado un banco de datos de más de 10 años de monitoreo, pero aún deben coordinarse trabajos conjuntos con otras áreas administrativas del gobierno provincial y de los municipios para elaborar planes de vigilancia y de alerta temprana por eventos de floraciones y de aquellas que potencialmente sean generadoras de toxinas.</p>

PROVINCIA: TUCUMÁN
Sitio evaluado: Embalse Río Hondo
<p>Descripción del caso. En el embalse de Río Hondo se producen de forma recurrente floraciones algales principalmente de cianobacterias del género <i>Microcystis</i>, pero se ha observado también la presencia de <i>Dolichospermum</i> en floración. En épocas de menor temperatura se pueden encontrar floraciones de la especie invasora <i>Ceratium sp</i> (dinoflagelada). Debido a la frecuencia de estas floraciones se realizan muestreos y recorridos periódicos para realizar alertas tempranas principalmente en época de elevadas temperaturas.</p>
<p>Descripción del monitoreo: Desde embarcación se colecta para análisis cualitativo una muestra filtrada con red de arrastre en 4 sitios del embalse (murallón, centro y 2 afluentes y desembocaduras principales). Se mide transparencia con disco de Secchi. Para muestreo cuantitativo se colecta 2 botellas de 2 litros, una para los análisis de laboratorio de parámetros físicos químicos y el otro para la determinación de pigmentos fotosintéticos (clorofilas y ficocianina).</p>

Objetivo: Detección de “bloom” algal, alerta temprana.
Parámetros analizados y frecuencia: Frecuencia mensual. Todos los muestreos son acompañados de medición de temperatura ambiental y del agua. Se analiza composición de la comunidad fitoplancton, clorofilas (a, b, c), y se incorporó la posibilidad de análisis de ficocianinas. Se toman muestras para fosfatos y nitratos.
Laboratorio donde se realizaron las determinaciones: Laboratorio Ambiental de la DIMLA (Dirección de Monitoreo y Laboratorio Ambiental), perteneciente a la Secretaría de Medio Ambiente de Tucumán.
Conclusión: Debido a la eutrofización del embalse de Río Hondo, cuando las condiciones son de bajo recambio de agua por poco aporte, bajo nivel y elevadas temperaturas acompañadas de poco viento es esperable que se produzcan floraciones de cianobacterias de forma recurrente. La periodicidad de muestreos y recorridos incluso hasta 2 veces por mes nos ha permitido detectar los inicios de una explosión “bloom” algal, realizando los avisos correspondientes en la zona y autoridades. El trabajo en conjunto con GGTR (Grupo de Gestión en tiempo Real) Santiago, en el marco del Comité de Cuenca Salí-Dulce, es vital para la continuidad del dominio del territorio y mejorar las alertas y el plan de vigilancia. Como propuesta superadora esperamos poder incorporar el análisis de toxinas en futuros controles.

PROVINCIA: TIERRA DEL FUEGO, ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO SUR
Sitio evaluado: Bahía Encerrada (BE) y zona de influencia Bahía Ushuaia (BU).
Descripción del caso: Desde la Dirección General de Recursos Hídricos (D.G.R.H.) de la Secretaría de Ambiente de la Provincia se establecieron los lineamientos para la elaboración del Plan de monitoreo de agua superficial, sedimento y biota. Los resultados obtenidos forman parte del informe de la Línea de Base Ambiental que la Municipalidad de Ushuaia presentó ante la Secretaría de Ambiente y el Juzgado de Primera Instancia en lo Civil y Comercial N°1 Distrito Judicial Sur por la causa caratulada “S/PARTICIPACIÓN CIUDADANA C/GOBIERNO DE TIERRA DEL FUEGO Y DPOSS S/ PROTECCIÓN AMBIENTAL DE INTERESES DIFUSOS-AÑO 2014.” La Línea de Base Ambiental tiene por objetivo obtener información de las matrices de estudio previo a la colocación de dos alcantarillas, que permitirán aumentar la circulación del agua entre las Bahías, a fin de mejorar el intercambio de flujo para favorecer la dilución de los efluentes cloacales que provienen de la cuenca del arroyo Buena Esperanza. Los técnicos de la provincia en colaboración con los del municipio local tomaron las muestras de agua y sedimento para realizar los análisis solicitando. Desde la Municipalidad de Ushuaia se contrató al Centro de Investigación Esquel de Montaña y Estepa Patagónica (CIEMEP-CONICET), quien, junto a profesionales del Instituto de Ecología Genética y Evolución, de la Universidad de Buenos Aires (IEGEB, UBA-CONICET) elaboraron un informe sobre la biota del sitio de estudio, denominado “ <i>Biota de Bahía Encerrada y Bahía Ushuaia (Tierra del Fuego): fitoplancton, zooplancton, perifiton y bentos.</i> ”, donde se presenta los resultados obtenidos del muestreo. También se tomaron muestras de agua para la determinación de nutrientes, metales y clorofila-a obtenida del fitoplancton en los diferentes puntos de muestreo establecidos en la zona de estudio. (Método: SM 10200 H Ed. 22).
Descripción del monitoreo: En relación al informe elaborado sobre la biota y en base al análisis de un total de 12 muestras de distintos hábitats, se estimó la densidad de los principales grupos taxonómicos y se

