



# GUÍA PARA EL MONITOREO PARTICIPATIVO DE LAGOS EUTRÓFICOS URBANOS

CIENCIA-GESTIÓN-PARTICIPACIÓN

1ª edición



Guillermo Goyenola  
Lucía Urtado



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



CURE  
Centro Universitario  
Regional del Este



Gobierno de  
Canelones

FUND~~EX~~CIBA  
FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS BÁSICAS

# Guía para el monitoreo participativo de lagos eutróficos urbanos Ciencia-Gestión-Participación

Guillermo Goyenola  
Lucía Urtado

Fotografías de los autores

1a edición  
Marzo 2020

---

El presente libro refleja el producto del trabajo interinstitucional realizado en el marco del Convenio de Colaboración entre la Intendencia Departamental de Canelones, ejecutado en el Centro Universitario Regional Este (CURE) de la Universidad de la República y administrado por FUNDACIBA.

Esta publicación no tiene fines comerciales y puede ser reproducida haciendo referencia explícita a la fuente.

Formato sugerido para la cita del libro completo: Goyenola G. y L. Urtado. (2020). Guía para el monitoreo participativo de lagos eutróficos urbanos. Ciencia-Gestión-Participación. Comuna Canaria. Universidad de la República. Montevideo. 84 pp. ISBN: 978-9974-0-1731-3.

---



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



CURE  
Centro Universitario  
Regional del Este



Gobierno de  
Canelones

FUNDACIBA

FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS BÁSICAS





© Los autores, 2020  
© Universidad de la República, 2020  
Tacuarembó entre Saravia y Bvar. Artigas.  
Maldonado. CP 20000 Uruguay, América del Sur  
(+598) 42255326 ext.613

Versión inédita. 1a edición.  
ISBN: 978-9974-0-1731-3  
Código DEWEY 363.7  
THEMA. RBKF (Limnología-aguas interiores)

Diseño gráfico



[hola@holaestudiocreativo.com](mailto:hola@holaestudiocreativo.com)



Cuando repaso el contenido de este libro, no puedo evitar revisar rápidamente los pasos que hemos dado, y los avances logrados a lo largo de los últimos en temas ambientales, y en especial, respecto al agua.

Hablar del Agua en Canelones o en nuestro país, es referirse a un recurso que durante décadas asociamos a nuestras principales fortalezas. Al recorrer pocos kilómetros en cualquier dirección nos encontramos con cañadas, arroyos, lagos y ríos de diverso porte, alimentando una concepción que indicaba que, con el agua, no había problemas. Recién en los últimos años comenzamos a asumir dificultades vinculadas a la contaminación. También a incorporar que tenemos una responsabilidad colectiva enorme, para que nuestros hijos y nietos tengan las mismas posibilidades de disfrutar y utilizar los recursos naturales, que las que tuvimos las generaciones mayores.

A partir de los grandes desafíos que enfrentamos a comienzos de nuestro gobierno en el año 2005, las prioridades estaban vinculadas a cumplir en tiempo y forma las tareas básicas de los Gobiernos Departamentales (Alumbrado, Limpieza, Vialidad), así como con los pagos a funcionarios y proveedores. Más allá de eso, desde el inicio también asumimos que otra tarea insoslayable tenía que ver con la generación de estrategias que permitieran generar mayores niveles de conocimiento, de forma de desarrollar políticas efectivas para la protección de nuestros recursos naturales.

Los escasos niveles de conocimiento sobre los sistemas acuáticos canarios nos llevaron a definir ya en el año 2008 un Plan Estratégico de Calidad de Agua, donde el Monitoreo periódico de más de 170 puntos de cursos de agua, lagos y playas

fue un primer desafío. A partir de esa experiencia se generaron estrategias de complementación con otras instituciones como DINAMA y la Intendencia de Montevideo, las que desarrollaban programas similares.

Con los primeros datos se sumaron nuevos retos. Convencidos de que el manejo transparente y responsable de la información debe ser una premisa, surgieron los Informes Ambientales departamentales con el primer GEO Canelones (desarrollado con apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Luego se generaron reportes e informes periódicos, año a año, como el que se presentó en marzo de 2019 sobre los sistemas acuáticos del Departamento.

Otra de las claves de este proceso estuvo vinculada al desarrollo de Políticas y Planes Departamentales que incorporaron la protección y recuperación de la calidad de los sistemas acuáticos como uno de sus objetivos, tomando la información disponible como base para definiciones locales, regionales y departamentales.

Uno de los últimos planes aprobados, denominado Ruralidades Canarias (Plan de Uso de Suelo Rural), se ha transformado en una referencia a nivel nacional, tomando definiciones que tienen como prioridad la protección de los recursos naturales, la salud de la población rural y, sobre todo, la producción familiar característica del departamento de Canelones.

Otro de los procesos interesantes que hemos logrado desarrollar está vinculado a la Laguna del Cisne, donde a partir de la información generada por los programas de monitoreo, quedaron en evidencia los problemas de esta fuente de agua desde donde OSE potabiliza y abastece, a una parte importante de la población de la Costa de



Oro. Esta información, más una serie de conflictos ambientales vinculados a la actividad productiva, el uso de agroquímicos y su impacto en el ambiente y en la salud de vecinas y vecinos, llevo al Gobierno de Canelones a solicitar al Gobierno Nacional la convocatoria de una Comisión de Cuenca. En este ámbito, los tres niveles de Gobierno, la Academia, los Productores y las Organizaciones de vecinos, avanzaron en torno a una serie de medidas que, al día de hoy, marcan un cambio en la tendencia de diversos contaminantes y en particular, del fósforo.

En este período de gobierno nos planteamos dar un nuevo paso, implementando experiencias de Monitoreo Ambiental Participativo de Lagos Urbanos de Ciudad de la Costa. Esto no solamente es una forma de aportar a mejorar el nivel de conocimiento sobre estos Lagos, sino también para consolidar la participación de vecinas y vecinos organizados y capacitados, en el monitoreo y la gestión del agua.

La definición fue generar experiencias iniciales y replicables en 5 lagos de los cuales ya tenemos importantes avances en 2, como son el Lago Jardín (Lagomar) y el Lago Shangrilá (donde se unen las Avenidas Calcagno y Gestido), involucrando a vecinas y vecinos que se organizaron y capacitaron para ser parte de esta experiencia. El conocimiento y el manejo de complejo equipamiento son las bases para desarrollar esta experiencia.

Dejo para el final una de las claves fundamentales de este proceso, el involucramiento y el rol de la Universidad de la República, a través primero de la Facultad de Ciencias y luego del Centro Universitario Regional del Este y el apoyo de FUNDACIBA. Cabe destacar la activa participación de profesionales, técnicos, investigadores que, con una importante cuota de compromiso, han aportado a la generación

de caminos donde la Ciencia, la Gestión y la Participación vayan de la mano.

Los autores de este trabajo, con quienes venimos compartiendo estos desafíos hace unos cuantos años, son una muestra de ese compromiso, de esa rigurosidad y también de esa generosidad para buscar acoplar sus tiempos al tiempo de la gestión, y al tiempo de vecinas y vecinos. Esta interacción sinérgica, le da a esta experiencia, una enorme potencia.

Tenemos la responsabilidad de dar continuidad y profundizar estos procesos, estos espacios de trabajo conjunto entre academia, gobierno y sociedad civil organizada. Sin dudas, trabajos como este que se presenta a continuación, aportan y mucho.

Bienvenido este aporte!



**LEONARDO HEROU**

Fue en el entorno del cambio de siglo cuando el primer autor de este manual comenzó a trabajar la idea de acercar su pasión a la gente, y la gente a su pasión. La limnología uruguaya, estaba aún dando sus primeros pasos, una comunidad que había empezado a forjarse sobre hombros de pioneros sólo unos años antes, lograría en esta generación sólo catapultarse hacia el futuro. Esta generación rápidamente comprendió que “el exceso” de agua dulce con que contaba nuestro territorio, en cierta forma, jugaba en contra de su apreciación y hacía que la misma fuera percibida como un recurso inagotable.

La eutrofización, las cianobacterias, la escasez en la abundancia eran ciencia ficción por ese entonces. Pero Guillermo, quien además de un científico formado, es un educador, un educador social y un militante serio y comprometido, desde temprano en su carrera, así lo entendió y recorrió el país ofreciendo cursos de formación permanente, recibiendo en sus proyectos a futuros docentes, dando charlas y yendo a sitios donde el statu quo se paraba en paradigmas que no permitían comprender que eso que parecía ficción, era en realidad una alerta del futuro por venir. Ya en aquellos tiempos comprendió y apostó a la participación ciudadana y a través de ella a generar caminos de ida y vuelta entre el conocimiento científico puro duro y la gente, para de esa forma esparcir el mensaje, concientizar y potenciarse mutuamente.