analizó comparativamente la estructura de las comunidades mencionadas dentro de cada bahía y entre ambas bahías. Asimismo, y dada la importancia que cobran las diatomeas como bioindicadoras de la calidad del agua y de la integridad de los ecosistemas acuáticos se realizó un análisis taxonómico de las especies dominantes en cada una de las bahías, en base a la observación de células en materiales sin procesamiento previo.

Parámetros analizados y frecuencia:

Las muestras para el análisis de la biota fueron recolectadas el 11 y 12 de julio de 2018, encontrándose las aguas de BE parcialmente cubiertas por hielo, no así la BU.

Comunidad	Bahía	Sitios	Tipo de muestras/análisis
Fitoplancton	Encerrada	Centro	Cualitativo: filtrado con red de 50 µm de poro Cuantitativo: muestras de agua sin filtrar.
	Ushuaia	Centro	
Zooplancton	Encerrada	Centro y orilla	Cualitativo-cuantitativo: filtrado con red de 100 µm de poro
	Ushuaia	Centro y orilla	
Perifiton	Encerrada	Orilla	Cualitativo-cuantitativo: 270 a 300 cm ² de macrofitas y piedras de 30 cm ² (aprox.)
	Ushuaia	Orilla 2	
Bentos	Encerrada	Orilla	Cualitativo-cuantitativo: 300 cm ³ de sedimento
	Ushuaia	Orilla 1	

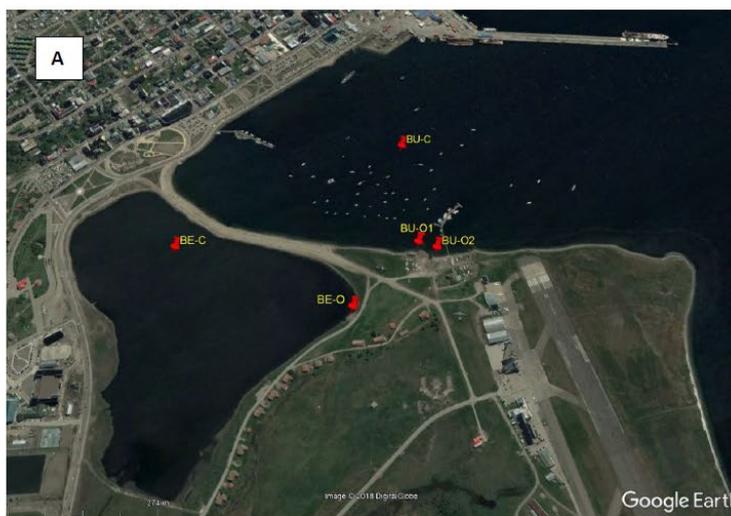
En el documento de la Línea de Base Ambiental presentada por la Municipalidad se desprende que la clorofila -a fue analizada en marzo y noviembre del 2017 y en febrero del 2018 en la BE y zona de influencia de la BU.

Laboratorio donde se realizaron las determinaciones: el CIEMEP-CONICET y FCEN-IEGEB, UBA-CONICET realizó los análisis del fitoplancton, perifiton, zooplancton y bentos, mientras que el Laboratorio Induser realizó el análisis de la clorofila -a.

Conclusión:

Se destaca que las dos bahías exhibieron valores bajos de sus comunidades planctónicas, posiblemente atribuidos a las condiciones invernales. Comparativamente, BE se caracterizó por una menor densidad de fitoplancton y zooplancton total, menor representación de grandes grupos taxonómicos y por un menor número de especies de diatomeas que BU. El hecho de que BE estuviera parcialmente cubierta por hielo sería uno de los factores que explican estas diferencias. En segundo lugar, la comunidad perifítica asociada a las macroalgas fue muy diferente entre ambas bahías: muy rica en BE (conformada por cianofitas, diatomeas, nematodos y agregados de materia orgánica) y prácticamente nula en BU. En el informe se predice que las partículas y organismos detectados en el plancton del centro de ambas bahías serían mayormente transportados a la columna de agua por procesos de resuspensión debido a la acción del viento.

Anexo: Estaciones de monitoreo y registro fotográfico de los casos presentado



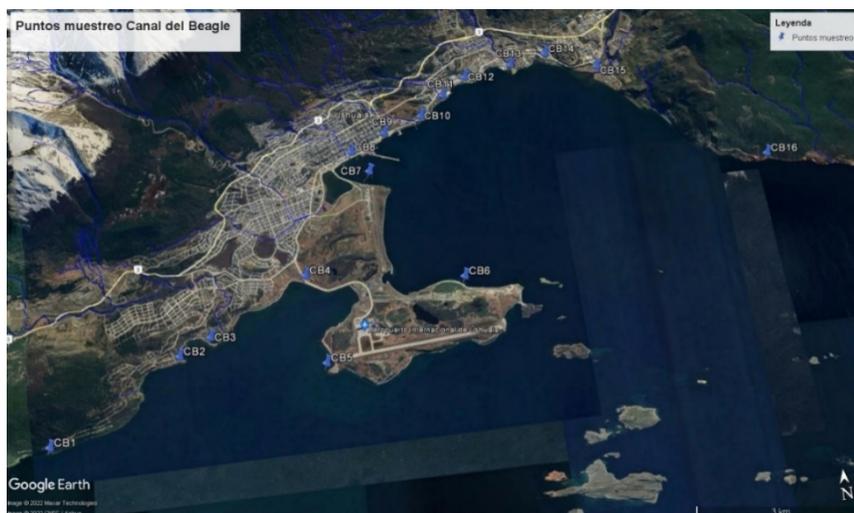
Sitios investigados en BE y BU en julio del 2018 (A) muestreo en BU y en BE(B).

Se observa la cubierta de hielo (C). Fuente: Informe elaborado por CIEMEP.

PROVINCIA: TIERRA DEL FUEGO, ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO SUR
Sitio evaluado: Bahía Ushuaia (BU) y Bahía Golondrina (BG).
Descripción del caso: en el marco de la causa judicial mencionada con anterioridad se estableció un programa de monitoreo de agua, sedimento y biota para elaborar la Línea de Base Ambiental previo a la implementación de las obras de tratamiento de efluentes cloacales. Se evaluaron entre otros parámetros la clorofila-a del fitoplancton como la matriz biota para inferir el estado trófico, utilizando un Índice de calidad de agua.
Descripción del monitoreo: se establecieron 23 puntos de muestreo los cuales fueron tomados en diciembre del 2016, enero, marzo y noviembre del 2017 y abril y mayo del 2018.
Parámetros analizados y frecuencia: se tomó muestras para el análisis de la clorofila -a, nutrientes (nitratos, amonio, DBO ₅ , fosfatos, otros), metales (cinc, cadmio, aluminio, hierro, plomo, manganeso, otros) y bacteriológico (coliformes totales y fecales). Este análisis se hace como mínimo una vez al año.
Laboratorio donde se realizaron las determinaciones: Laboratorio Induser, Laboratorio de Calidad de Aguas de la Provincia.
Conclusión: El valor del Índice de Estado de Trófico (TSI) calculado a partir de las concentraciones de clorofila-a para el punto de monitoreo ubicado en la desembocadura del dispersor marino, presenta una condición mesotrófica que indica un incipiente proceso de

eutrofización de sus aguas. Condición que podría estar atenuada por la gran capacidad de dilución del Canal de Beagle.

Anexo: Estaciones de monitoreo



Puntos de muestreo ubicados en el canal Beagle en la Bahía Ushuaia y Golondrina.