Hace ya 15 años o más de las valijas viajeras, que iban y venían a quien las solicitara, un kit de muestreo que permitía registrar algunas variables, pero, sobre todo, permitían entrar al aula el tema de calidad de agua, la eutrofización, sus causas y sus consecuencias. En mi humilde opinión, este manual y sobre todo el proceso que llevó a él, son una vuelta más de este proceso que traje aquí para prologar esta obra. Y es también, a mi juicio, una muestra clara de lo que el deber ser de la Universidad de la República en su vínculo con la comunidad, debería ser. Integralidad con

mayúsculas! Aquí tenemos una herramienta que surge de la conjunción de investigación -líneas e investigadores de primer nivel- Docencia -han participado y mucho estudiantes de la Licenciatura en Gestión Ambiental del Cure y como prueba de ello la segunda autora es precisamente una avanzada estudiante de esta carrera- pero también la extensión y vaya si el vínculo con el medio. Y es aquí que quiero hacer foco para el cierre, ojalá podamos apreciar y aprender de este proceso, la forma de trabajo e interacción entre actores sociales, la Intendencia Departamental de Canelones y la UdelaR, de cómo el trabajo mancomunado y la articulación de los distintos roles y saberes, cuando se dan, los logros podrán tardar, pero cuando se alcanzan se valoran aún más.

Finalmente felicitar a Lucía y a Guillermo e invitar a otros a apropiarse de este manual, que sirva de base para replicar esta experiencia y que sirva así para continuar con la prédica de que el agua dulce es, si así quiere verse, un recurso natural en nuestro caso, abundante pero finito y sensible, altamente sensible de las presiones a que lo sometemos y que de nosotros -actores sociales, gestores, academia- depende su conservación y atado a ello también nuestro futuro como sociedad.



**CARLOS IGLESIAS**



# ÍNDICE

<b><u>¿Cómo utilizar esta guía?</u></b>	<b>8</b>
<b><u>Introducción</u></b>	<b>11</b>
LAGOS EUTRÓFICOS URBANOS, AMBIENTE Y MONITOREO	
<b><u>Objetivos de este libro</u></b>	<b>24</b>
<b><u>Capítulo 1</u></b>	<b>25</b>
GUÍA SINTÉTICA PARA EL MONITOREO AMBIENTAL PARTICIPATIVO DE LAGOS URBANOS.	
<b><u>Capítulo 2</u></b>	<b>38</b>
¿CÓMO DETERMINAR PARÁMETROS AMBIENTALES?	
<b><u>Capítulo 3</u></b>	<b>60</b>
¿QUÉ RELEVANCIA TIENE CADA PARÁMETRO AMBIENTAL?	
<b><u>Documentos de Referencia</u></b>	<b>81</b>
<b><u>Agradecimientos</u></b>	<b>82</b>
<b><u>Reseña de los autores</u></b>	<b>83</b>

## ***¿Cómo utilizar esta guía?***

Esta guía pretende contribuir a consolidar el programa de Monitoreo Ambiental Participativo de Lagos implementado en Ciudad de la Costa (Canelones-Uruguay), siendo uno de los productos del trabajo desarrollado en coordinación entre actores del Centro Universitario Regional del Este, la Dirección General de Gestión Ambiental de la Comuna Canaria, Municipios y vecinos de Ciudad de la Costa y Paso Carrasco.

Si bien los textos aquí incluidos fueron desarrollados para el colectivo que participó en la capacitación y hace referencia a equipos específicos, se espera sean comprensibles para el público en general y pueda servir como base para el desarrollo de programas similares en otros contextos.





## ***¿Cómo utilizar esta guía?***

En la **Introducción** se analizan aspectos básicos de la estructura y el funcionamiento de los lagos urbanos como ecosistemas. A continuación, se plantean aspectos fundamentales de su gestión ambiental y se pone especial énfasis en el monitoreo y la participación ciudadana. Los conceptos teóricos que se desarrollan en el texto guardan relación estrecha con los parámetros de calidad de agua que podrán ser medidos con el equipamiento disponible y son profundizados más adelante.

En el **Capítulo 1** se presentan los pasos a seguir para realizar una campaña de monitoreo participativo, proponiéndose un orden óptimo para la realización de determinaciones en función de los equipos disponibles.

En el **Capítulo 2** se incluye mayor detalle metodológico asociado al uso de cada equipo. Se solicita se ponga especial atención en la lectura de los apartados que tienen que ver con el uso adecuado y cuidado de los equipos.

En el **Capítulo 3** se incluye información que contribuye a avanzar en la interpretación de los datos generados.





## INTRODUCCIÓN

Los lagos urbanos de todo el mundo se encuentran sujetos a un cúmulo de presiones de origen humano. Funcionando como pozos que acumulan materia con el transcurso del tiempo, a medida que envejecen van aumentando su carga de sustancias, contaminantes y nutrientes.

La calidad de agua depende entonces fuertemente de la historia del lago y de las actividades que se han desarrollado en su entorno. Depende también de cómo circulen internamente las sustancias lo que está determinado por su ubicación, forma, y entorno.

Partiendo de esta base, los lagos urbanos deben ser entendidos como ecosistemas ambientalmente degradados y pasibles de transitar por estados de baja calidad de agua.

Existen evidencias suficientes y consenso en la comunidad científica de que el problema ambiental generalizado en este tipo de sistemas es la contaminación por nutrientes (**eutrofización**), lo que determina el desarrollo explosivo de organismos verdes (algas, plantas o cianobacterias).

Los lagos eutróficos son sistemas biológicamente poco diversos, donde pueden ocurrir periódicamente mortandades masivas de peces, emisión de malos olores,

probabilidad de desarrollo de cianobacterias tóxicas, o densa cobertura de plantas, entre otras interferencias (Fig. 1).



Figura 1.- Algunas consecuencias del estado eutrófico en lagos urbanos. Pueden observarse lagos dominados por plantas flotantes y por cianobacterias, así como un evento de mortandad masiva de peces (fotografías tomadas entre el 2008-2019 en lagos de Canelones).

En nuestras latitudes, la dinámica estacional impone un funcionamiento cíclico recurrente. Desde la primavera hasta el final del verano, los lagos suelen presentar fuertes diferencias verticales en sus condiciones ambientales (estos conceptos se profundizarán a partir de la [página 62](#)). Podemos imaginar que cada lago se divide en una parte superficial iluminada, cálida y relativamente poco densa, que interactúa con la atmósfera y que va perdiendo paulatinamente sus nutrientes hacia el fondo por gravedad. Esta masa de agua flota sobre una oscura,



más fría y densa, que interactúa con los sedimentos y que cada vez es más pobre en oxígeno y más rica en nutrientes.

Los eventos de mezcla de la columna de agua ocasionados al final del verano determinan la homogeneización vertical de la columna de agua, pudiendo hacer disponible nuevamente los nutrientes (o contaminantes) en las capas superficiales, iluminadas y productivas biológicamente. La mezcla vertical abrupta puede provocar que el oxígeno baje en superficie más allá de lo soportable para algunas de las especies que allí viven. Esos momentos suelen ser cuando los problemas ambientales cobran mayor escala.

## **GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS LAGOS DE CIUDAD DE LA COSTA Y PASO CARRASCO**

Los lagos originados por la extracción de arena forman hoy parte del paisaje característico del sector costero del Departamento de Canelones, brindando diversos beneficios a la sociedad (servicios ecosistémicos). La eutrofización como problemática generalizada en los lagos urbanos de todo el globo, genera recurrentes interferencias en los usos que los miembros de la comunidad realizan en estos ecosistemas.

En el marco del trabajo del Plan de Ordenamiento Territorial de la de la Micro Región de la Costa, hace ya 10 años se aprobó el Decreto Departamental denominado COSTAPLAN, en el que se estableció la categorización del

suelo, zonificación y regímenes específicos. A comienzo de 2011, fruto del trabajo combinado de la Intendencia Departamental y la Universidad de la República, fue sistematizado el diagnóstico de la situación ambiental de estos sistemas (Goyenola et al. 2011).

El esfuerzo sostenido y colaborativo interinstitucional permitió avanzar en la revisión de las bases técnicas para el establecimiento de planes de gestión ambiental (Goyenola et al. 2014), y se consolidó el muestreo periódico que permite evaluar tendencias temporales y comprender en mayor detalle aspectos relevantes de su funcionamiento ecosistémico (Goyenola et al. 2017). El diagnóstico y el seguimiento han permitido avanzar en la generación de pautas para la rehabilitación de lagos específicos, de forma que adopten estados compatibles con el entorno urbano (Fig.2).