PROVINCIA: TIERRA DEL FUEGO ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO SUR
Sitio evaluado: Arroyo Buena Esperanza (ABE), Rio Pipo (RP) y Arroyo Grande (AG), los tres son fuente de agua potable y son receptores de efluentes con destino final las bahías Ushuaia, Encerrada y Golondrina.
Descripción del caso: La información fue obtenida de la publicación científica de Granitto <i>et. al.</i> 2021 (https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107614). En el estudio se describe el análisis del perifiton clorofila-a (Peri Chl-a) con el objetivo de definir si su análisis es un parámetro relevante en la zona para desarrollar un índice de calidad de agua local denominado Índice de Calidad del Agua de Fuegoino (F_WQI), como una herramienta de seguimiento ambiental en cuencas hidrográficas urbanas boscosas. El F_WQI tiene como objetivo integrar en una escala numérica simple las características químicas, físicas y biológicas de los arroyos boscosos. Las características biológicas se encuentran definidas por el resultado de Peri Chl-a.
Descripción del monitoreo: Se tomó muestras durante dos años en los tres cursos de agua desde la cabecera hasta la desembocadura, antes y después de cruzar la ciudad de Ushuaia para estudiar la variación espacial y temporal de los diferentes parámetros estudiados. Para la recolección de la muestra del perifiton se arrojó al azar por triplicado un cuadrante de 20 x 20 a lo largo del punto de muestreo y se recolectaron varias piedras del interior. Se transportaron en condiciones de frío y oscuridad en bolsas plásticas al laboratorio. Se preparó el material para el análisis según el procedimiento indicado por Jespersen y Christoffersen 1987.
Parámetros analizados y frecuencia: Se recolectaron muestras de agua y perifiton. Las mediciones y tomas de muestras se realizaron entre el año 2018 y 2019. En cada sitio de muestreo se tomaron datos <i>in situ</i> de velocidad del agua, profundidad y ancho del curso de agua, OD, temperatura, turbidez, CE y pH del agua. En el laboratorio se evaluó la concentración de nutrientes inorgánicos disueltos (nitrógeno total, fósforo total, sólidos en suspensión, nitrógeno-amonio, nitrito de nitrógeno y nitrato de nitrógeno). Se realizó el análisis bacteriológico usando la prueba de Colilert de 24 h

(IDEXX Laboratories, EE. UU.), y se determinó el perifiton clorofila-a (Peri Chl-a) por el método ya indicado.
Laboratorio donde se realizaron las determinaciones: Laboratorio del Centro Austral de Investigación Científica (CADIC-CONICET)
Conclusión: se ha observado que en diferente literatura se utiliza el valor obtenido de la clorofila-a del fitoplancton para el cálculo de índices de calidad del agua. En estas latitudes, tanto Diodato (2018) como Rodríguez <i>et al.</i> (2020) lo han evaluado y sus concentraciones fueron en general muy bajas. Sin embargo, en el trabajo realizado por Granitto se observó que la Clorofila-a obtenida del Perifiton era sensible a los cambios químicos de la calidad del agua en los ríos estudiados.

Anexo: Estaciones de monitoreo



Puntos de muestreo ubicados en las cuencas hidrográficas boscosas estudiadas en la publicación científica de Granitto.

CONCLUSIONES

Las floraciones algales ocurren naturalmente, pero también están relacionadas con la eutrofización de los cursos y cuerpos de agua por las actividades humanas. La ocurrencia de "blooms" algales se producen en distintos ambientes hídricos del país, con potenciales riesgos para la salud pública, por esta razón las autoridades hídricas que participaron en la elaboración de este documento realizan monitoreos de las aguas, para entender mejor los factores que favorecen el desarrollo de estos "blooms" y detectarlos de forma temprana.

Los aportes presentados en este apartado se basan en la comprensión de las condiciones ambientales e hidrológicas que influyen en el potencial desarrollo de "blooms" algales, incluyendo el de cianobacterias. Entre estas condiciones se encuentran altas temperaturas, radiación solar, excesiva concentración de nutrientes, así como los factores físicos que lo regulan, como la tasa de intercambio del agua. Por lo cual, constituyen parámetros de seguimiento para evaluar las probabilidades de desarrollo de floraciones y la gestión de riesgos asociados con el uso recreativo de los cursos y/o cuerpos hídricos.