Todo el trabajo acumulado ha sustentado la inclusión de un capítulo específico sobre gestión de lagos en la actualización del COSTAPLAN (Decreto departamental 001/2020).

Sustentadas en un adecuado diagnóstico y un sólido marco científico, es posible modificar la estructura y funcionamiento ecosistémico, rehabilitando los lagos de forma que cumplan con estándares pretendidos. Sin embargo, es imprescindible aceptar que no existen recetas mágicas, que los costos suelen ser elevados y que ninguna inversión o intervención única, permitirá solucionar la problemática definitivamente.







Figura 2.- Cambio de estado del lago Lago Shangrilá Sur (setiembre 2018) promovido por cosecha mecánica de las plantas flotantes, seguida por aplicación de un compuesto que inmoviliza el fósforo (2019).

Una vez comenzados, los planes de rehabilitación deben ser seguidos y sostenidos en el tiempo, con la misma lógica que involucra el mantenimiento de un jardín u otro espacio público verde, la recolección de residuos o la eliminación de basurales endémicos. En muchos casos es más adecuado o necesario implementar una combinación de alternativas más que medidas aisladas y, en todos los casos, cualquier opción deberá estar enmarcada en un plan de monitoreo adecuado. El plan de acción debe

ser incremental, tener capacidad de aprendizaje y ajuste adaptativo (Fig.3).

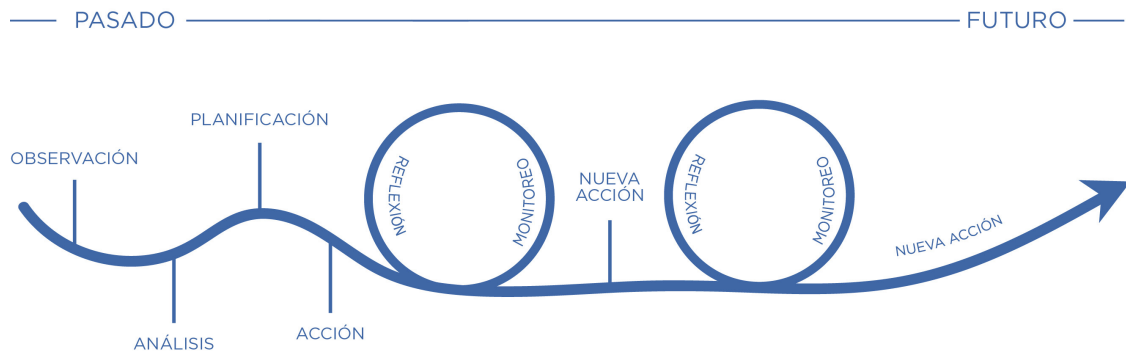


Figura 3. Visión esquemática del marco de gestión ambiental según una estrategia adaptativa (modificado de Colfer 2005<sup>1</sup>).

Implementando un sistema de gestión que tenga base en estos supuestos es que se podrán lograr cambios concordantes con los objetivos definidos. Si bien en un primer análisis puede suponerse que la dificultad es técnica, la clave del éxito está en encontrar el diseño organizacional más adecuado, las vías de financiamiento sostenibles en el tiempo y desarrollar las capacidades humanas y de infraestructura indispensables.

El trabajo colaborativo entre instituciones ha contribuido mucho en esa línea y ha permitido que esa experiencia se proyecte como una referencia insoslayable a escala nacional y regional. El conocimiento adquirido en este proceso permitirá evaluar la factibilidad de aplicar estrategias desarrolladas en este contexto a otros sistemas similares.

<sup>1</sup> Colfer, C. 2005. The complex forest: Communities, uncertainty, and adaptive collaborative management. Resources for the Future, Washington D.C., USA.



## EL ROL CLAVE DEL MONITOREO AMBIENTAL

Los problemas ambientales de los lagos canarios responden a realidades territoriales, ecológicas y socioculturales específicas, y difícilmente puedan ser resueltos con la simple aplicación a ciegas de paquetes tecnológicos desarrollados en otras latitudes. Adicionalmente, no debe perderse de vista que las consecuencias de los problemas de eutrofización generalizados son contexto dependientes. Esto significa que lagos con distintas características sometidos a las mismas presiones, pueden reaccionar de forma muy diferente, lo que hace necesario formular evaluaciones y propuestas a medida.

La gestión ambiental debe encontrar sustento en la generación de conocimiento, de forma de lograr disponer de la información indispensable sobre la estructura y funcionamiento de cada ecosistema durante el proceso de toma de decisiones. La transición hacia esquemas adaptativos de manejo requiere conocer las causas de los éxitos o fracasos de las medidas adoptadas, lo que es dependiente de la generación de conocimiento a partir de planes de monitoreo robustos (Fig.4).



Figura 4.- La cobertura vegetal genera importantes dificultades para la navegación, complejizando y hasta impidiendo los programas de monitoreo de calidad de agua (fotografía 2018).



Diseñado adecuadamente, el monitoreo permitirá también generar alertas tempranas, y sobre esta base realizar recomendaciones a los usuarios, o restricciones a determinados usos. En el caso de las floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas, estas herramientas presentan un gran valor. Esto se potencia con la construcción de puentes entre la investigación científica y la gestión. El programa de monitoreo debe establecerse sobre una base adaptativa y debe ser diseñado por la complementación de estrategias de forma de comprender el estado ambiental y su evolución temporal, tener capacidad de proponer medidas de gestión y rehabilitación, evaluar sus resultados, así como alertar a la población frente a los riesgos ambientales emergentes.

## **EL MONITOREO AMBIENTAL PARTICIPATIVO**

La naturaleza compleja y dinámica de los problemas ambientales requiere una toma de decisiones flexible y transparente que integre la diversidad de conocimientos y perspectivas existentes. Se constituye así el desafío de lograr acercar distintas visiones en torno a la conformación de ámbitos democráticos de intercambio y construcción colectiva, que permitan alcanzar una visión más completa y compleja de la realidad. Este proceso requiere apertura y una buena disposición para escuchar diferentes puntos de vista, aceptando la existencia de diversos intereses que deben dialogar en la búsqueda de soluciones (Fig.5).



En este marco, el Monitoreo Ambiental Participativo (MAP) involucra el relevamiento, el análisis y la comunicación de datos, complejizando la visión del ciudadano sobre las problemáticas que enfrentan los ecosistemas acuáticos.



Figura 5.- Subgrupo trabajando en uno de los talleres del Plan de Monitoreo Participativo de Lagos. Comisión Fomento Shangrilá (2019).

El MAP permite adicionalmente la identificación de problemas y potencia las capacidades locales para incidir en la toma de decisiones, democratizando el acceso a la información más allá de lo que tiene que ver con la colecta de datos.

Este proceso colaborativo permite generar un espacio de discusión e intercambio horizontal entre técnicos, tomadores de decisión e interlocutores de la comunidad con intereses específicos, o que se sienten comprometidos en la búsqueda de soluciones. Es así como se constituye como un eje transversal capaz de integrar una diversidad de perspectivas y análisis, fortaleciendo la gobernanza del agua.

El MAP permite dar un marco científico a un trabajo con aristas socioculturales. Los procesos de MAP constituyen una estrategia vinculante entre la academia y la sociedad, que enriquece el conocimiento, la comprensión y el manejo de la información ambiental por parte de todos los participantes.

## **MONITOREO: LOS COMPONENTES DE LA EXPERIENCIA CANARIA**

Ninguna estrategia de monitoreo única será capaz por sí sola de cumplir con todas las necesidades de conocimiento. Por otra parte, las tareas de monitoreo son costosas, y debe lograrse un adecuado balance entre qué, cuándo y cómo monitorear.

El plan de monitoreo de calidad de agua canario tuvo comienzo en 2008 y se ha ido profundizando en el correr de los años atendiendo a estas tensiones.





En la actualidad la estrategia canaria de monitoreo de los lagos se conforma por la complementación de los siguientes componentes:

- 1 Evaluación rápida de la condición de lagos con acceso público.**  
Muestreo costero semestral de 18 lagos.
- 2 Seguimiento en mayor detalle de un número menor de lagos.**  
Muestreo embarcado semestral de entre 5 y 7 lagos por muestreo.
- 3 Generación de información específica para la construcción de propuestas de gestión dirigidas a lagos específicos.**  
Diversas aproximaciones y frecuencias dependiendo del objetivo; se incluye:
  - Relevamiento batimétrico (profundidad y volumen) de 4 lagos (1 muestreo).
  - Estimación de la carga interna de nutrientes 5 lagos (columna de agua y sedimentos; 2 muestreos).
  - Realización de experimentos de liberación de nutrientes desde los sedimentos a la columna de agua de 5 lagos (3 muestreos).
  - Determinación de niveles de metales de los sedimentos de 4 lagos (1 muestreo).
  - Evaluación de la composición y abundancia de las especies de peces, zooplancton y fitoplancton de 6 lagos (frecuencia variable).
- 4 Establecimiento de un sistema de monitoreo automatizado.**  
Seguimiento de alta frecuencia temporal y discriminación espacial (datos cada media hora y múltiples profundidades) de la calidad de agua. Se trabaja sobre un proyecto de prueba (piloto) para 3 lagos con aproximaciones diferentes. La inclusión de este componente permitirá avanzar hacia la modelación hidronumérica de los lagos, mejorando la comprensión de los procesos fisicoquímicos y biológicos determinantes de la calidad de agua, y brindando elementos para la anticipación de eventos críticos. La experiencia involucra también el ajuste y puesta a punto de la tecnología y la evaluación de factibilidad de la implementación en otros lagos.
- 5 Desarrollo y puesta en funcionamiento de un Programa de Monitoreo Ambiental Participativo de Lagos** (ver próxima sección).
- 6 Evaluación de eventos no previstos.**  
Se acciona frente a mortandades de peces, floraciones cianobacterianas, coberturas vegetales densas, etc. (frecuencia variable).

La información generada con mayor nivel de detalle en un número menor de lagos es tomada como referencia en la gestión de otros lagos. Estos programas de monitoreo de los lagos se complementan con el monitoreo semestral de Laguna del Cisne, ríos, arroyos y playas del departamento. Los datos generados quedarán accesibles a partir de 2020 en la plataforma web y aplicación móvil SIMAS (Sistema Integrado de Monitoreo de Aguas y Playas de Canelones).

## **PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL PARTICIPATIVO DE LAGOS CANARIOS**

El Monitoreo Ambiental Participativo de los Lagos canarios (MAPL) surge como una iniciativa del Gobierno Departamental en conjunto con la Universidad de la República a través del Centro Universitario Regional del Este.

La experiencia desarrollada con carácter piloto durante 2019 contó con la participación activa de vecinos e involucró tanto la formación teórica básica sobre estructura y funcionamiento ecológico de lagos, el análisis de los desafíos de su gestión ambiental, como la capacitación práctica sobre el uso de equipos de monitoreo de calidad de agua adquiridos específicamente (Fig.6). La experiencia permitió generar un ámbito horizontal, donde la generación de conocimiento y el aprendizaje colectivo constituyeron la vía para fortalecer la participación pública en temas ambientales y potenciar el control social sobre lo ocurrido en el territorio.



La continuidad del proyecto durante 2020 se centrará en desarrollar capacidades de interpretación de los datos resultantes.



Figura 6. Entre mayo y noviembre de 2019 se realizaron 6 talleres de capacitación e intercambio con participación de vecinos de Ciudad de la Costa y Paso Carrasco. Los talleres se realizaron en el local de la Comisión Pro-Fomento de Shangrilá, y en las últimas instancias de carácter práctico, se realizaron en el Lago Shangrilá (Calcagno y Gestido) y el Lago Jardín de Lagomar.

Desde el punto de vista ambiental, el MAPL busca contribuir a la evaluación del estado ecosistémico de los lagos de forma complementaria a los demás programas de monitoreo en ejecución desde el año 2008.

Se espera aporte mayor discriminación temporal en la toma de muestras para algunos lagos, mientras en otros podría aportar a cubrir puntos no incluidos en el Plan Permanente de Monitoreo. Podrá también aportar elementos para la anticipación de eventos críticos (como floraciones cianobacterianas), así como comprender las causas de una mortandad de peces.



# ***Objetivos de este libro:***

## **GENERAL:**

Brindar orientación práctica para el monitoreo participativo y relevamiento sistemático de datos de calidad de agua de lagos, en un marco comprensivo y colaborativo.

## **ESPECÍFICOS:**

- » Proveer herramientas que permitan acercar a los vecinos a la comprensión de la dinámica de funcionamiento de los lagos urbanos.
- » Capacitar a los participantes respecto a el uso de equipos para el monitoreo de la calidad del agua y la interpretación de los resultados obtenidos.
- » Potenciar las capacidades locales para la generación de información ambientalmente relevante, para la toma de decisiones individuales y colectivas.
- » Detectar problemas ambientales específicos, preexistentes o emergentes, asociados a los cambios en la calidad del agua.
- » Democratizar el manejo de la información ambiental y aportar a la construcción de un nuevo modelo de gobernanza de los sistemas acuáticos canarios, sobre la base de la transparencia, la participación, el involucramiento y el compromiso de los actores institucionales y la comunidad.



# CAPÍTULO 1

GUÍA SINTÉTICA PARA EL MONITOREO AMBIENTAL  
PARTICIPATIVO DE LAGOS URBANOS



El presente capítulo resume de forma sintética las diferentes etapas para realizar una campaña de monitoreo, destacando aspectos relevantes a considerar para la toma de muestras y obtención de datos. Tenga en cuenta de que en el Capítulo 2 se incluye mayor detalle respecto al uso de cada equipo.





## DESARROLLO DE UNA CAMPAÑA DE MONITOREO

Se prevé que las campañas de **Monitoreo Participativo Ambiental en Lagos de Ciudad de la Costa** se realicen en el marco del **Plan de Monitoreo Participativo de Lagos de la Intendencia de Canelones**, bajo el liderazgo de los vecinos capacitados en instancias previas, y contando con la asistencia técnica del grupo de trabajo del **CURE**.

El muestreo involucra:

- ✓ Determinar directamente en el lago la temperatura y el oxígeno disuelto.
- ✓ Tomar una muestra de agua sobre la cual realizar el resto de las determinaciones.
- ✓ Los datos generados de estas determinaciones deberán ser registrados en la planilla de campo correspondiente ([pág 37](#)), tomando precaución de que no queden campos en blanco.
- ✓ Podrán tomarse muestras para el envío a laboratorio si esto es coordinado previamente.
- ✓ Luego de su uso, los equipos deben ser acondicionados adecuadamente.
- ✓ Los datos generados deberán ser comunicados y respaldados.

## ETAPAS DE UNA CAMPAÑA DE MONITOREO

### 1 MEDIR DIRECTAMENTE EN EL LAGO

Deben tenerse todas las precauciones necesarias para que el operador no corra riesgos. Los lagos generados por la extracción de arena son realmente muy profundos y la caída costera suele ser bastante abrupta.

Si observa acumulación de espuma y coloración verde o turquesa, evite tocar el agua ya que puede involucrar la presencia de cianobacterias con capacidad de generar toxinas.

La valija tiene guantes descartables a disposición.


Si se moja, enjuáguese con agua potable o destilada.


Es imprescindible tomar los recaudos para evitar generar disturbios que puedan modificar las condiciones ambientales en el sitio a muestrear (ej. resuspensión de sedimentos).



## 1.1. TEMPERATURA Y OXÍGENO DISUELTO


? **Cómo:** [Oxímetro OXYGUARD Polaris.](#)

 **Cuidados:** Seleccionar un lugar de acceso seguro y que no se encuentre condicionado por factores estrictamente locales (ej. interferencia de plantas y/o algas, basura, etc.). No permitir que se contamine la muestra (por ejemplo, por resuspensión de sedimentos al caminar). Mantener el sensor bajo la superficie hasta que la lectura se estabilice. Tomar nota antes de sacar el sensor del agua.

 **Datos a registrar:** Temperatura del aire, temperatura del agua, concentración de oxígeno disuelto, % de saturación de oxígeno.

## 2 TOMA DE LA MUESTRA

? **Cómo:** Se toman dos muestras de agua en frascos de 2 litros. Una de ellas se utilizará para llenar el tubo de transparencia y la otra para realizar el resto de las determinaciones.

 **Cuidados:** Seleccionar un lugar de acceso seguro y que no se encuentre condicionado por factores estrictamente locales (ej. interferencia de plantas y/o

algas, basura, etc.). No permitir que se contamine la muestra (por ejemplo, por resuspensión de sedimentos al caminar).


### **Objetivo**


- Realizar las determinaciones de los parámetros restantes.
- Podrán guardarse muestras para su posterior análisis en laboratorio, de otros parámetros que no pueden ser medidos *in situ*. Es necesario coordinar este aspecto previamente.