Las experiencias compartidas de las distintas jurisdicciones muestran que las metodologías y herramientas para diagnosticar el estado de los cursos y cuerpos de agua en relación a la presencia de cianofitas son distintas. Aunque el objetivo principal no ha sido

determinar la aptitud para el uso recreativo, sino como fuente de provisión para agua potable, se considera que es una medida estratégica llevar a cabo estudios y poner en práctica sistemas de alertas para vigilar el estado de las aguas para diferentes usos.

Debido a la complejidad ambiental asociada con estos eventos, el plan de gestión que se implemente debe basarse en un profundo conocimiento apoyado en experiencias locales sobre los procesos hidrológicos, actividades antropogénicas y/o eventos naturales que aporten nutrientes en las cuencas.

En algunas regiones se están aplicando planes de monitoreo sistemáticos ininterrumpidos y diferentes métodos de evaluación desde la década del 90, atendiendo a eventos que se fueron sucediendo en los sistemas acuáticos de interés, mientras que en otras jurisdicciones los controles y estudios realizados son menores. Se destaca la implementación, además de análisis específicos, de sistemas de alerta temprana para la detección de floraciones algales nocivas mediante herramientas como el cianosemáforo, que permite determinar el nivel de riesgo con monitoreo visual del cuerpo de agua, y la teledetección o monitoreo satelital.

Por otro lado, aplicar protocolos y métodos de muestreos análogos, descritos en este documento, posibilitará comparar los resultados obtenidos y proponer en función de los mismos, acciones y políticas basadas en criterios científicos eficientes y consensuados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires. (ADA). Subsecretaria de Recursos Hídricos. (2023) Sistema de Alerta Temprana para la detección de Floraciones Algales. Bs As. Disponible en <https://www.ada.gba.gov.ar/sistema-de-alerta-temprana-para-la-deteccion-de-floraciones-algales/>.
- Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires. (ADA). Monitoreo Satelital. Calidad de las Aguas de la Provincia de Buenos Aires. Sistemas de alerta temprana para la detección de floraciones algales nocivas. Disponible en <https://sites.google.com/view/ada-monitoreo-satelital>
- Andrinolo D., Echenique R., Sedan D. (2009). Toma de muestra de agua en diferentes ambientes para determinaciones de algas y toxinas. Procedimientos analíticos. Métodos de detección de cianotoxinas. En Giannuzzi L. Cianobacterias y Cianotoxinas: Identificación, Toxicología, Monitoreo y Evaluación de Riesgo. Editorial: El Autor. Buenos Aires ISBN 10: 987055749X / ISBN 13: 9789870557494.
- Backer L.C.(2002). Cyanobacterial harmful algal blooms (CyanoHABs): Developing a public health response. *Lake and Reservoir Management*, 18:20–31.
- Chapman D. (1992). *Water Quality Assessments. "A Guide to the use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring"*. Ed. Chapman. Onbehalf of UNESCO, WHO, UNEP, 585 p.
- Daga I., Fernández Belmonte M., Reyna S., (2000). "Composición algal y bioindicadores de calidad de agua. Caso de estudio: embalse San Roque, Córdoba". Cuadernos del Curiam. Vol. 26. Páginas 1 a 11. ISSN 1514-2906 (Impresa) – ISSN 2683-8168 (en línea).
- Dirección de Control de Calidad y Preservación de los Recursos Hídricos. Autoridad Del Agua (A.D.A). Documento de Trabajo (2019). Provincia de Buenos Aires.
- Ministerio de Salud. Resolución 125/2016. (2016). Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas. Módulo I: Directrices Sanitarias para Cianobacterias en Agua Ambiente.
- Domínguez E., Giorgi A., Gómez N. (2020). La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina. Eudeba, Buenos Aires.
- Chorus I., Bartram J., (1999). "Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring y management". WHO.
- Oliver C., Rasile A., (2009). Fundamentos de las técnicas analíticas utilizadas para detectar células, toxinas y parámetros físico químicos relevantes. En: Giannuzzi L. Cianobacterias y Cianotoxinas: Identificación, Toxicología, Monitoreo y Evaluación de Riesgo. Editorial: El Autor. Buenos Aires. Capítulo 6. ISBN 10: 987055749X/ISBN 13: 9789870557494.
- Othaz Brida A., Caso M. (2022) Pronóstico de Alerta Temprana de Floraciones Algales en El Embalse Ramos Mexía. 10º Congreso Argentino de Presas y Aprovechamientos Multipropósito. Cipolletti. Río Cuarto. Argentina.
- Labollita, H. (2008). Gestión de la red de monitoreo de calidad del agua de embalses en las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro. IV Congreso Argentino de Limnología, CAL 4, S. C. de Bariloche – Río Negro – Argentina.
- Labollita, H. (2011). Monitoreo de floraciones algales en las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro. IX Congreso de Ficología de Latinoamérica y El Caribe. La Plata, Argentina.
- Roca M., Caballero I., Sacilotti-Detoni A., Navarro G. (2022) Monitorización de floraciones algales nocivas en zonas acuícolas. Pamplona. España. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/362015917_Monitorizacion_de_floraciones_algales_nocivas_en_zonas_acuicolas_mediante_teledeteccion.