## **3 MEDICIONES SOBRE MUESTRA DE AGUA**

### **3.1. TRANSPARENCIA**

? **Cómo:** [Con el tubo de transparencia.](#)

 **Cuidados:** Chequear que no se haya resuspendido sedimentos al tomar la muestra. Antes de llenar el tubo, recordar cerrar la válvula de salida de agua en el tubo flexible.

 **Dato a registrar:** Altura de la columna en cm en el momento que comienza a verse el disco.





## 3.2. CLOROFILA A Y FICOCIANINA

? Cómo: [Fluorómetro Aquafluor Turner](#).

🧤 Cuidados: Enjuagar la celda antes de cada determinación empleando agua de la muestra. Evitar mojar el equipo. Inspeccione la celda por suciedad, marcas de dedos o rayas en su superficie, ya que esto podría condicionar la precisión de las mediciones. Utilice un pañuelo para limpiarla. Y de no ser posible, sustitúyala.

📋 Datos a registrar: RFU Cloa, RFU PC.

## 3.3. FILTRACIÓN

? Cómo: [Equipo de filtración](#).

! Consideraciones: Se debe medir el volumen de agua que pasa por el filtro hasta saturarlo. El agua filtrada será utilizada para la determinación de color real (ver punto siguiente).

🧤 Cuidados: [Seguir las instrucciones de uso del equipo de filtración para evitar que se rompa el filtro](#). Si se rompe, descartar y volver a comenzar.




 Datos a registrar:

- Volumen de agua empleado para saturar el filtro.
- Descripción del color del filtro y fotografía de este.
- Determinar color real en la muestra de agua filtrada (ver punto siguiente).
- Muestra para análisis de laboratorio en caso de que se haya coordinado.

### 3.4. COLOR REAL Y APARENTE

? Cómo: [Colorímetro Hach D900.](#)

! Consideraciones: El color aparente se determina utilizando agua sin filtrar y el real utilizando agua filtrada colectada del paso previo.

 Cuidados: Enjuagar la celda antes de cada determinación con la misma agua de la muestra. No mojar el equipo. Utilizar un pañuelo para limpiar la celda, esta no debe estar sucia, con marcas de dedos o rayada.

 Datos a registrar: Color aparente y color real.



### 3.5. CONDUCTIVIDAD

- ? Cómo: [Conductímetro YSI Ecosense](#).
- ! Consideraciones: Corroborar que las unidades sean  $\mu\text{S}$ .
- 👉 Cuidados: No sumergir totalmente el equipo.
- 📋 Dato a registrar: Conductividad expresada en  $\mu\text{S}$ .

### 3.6. pH

- ? Cómo: [pHmetro Horiba](#).
- ! Consideraciones: Corroborar que en la pantalla del sensor aparezca como unidad “pH”.
- 👉 Cuidados: La ampolla de vidrio del sensor es muy frágil.
- 📋 Dato a registrar: Anotar sólo el valor del pH.

### 3.7. ALCALINIDAD

- ¿ Cómo: [Lovibond Comparator kit](#).
- ! Consideraciones: Corroborar que la tableta de alcalinidad se disuelva completamente y que el color del agua dentro de la cubeta sea uniforme.
- 👏 Cuidados: Limpiar bien las cubetas luego de realizar la determinación. Cuidado, se rayan fácilmente.
- 📋 Dato a registrar: Valor de alcalinidad en mg CaCO<sub>3</sub>/L.

### 3.8. TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS EN EL LABORATORIO

Se aplica únicamente si se coordinó previamente la toma de muestras para análisis en laboratorio.

Cada tipo de determinación involucra procedimientos diferentes que serán considerados cuando corresponda.





## 4

### ACONDICIONAMIENTO DE EQUIPOS

Los equipos deberán ser acondicionados adecuadamente. Resulta particularmente relevante su limpieza y secado antes de guardarlos. Esta será la única forma de asegurar una adecuada vida útil.

## 5

### RESPALDO DE DATOS

El respaldo de los datos generados en cada muestreo se realizará mediante diferentes vías con la finalidad de evitar la pérdida de información. Estas son: formato papel de la planilla completada en campo ([pág. 37](#)), registro fotográfico de la misma y transcripción en archivo digital.

Debe chequearse que las fotos permitan leer todo el contenido de las planillas.

Se deberá también contar con un registro fotográfico del lago durante el momento de muestreo, así como también de los filtros generados.









UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



CURE  
Centro Universitario  
Regional del Este



Gobierno de  
Canelones

FUND<sup>OX</sup>CIBA  
FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS BÁSICAS

## PLANILLA DE CAMPO PROGRAMA DE MONITOREO PARTICIPATIVO NO OLVIDE COMPLETAR TODOS LOS ÍTEMS

LAGO:.....	PUNTO:.....
FECHA.....	HORA .....
CONDICIONES METEOROLÓGICAS.....	
PARTICIPANTES.....	

TEMPERATURA AIRE (° C)..... TEMPERATURA AGUA (° C) .....

OXÍGENO (mg/l)..... SATURACIÓN de OXÍGENO (%).....

TRANSPARENCIA (cm) .....

CLOROFILA a (RFU)..... FICOCIANINA (RFU).....

VOLUMEN FILTRADO (ml)..... FOTO DEL FILTRO (marcar si fue tomada)

COLOR REAL (filtrado).....COLOR APARENTE (sin filtrar).....

CONDUCTIVIDAD (µS).....

pH .....

ALCALINIDAD (mg CaCO<sub>3</sub>/l) .....

Muestras para envío a laboratorio (debe ser coordinado) .....

Respaldo de datos

Número de FOTOS DEL LAGO..... número de FOTOS DE LA PLANILLAS .....

OBSERVACIONES (anote aquí todo lo que sea necesario saber respecto al muestreo)

.....  
.....  
.....

# CAPÍTULO 2

¿CÓMO DETERMINAR PARÁMETROS AMBIENTALES?





El presente capítulo integra la información necesaria para la realización de las diferentes determinaciones de parámetros ambientales involucrados en el Programa de Monitoreo Participativo de Lagos.



# 1 TEMPERATURA Y OXÍGENO DISUELTO

## OXÍMETRO OXYGUARD POLARIS



**1.** Para comenzar a utilizar el equipo, presionar el botón de “ON/OFF” por 3 segundos. Las flechas (triángulos) se emplean para desplazar la selección en el menú de pantalla y poder visualizar de diferentes formas cada uno de los tres parámetros que mide el equipo: temperatura (en °C), porcentaje de saturación de oxígeno (% sat) y concentración de oxígeno (en miligramos por litro, mg/L). Utilizando el botón superior derecho con forma de sol es posible regular la intensidad de la luz de la pantalla. Durante su uso el equipo puede apagarse como mecanismo de ahorro de batería. En ese caso, sólo es necesario volver a encenderlo.

2. Chequear que luego de encendido y con el sensor expuesto al aire, el equipo mide aproximadamente 100% de saturación (esperar que se estabilice). Si la medida fuese menor al 95% o superior a 105%, consultar procedimiento de calibración más abajo en esta cartilla.
3. Para la realización de la medida, sumerja el sensor en el agua y espere que los datos se estabilicen (dejen de variar).
4. Tome nota de los valores de los tres parámetros.
5. Para apagar el equipo presione el botón de encendido durante algunos segundos. En caso de que no se apague manualmente, el equipo se apaga automáticamente luego de transcurrido algunos minutos. Para aumentar la vida útil de las baterías se recomienda apagar manualmente.



#### CUIDADOS DEL EQUIPO

Evitar contacto con la membrana ubicada en el extremo del sensor. Antes de guardarlo, deje el sobre de tela azul abierto para que el equipo termine de secar.

**PRODECIMIENTO DE CALIBRACIÓN:** Para calibrar el equipo inspeccione que la membrana del sensor se encuentre sana y limpia. Ubíquela en el aire en un lugar protegido del viento (puede ser dentro del sobre de tela del equipo). Presione el botón OK una vez y la zona destacada en pantalla deberá ubicarse sobre la palabra “*calibrate*”. Presione dos veces más el botón OK y espere que la calibración culmine. Mientras el equipo se calibra aparece el texto “*please wait*” (por favor espere). Al terminar el procedimiento aparece el texto “*calibration done*”. Vuelva a presionar OK y el equipo volverá al modo lectura. Chequee que la determinación se encuentra cercana al 100% de saturación.

## 2 TRANSPARENCIA

### TUBO DE TRANSPARENCIA (MINIDISCO DE SECCHI)



- 1.** Antes de cargar el tubo de transparencia deberá asegurarse que la llave plástica blanca que se encuentra el tramo de tubo flexible no permita el paso de agua.
- 2.** Llene el tubo de transparencia con agua del lago proveniente de uno de los frascos de 2 litros.
- 3.** El operador se ubicará a la sombra (o ubicará el tubo a su sombra) y dispondrá el tubo verticalmente. La determinación involucra observar desde la apertura del tubo sobre la superficie del agua, mientras se abre parcialmente la llave para que el nivel de agua baje lento.



A partir de este momento deberá prestar suma atención para poder visualizar el disco con cuadrantes negros y blancos que se encuentra en el fondo del tubo.

**4.** Ni bien logre percibir visualmente el patrón de cuadrantes blancos y negros del fondo del tubo, tome nota del valor en centímetros de la altura de la columna de agua.

**5.** Se recomienda realizar este procedimiento con la ayuda de alguien más, para que este pueda ver de forma simultánea, la altura en centímetros al cual el disco comienza a observarse.

### 3 PROCEDIMIENTO DE FILTRACIÓN DE AGUA

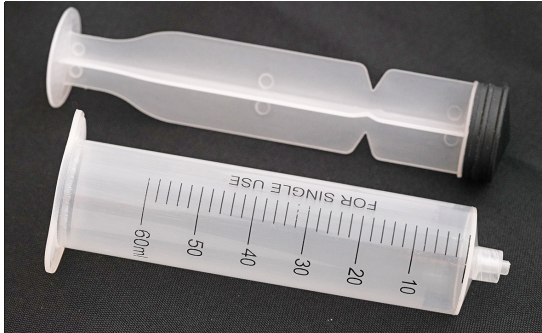
1. Para comenzar, coloque cuidadosamente el filtro de fibra de vidrio en el porta filtros. Utilice la pinza y cuide que quede bien centrado. Para evitar que el filtro se deslice o vuele puede agregar previamente unas gotas de agua sobre el porta filtro.



2. Enrosque cuidadosamente el porta filtro controlando que el filtro se mantenga en posición y no se corte o rompa.



**3.** Antes de colocar la jeringa en el porta filtro deberá quitar el émbolo. Si primero enrosca la jeringa en el porta filtro y luego saca el émbolo, el filtro se romperá y deberá comenzar nuevamente el procedimiento.



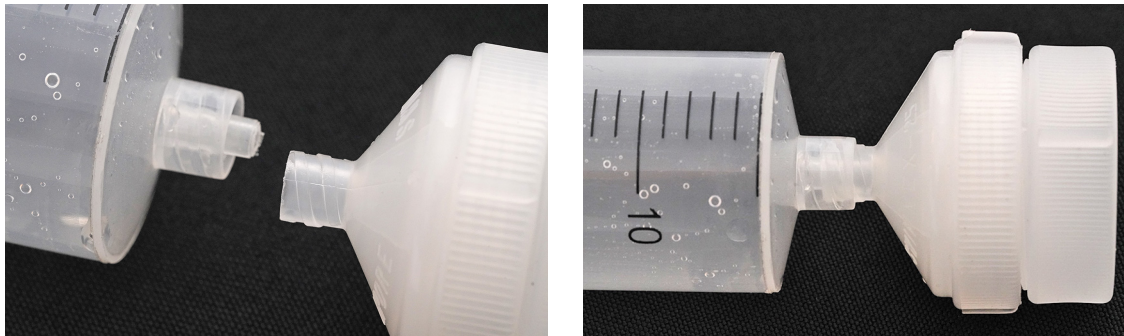
Tenga en cuenta que este procedimiento permite sacar 3 datos:

- volumen que pasa por el filtro hasta que se satura (proporcional al volumen de partículas en suspensión).
- descripción de la percepción visual del color del material retenido en el filtro (dependiente de la naturaleza del material en suspensión y será evaluado subjetivamente).
- color real del agua (sólo con sustancias disueltas) que será medido en el agua filtrada. [Ver protocolo específico.](#)



**LEA EL RESTO DEL PROTOCOLO COMPLETO ANTES DE CONTINUAR.**

4. Enroscar la jeringa al porta filtro. Coloque el agua en la jeringa vertiéndola por el orificio superior. Durante el procedimiento debe ser capaz de medir exactamente el volumen de agua que es pasado por el filtro. Luego de medir el volumen, coloque el émbolo sin perder líquido.



5. Presione el émbolo para que pase el agua por el filtro.

! Conserve parte del agua filtrada para realizar la determinación de color real.





**!** ANTES DE QUITAR LA JERINGA CORROBORE EL SIGUIENTE PASO.

**6.** PRIMERO DEBE RETIRAR EL PORTA FILTRO, ANTES DE QUITAR EL ÉMBOLO DE LA JERINGA.

Si retira el émbolo de la jeringa antes que el porta filtro, generará succión y el filtro se romperá.

Si esto sucede, debe descartar el filtro y recomenzar el procedimiento. Repita el procedimiento hasta que el émbolo de la jeringa presente resistencia (cueste pasar el agua). Esto indicará que el filtro se encuentra saturado. No genere presión extrema ya que el filtro puede romperse.

Para culminar el proceso y antes de abrir el porta filtro, inyecte aire para secar el filtro.

**7.** Desenrosque el portafiltro y retire el filtro utilizando la pinza e intentando no romperlo. Posiciónelo sobre una superficie blanca y bien iluminada y fotografíelo.



**8.** No olvide respaldar todos los datos (volumen filtrado hasta saturar, descripción del color del filtro y determinación de color real) en la planilla correspondiente ([pág. 37](#)).

## 4 CLOROFILA A Y FICOCIANINA

### FLUORÓMETRO TURNER AQUAFLUOR



1. Haga un esfuerzo por tomar la celda siempre por la parte superior para evitar que esta ensucie y se raye. Para comenzar se recomienda limpiar la cubeta con agua de la muestra.
2. Colocar la muestra de agua en la cubeta plástica sin que esta se llene totalmente.
3. Antes de colocar la cubeta en la cámara de muestras asegurarse que esta esté totalmente seca por fuera, secando suavemente los laterales con un pañuelo



descartable. La humedad puede afectar la lectura del equipo. A su vez si en la muestra se observan burbujas de aire, eliminarlas golpeando suavemente con la uña el exterior de la cubeta.

**4.** Trabaje siempre con el fluorómetro apoyado en una superficie horizontal para evitar volcar el agua de la muestra en su interior.

**5.** Para encender el equipo presionar el botón “ON/OFF”.

**6.** Colocar la cubeta en el compartimento de medición. Presionar el botón **A/B**. En la parte inferior izquierda de la pantalla se observa el canal seleccionado. En este caso **A** corresponde a Ficocianina y **B** a Clorofila *a*.

**7.** Luego de seleccionar el canal oprimir el botón “Read” para realizar la lectura correspondiente. Repetir la lectura para cada variable (cambiar de canal y presionar “Read” nuevamente)

**8.** Al finalizar presione el botón “ON/OFF” para apagar el equipo.



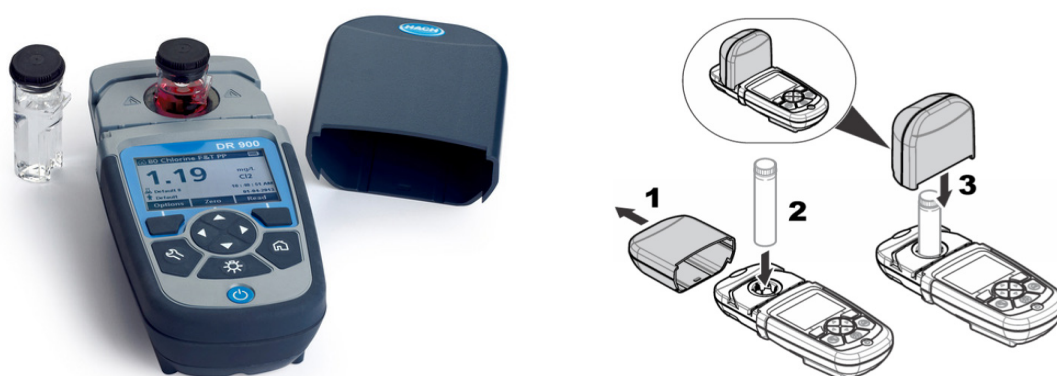
#### CUIDADOS DEL EQUIPO

Evitar mojar el equipo y el compartimento de medición. En caso de que se moje, secar inmediatamente con un pañuelo descartable.

## 5 COLOR REAL Y APARENTE

### COLORÍMETRO HACH D900

Este procedimiento se realizará 2 veces. Una de ellas utilizando agua sin procesamiento previo (color aparente), y la segunda con agua previamente filtrada (color real).