Rodríguez M.I., Ruiz M., Nadal F., Halac S., Olivera P., Busso F., Bonfanti E.(2013). Monitoreo y calidad de agua del embalse San Roque (Córdoba, Argentina) XXIV. Congreso Nacional del Agua (CONAGUA)- San Juan- Argentina- 14 al 18 de Octubre del 2013.

Wetzel, R.G. (2001). Limnology. Academic Press, New York. 1006p. Disponible en:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cianobacterias_y_cianotoxinas.pdf

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

El presente documento fue elaborado por la Comisión de Calidad y Cantidad de Agua del COHIFe y está destinado a las entidades responsables de la gestión de áreas recreacionales y a todas aquellas instituciones con o sin fines de lucro interesadas en conocer la calidad del agua para uso recreativo. Esta propuesta se fundamenta en la necesidad de establecer medidas preventivas de riesgos para la salud pública, mediante programas que evalúen la calidad del agua para actividades recreativas con contacto primario a fin de determinar su aptitud para este uso.

Está redactado por los especialistas de distintas jurisdicciones provinciales y del Estado Nacional en base a las experiencias, en el conocimiento y evaluaciones de los sistemas hídricos para el monitoreo de aguas para uso recreativo. Su objetivo es ofrecer una guía para el diseño, la ejecución e implementación de programas de control de calidad de las aguas naturales para uso recreacional, enfatizando los aspectos que deben considerarse a nivel local y regional, y que pueda ser implementado en forma paulatina cuando se pretenda monitorear nuevos ambientes hídricos. Esta guía incluye un resumen de normativas y recomendaciones que constituyen un marco de referencia aplicable para determinar la calidad de las aguas destinadas al uso recreativo y sobre las que algunas jurisdicciones provinciales han basado sus programas de evaluación.

El documento presenta algunos de los trabajos que realizan distintas Autoridades del Agua, acorde a las diversas realidades regionales, sobre la evaluación de la calidad de las aguas de sus fuentes naturales, con el fin de proteger la salud de la población que las utiliza para actividades recreacionales de contacto directo; destacándose que los programas de monitoreo implementados por las distintas jurisdicciones se encuentran en diferentes estados de desarrollo.

Para determinar la aptitud de uso de un curso y/o cuerpo de agua natural es necesario inspeccionar el lugar a fin de identificar las fuentes de contaminación y seleccionar los puntos de muestreo. Además, se deben escoger indicadores de contaminación fecal y establecer los niveles máximos permitidos de estos. Argentina no dispone de estándares nacionales de calidad de agua recreacional basados en indicadores bacteriológicos y de fitoplancton. Si bien para la ejecución de programas de monitoreo deben tenerse en cuenta factores regionales o locales, como los geopolíticos, culturales, climáticos, características físicas de los cursos y cuerpos de agua, disponibilidad de recursos humanos y financieros, entre otros; pero ante la diversidad de guías internacionales y nacionales que se emplean en el país, las jurisdicciones a través de los profesionales técnicos de sus Autoridades del Agua y los profesionales de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica elaboraron este documento, proponiendo una guía con lineamientos consensuados y estandarizados para la planificación y ejecución de programas de control y vigilancia del estado de aguas naturales destinadas a fines recreativos con contacto directo. Por lo cual los temas que se abordaron en el análisis y evaluación técnica, se plasmaron en recomendaciones e información que otorguen practicidad para el diseño de un plan de

monitoreo de calidad de agua con el fin que se persigue, siguiendo un ordenamiento por capítulos.