1. Para comenzar, extraer la tapa.
2. Presionar el botón de “ON/OFF” y chequear que el equipo esté en el programa “122 Color”. Si no lo estuviese, oprima el botón izquierdo bajo el texto “Opciones” y seleccione el programa “122 Color” en el menú “Fav/Prog de usuarios”.
3. Haga un esfuerzo por tomar el vial siempre por la parte superior para evitar que esta ensucie y se raye. Cada vez que se coloque un vial en el lector de muestras, asegurarse de limpiar bien el exterior con un pañuelo descartable para evitar errores en la medición.







4. Colocar el vial con agua destilada identificado con la letra B en su tapa, con el rombo blanco hacia delante.
5. Ubique la tapa del equipo cubriendo el vial y oprima la flecha hacia arriba (ubicada bajo el texto “cero” en la pantalla) para calibrar el equipo.
6. Retire la tapa y extraiga el vial B. Tome el vial vacío y enjuague su interior con el agua de la muestra. Complete con la muestra hasta la línea horizontal superior (25 ml). Utilice un pañuelo descartable para limpiar y secar el exterior del vial, asegurándose que no queden marcas o humedad. Colocar el vial en el lector con el rombo hacia adelante. Volver a colocar la tapa y presionar el botón leer. Espere que el equipo informe la lectura.

**7.** Repetir este procedimiento del paso 3 al 4 pero ahora colocando la muestra de agua previamente filtrada (ver pasos para la filtración).

#### CUIDADOS DEL EQUIPO

Al finalizar limpiar el vial con agua destilada, taparlo y secarlo por fuera suavemente con un papel tissue. No descarte el agua destilada del vial B.



## 6 CONDUCTIVIDAD

### CONDUCTÍMETRO ECOSENSE EEC30A



- 1.** Para comenzar a utilizar el equipo presione la tecla “ON/OFF”.
- 2.** Utilice la tecla “mode” para ajustar la unidad del equipo. En este caso se empleará  $\mu\text{S}$  (microSiemens) la cual se muestra en la parte superior izquierda de la pantalla. No lo muestra el equipo, pero la unidad es en realidad microSiemens sobre centímetro, y el dato se encuentra corregido a 25° C.

**3.** Sumergir el electrodo en la muestra con agua. Mover el equipo mientras está sumergido para quitar cualquier burbuja de aire que puede haber quedado adherida a los electrodos.

**4.** Cuando el valor de conductividad se estabilice pulsar la tecla de retención (candado) para retener el valor de conductividad en la pantalla. Presionando nuevamente este botón se desbloqueará la medida y el equipo volverá al “modo de medición”.

**5.** Luego de finalizar la medición oprimir el botón de “ON/OFF”.



#### CUIDADOS DEL EQUIPO

El equipo puede secarse utilizando un pañuelo descartable.





## 7 pH

### PHMETRO HORIBA D-52

1. Tome todas las precauciones para proteger el sensor que es sumamente frágil. La zona más sensible es la burbuja de vidrio en el extremo. Si esta se rompiese, el sensor deberá ser sustituido.
2. Para comenzar a utilizar el equipo es necesario quitar el capuchón protector del sensor de pH el que se encuentra posicionado a presión. Tenga en cuenta que el capuchón tiene un líquido necesario para la buena conservación del sensor. Mantenga la tapa verticalmente para no perder ese líquido.



Si el líquido se perdiera o contaminara, antes de volver a guardar el sensor, ponga un pequeño volumen de la solución de pH 4 (color rosado) que se encuentra en el sobre del conductímetro.

**3.** Oprima el botón “ON/OFF” hasta que se prenda el equipo. Corroborar que en la parte superior izquierda de la pantalla figure la etiqueta pH. En caso de que no figure, oprima la tecla *MODE* hasta que aparezca el texto pH en la pantalla.

**4.** Para realizar una medición:

a. Limpiar el sensor con el agua de la muestra para eliminar el *buffer* pH4.

b. Corra la puerta corrediza gris de forma que quede a la vista una pequeña ventana circular en la pared del sensor. Esa ventana permite visualizar el líquido de la parte interna del sensor. No toque esta área ni permita que se contamine.



- c. Sumerja el sensor en la muestra de agua al menos 3 cm y espere unos segundos hasta que se estabilice el valor de pH.
  - d. Oprima la tecla “*MEAS*” (*measure* significa medir). Si no aparece la palabra “*HOLD*” tintineando, vuelva a presionar la tecla “*MEAS*”.
  - e. El equipo emitirá un BIP cuando culmine el proceso y la palabra “*HOLD*” dejará de tintinear.
  - f. Registre el dato de pH en la planilla ([pág. 37](#)).
5. En caso de querer repetir la medida, simplemente deberá presionar la tecla “*MEAS*”.
  6. Recuerde cerrar la puerta corrediza gris y enjuagar el sensor con agua destilada sin tocarlo. Ubique en su posición el capuchón protector corroborando que mantenga un pequeño volumen del *buffer* pH 4. Si faltase, poner un pequeño volumen de la solución de pH 4 (color rosado) que se encuentra en el sobre del conductímetro. Nunca guarde en agua destilada.
  7. Para finalizar no olvide oprimir el botón “ON/OFF” hasta que el equipo se apague.
  8. Seque exteriormente y guarde.

## 8 ALCALINIDAD

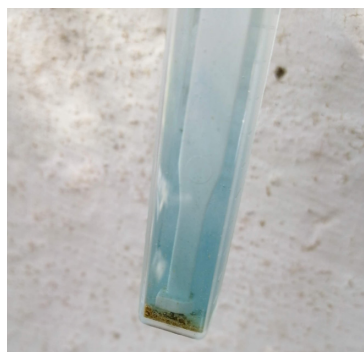
### CHECKIT COMPARATOR LOVIBOND



**1.** Limpie ambas cubetas con el agua de la muestra. Llénelas exactamente hasta la marca de 10 ml y cierre una de las cubetas con la tapa de goma.

**2.** Coloque una tableta ALKACHECK en la cubeta destapada y desagréguela con el mortero plástico. Tape y agite con cuidado la cubeta hasta lograr un

color uniforme en el agua. Asegurarse que la tableta se haya disuelto completamente. Es importante que se respete la medición de los 10 ml para lograr una color final adecuado.





**3.** Coloque ambas cubetas en el compartimiento para la medición de forma que la marca quede hacia adelante. La cubeta que tenga la tableta deberá ser colocada en el compartimiento derecho.

**4.** Ubique el kit a la altura de los ojos y elija una posición en con buena iluminación de fondo.

**5.** Gire la rueda para realizar la medición, hasta que ambos colores se igualen tanto como sea posible. Leer el valor correspondiente de alcalinidad en la escala que figura en la rueda giratoria.



#### CUIDADOS DEL EQUIPO

Las celdas se rayan muy fácilmente, cuídelas. Al finalizar el uso del equipo lavar bien las cubetas con agua destilada y secarlas antes de guardarlas.

# CAPÍTULO 3

¿QUÉ RELEVANCIA TIENE CADA PARÁMETRO AMBIENTAL?



El presente capítulo expone de forma breve aquellos aspectos conceptuales que pueden ser de utilidad en la comprensión de los parámetros ambientales seleccionados.



## TEMPERATURA

La radiación solar provee la energía necesaria para el proceso de fotosíntesis y es la principal fuente de calor en cuerpos de agua naturales. Los lagos se calientan o enfrían siempre desde su superficie, y es fundamentalmente el viento quién se encarga de mezclar la columna de agua. Las diferencias de temperatura dentro de un lago dependen entonces de factores de ubicación como la latitud, la altitud, su forma y su orientación respecto a los vientos predominantes, y la existencia o no de estructuras elevadas costeras que intercepten al viento. Otras condiciones del agua como su transparencia son relevantes también, ya que determinan qué tan profundo penetra la radiación solar.