En el primer capítulo se recomienda que los programas de monitoreo de calidad de aguas recreativas deben contemplar el seguimiento del curso y/o cuerpo de agua no solo durante la temporada de uso recreativo, sino también antes de su inicio. De esta forma, se podrá evaluar el estado del recurso hídrico según indicadores bacteriológicos y fitoplanctónicos y determinar anticipadamente si la condición es satisfactoria para el uso recreativo con contacto primario según la recomendación de referencia, o si se requiere de adopción de otras medidas para que se realice un uso seguro del sistema hídrico si los resultados obtenidos superan los valores guías, y en caso de no ser posible, accionar disposiciones de restricción del uso del ambiente hídrico. Además, se propicia la coordinación y trabajo conjunto entre las autoridades jurisdiccionales con competencia en el tema (hídricas, ambientales, salud, municipales entre otras), así como con los laboratorios encargados de realizar las determinaciones analíticas, a fin de optimizar tiempo y recursos.

Dado que los microorganismos patógenos, evaluados por medio de indicadores de contaminación fecal, y las toxinas generadas por las cianobacterias son potenciales causas de enfermedades agudas en la población que usa los cursos y/o cuerpos de agua naturales para actividades recreativas con contacto primario, y que hay acuerdo internacional sobre la importancia de estos parámetros para evaluar la aptitud de dichos sistemas hídricos, las diferentes jurisdicciones acordaron enfocarse en su estudio. Esto se refleja en el segundo capítulo del documento que aborda el control bacteriológico para la evaluación de la aptitud del agua con fines recreativos y en el tercero que trata sobre la vigilancia y gestión de alertas tempranas ante floraciones algales.

En el capítulo 2 de "Monitoreo de cursos y cuerpos de agua- Componente bacteriológico" se presentan las experiencias de las jurisdicciones en el monitoreo de la calidad bacteriológica de los mismos. En la primera parte se describe los microorganismos enterococos y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal empleados principalmente para caracterizar la calidad bacteriológica del agua. También se detallan los métodos analíticos estandarizados que deben seguirse a fin de obtener resultados confiables para determinar la densidad bacteriana en muestras representativas de los recursos hídricos. Además, se incluyen fichas técnicas con las guías, los indicadores y las metodologías que las jurisdicciones han adoptado para este propósito.

En el capítulo 3 de "Monitoreo de cursos y cuerpos de agua- Componente fitoplancton" se evidencia, a través de la descripción de las experiencias de las distintas jurisdicciones, que las metodologías y herramientas utilizadas para diagnosticar el estado de los cuerpos y/o cursos de agua en distintas regiones de la Argentina están en distinta etapa de desarrollo. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos sobre las investigaciones del comportamiento de las floraciones algales en algunas regiones. Se destaca la importancia de implementar, además de análisis de agua específicos, sistemas de alerta temprana ante floraciones algales nocivas mediante herramientas como el cianosemáforo.

Las bases técnicas para establecer medidas de control y vigilancia de la calidad de las aguas recreacionales en este documento, surgen de las experiencias de las jurisdicciones provinciales y del Estado Nacional fundamentadas en el conocimiento de la calidad del agua en general, la implementación de programas de evaluación bacteriológica del agua para usos recreativos y las investigaciones y desarrollos para la detección de floraciones algales. Por lo cual y teniendo en cuenta las características de los recursos hídricos según la región, el tipo de ambiente, el clima, los aspectos sociales y de salud, se podría concluir que no sería recomendable establecer una norma que defina una única metodología para determinar la aptitud de uso de las aguas con fines recreativos, ya que se ignorarían aspectos locales importantes. Por el contrario, una gestión basada en la información sobre los sistemas hídricos y los sitios de usos recreativos, que considere el impacto de las actividades humanas, las variaciones climáticas, la calidad microbiológica del agua, la composición fitoplanctónica, así como los datos sobre la salud de la población local, permitiría establecer valores guías específicos por cuenca y/o jurisdicción, evaluar riesgos y priorizar planes de control y/o mejoras por zonas cuando sean necesarios.

Se reconoce la necesidad de establecer programas de monitoreo de la calidad del agua que sean económicamente sostenibles, para que puedan ejecutarse sistemáticamente, con metodologías de tomas de muestras, conservación y técnicas de análisis estandarizadas para proveer datos fiables. Asimismo, se requiere avanzar en el trabajo conjunto con las autoridades de salud para obtener datos epidemiológicos propios sobre la posible correlación entre la calidad del agua de los recursos hídricos naturales de uso recreativo con contacto directo, con la presencia de enfermedades en la población que se expone a los mismos. También es necesario conocer los comportamientos temporales de los indicadores de contaminación fecal para determinar con mayor certeza el nivel de aceptabilidad, alerta o riesgo que el agua representa.

Para prevenir el riesgo por cianotoxinas en el agua, se necesitan implementar estrategias de vigilancia que prioricen los sitios más propensos a los "blooms algales", según el aporte de nutrientes, temperatura y dinámica del flujo de agua. Además, para establecer un sistema predictivo de estos eventos se requiere la interpretación de los datos de laboratorio junto con la información visual del lugar, como la presencia de espumas, la transparencia del agua y el análisis cualitativo de las muestras por observaciones microscópicas. Así se podrán definir para cada sitio niveles de alerta temprana para implementar acciones ante posible presencia de cianotoxinas.

La presente guía pretende ser una herramienta de trabajo dinámica, de revisión periódica y actualización en función del conocimiento del funcionamiento de los sistemas hídricos y su vinculación con los registros epidemiológicos locales y de la variabilidad ambiental, que plantea desafíos y oportunidades para la planificación y gestión basada en enfoques integrados, participativos y flexibles que consideren las múltiples dimensiones del valor del agua.

EQUIPO DE REDACCIÓN

La elaboración del presente documento estuvo a cargo de los técnicos provinciales, Estado Nacional y del COHIFe que a continuación se mencionan.

BUENOS AIRES

Lic. en Geoquímica Claudia Merodio, Lic. en Biología Cecilia Corrales. Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA)

CATAMARCA

Bioquímico Fernando Alles, Ing. Química Marta Saracho. Secretaría de Recursos Hídricos. Ministerio de Agua, Energía y Medio Ambiente. Provincia de Catamarca

CHACO

Bioquímica Liliana Silvina Lösch. Administración Provincial del Agua del Chaco (APA).

CÓRDOBA

Mg Ing. Química Patricia O' Mill, Ing. Química Mariana Roqué. Administración Provincial de Recursos Hídricos Córdoba (APRHI). Ministerio de Servicios Públicos de la Provincia de Córdoba.

CORRIENTES

Bioquímica Ana María Meza, Ing. Químico Omar Ignacio Pérez. Gerencia de Gestión Ambiental- Instituto Correntino del Agua y del Ambiente (ICAA).

ENTRE RÍOS

Aporte de documentación de la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos.

FORMOSA

Lic. en Bromatología Claudia Cabrera. Servicio Provincial de Agua Potable de la provincia de Formosa (S.P.A.P)

LA PAMPA

Mg. Pamela Pratts, Ing. en Recursos Naturales y Medio Ambiente Sonia Kissner, Pasantes: Ignacio Alaniz y Abigail Argüello. Secretaría de Recursos Hídricos. La Pampa

NEUQUÉN

Ing. Químico Leandro Troncoso, Lic. en Cs. del Ambiente Florencia Ugolini, Ing. Química Andrea García Tourn, Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia del Neuquén.

RÍO NEGRO

Lic. en Química Roxana Rodríguez. Departamento Provincial de Aguas Provincia de Río Negro.

SALTA

Analista Química Mónica Rodríguez. Secretaría de Recursos Hídricos. Ministerio de Producción y Desarrollo Sustentable de Salta.

SAN JUAN

Estudiante Licenciatura en Ciencias Geológicas Verónica Gil Crescentino. Dirección de Recursos Energéticos - MOySP- Secretaría de Agua y Energía, San Juan.

SECRETARÍA COHIFe

Dr. Ignacio Enriquez. Secretario Ejecutivo COHIFe

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y POLÍTICA HÍDRICA. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE LA NACIÓN

Dra. en Ciencias Biológicas Silvia De Simone. Lic. en Ecología Laura Pertusi. Secretaria de Infraestructura y Política Hídrica. Ministerio de Obras Públicas

TIERRA DEL FUEGO, ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO SUR

Lic. en Protección y Saneamiento Ambiental Yamila Nohra. Dirección General de Recursos Hídricos. Secretaría de Ambiente. Ministerio de Producción y Ambiente de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas Del Atlántico Sur

TUCUMÁN

Dra. en Geoquímica Bettina Schilman, Lic. en Ciencias Biológicas María Eugenia Moyano Wagner. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. Ministerio de Desarrollo Productivo de Tucumán.