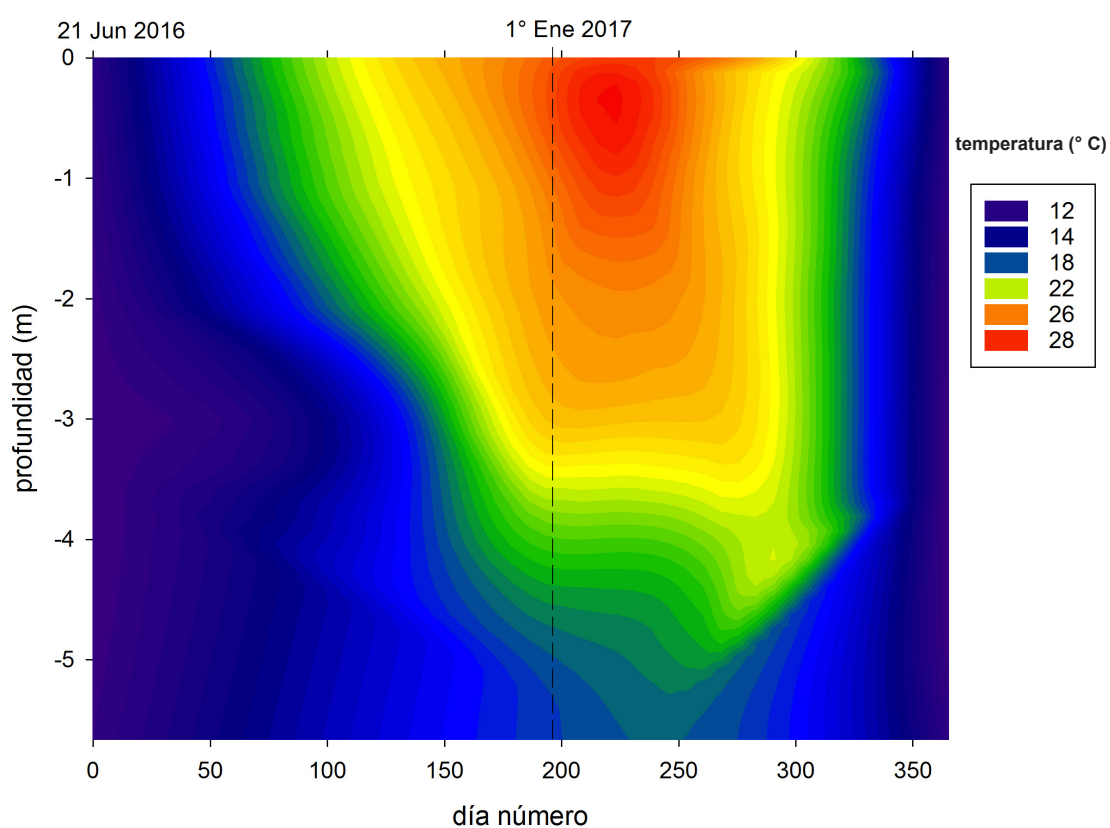
En los lagos con profundidades mayores a los 5 metros, los ciclos de variación de temperatura suelen determinar la circulación de materia entre las capas superficiales y las profundas. Esto a su vez suele determinar el momento y la magnitud en la que se expresan las consecuencias de su estado eutrófico.

Desde la primavera hasta el final del verano, los lagos de Ciudad de la Costa y Paso Carrasco, presentan fuertes diferencias verticales en su temperatura ([pág. 12](#)).





La capa superficial de agua iluminada, cálida y relativamente poco densa, flota sobre una masa, más fría y densa, que interactúa con los sedimentos. Este fenómeno denominado **“estratificación térmica”** establece que la masa de agua profunda vaya disminuyendo su nivel de oxígeno y aumentando el de nutrientes, a medida que pasa el tiempo en el que se encuentra aislada.



Variación de la temperatura del agua con la profundidad, para el período junio 2016-junio 2017. Lago Jardín de Lagomar. Obsérvese como la diferencia vertical de temperatura es intensa en verano e inexistente en invierno.

Mientras perdure la estratificación, la fotosíntesis únicamente puede ocurrir en la capa superficial iluminada, y el transporte vertical de materia es básicamente descendente condicionado por la gravedad. Los sedimentos van aumentando su nivel de nutrientes, sin embargo, su capacidad de retener el fósforo es dependiente de la concentración de oxígeno y el contenido de metales del sedimento. Cuando el nivel de oxígeno en la columna de agua baja mucho, el hierro de los sedimentos se solubiliza y libera el fósforo a la columna de agua.

La ruptura del aislamiento de la capa profunda suele ocurrir al final del verano-principio del otoño, cuando las diferencias de temperatura (y densidad) entre superficie y fondo ya no es tan grande, y la acción de los vientos es suficiente para mezclar la columna de agua. En esas circunstancias, suelen ocurrir cambios abruptos en los niveles de oxígeno, nutrientes y otras variables, lo que condiciona el funcionamiento ecosistémico y la calidad de agua (ver parte inicial lagos urbanos).



**Conocer la temperatura y su variación espacio temporal, es entonces un aspecto básico y fundamental, ya que esta variable establece condicionantes para el funcionamiento de todo el ecosistema.**

La temperatura del agua dependerá del lugar específico en el ecosistema. Siempre es preferible medir la temperatura *in situ*, ya que esta variará rápidamente luego de extraer la muestra. Al tomar datos, intente elegir sitios representativos de la situación del lago. Por ejemplo, no elija zonas a pocos centímetros de la costa, donde las condiciones locales tengan fuerte influencia.

Determinaciones de otros parámetros como oxígeno disuelto, conductividad, pH son dependientes de la temperatura. Los equipos disponibles corrigen automáticamente estas dependencias.

## OXÍGENO DISUELTO

En un cuerpo de agua se produce y a la vez se consume oxígeno. La producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse oxígeno con la atmósfera (difusión o mezcla turbulenta). La concentración total de oxígeno disuelto ([OD]) dependerá del balance entre todos estos fenómenos.

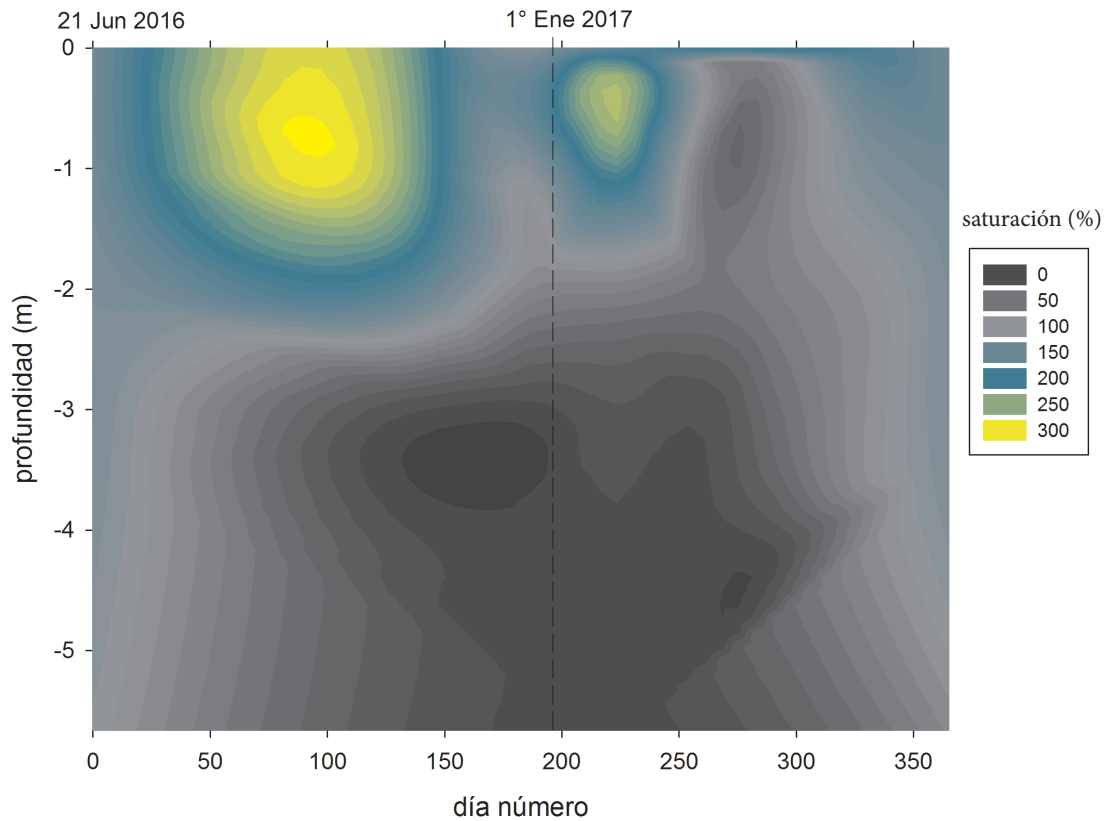
Si es consumido más oxígeno que el que se produce y capta en el sistema, la [OD] caerá, pudiendo alcanzar niveles por debajo de los necesarios para la vida de muchos organismos. Los peces son particularmente sensibles a la hipoxia (baja od).

[OD] mg/L	CONDICIÓN	CONSECUENCIAS
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0.1-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5-8	Aceptable	[OD] adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8-12	Buena	
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética

Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.



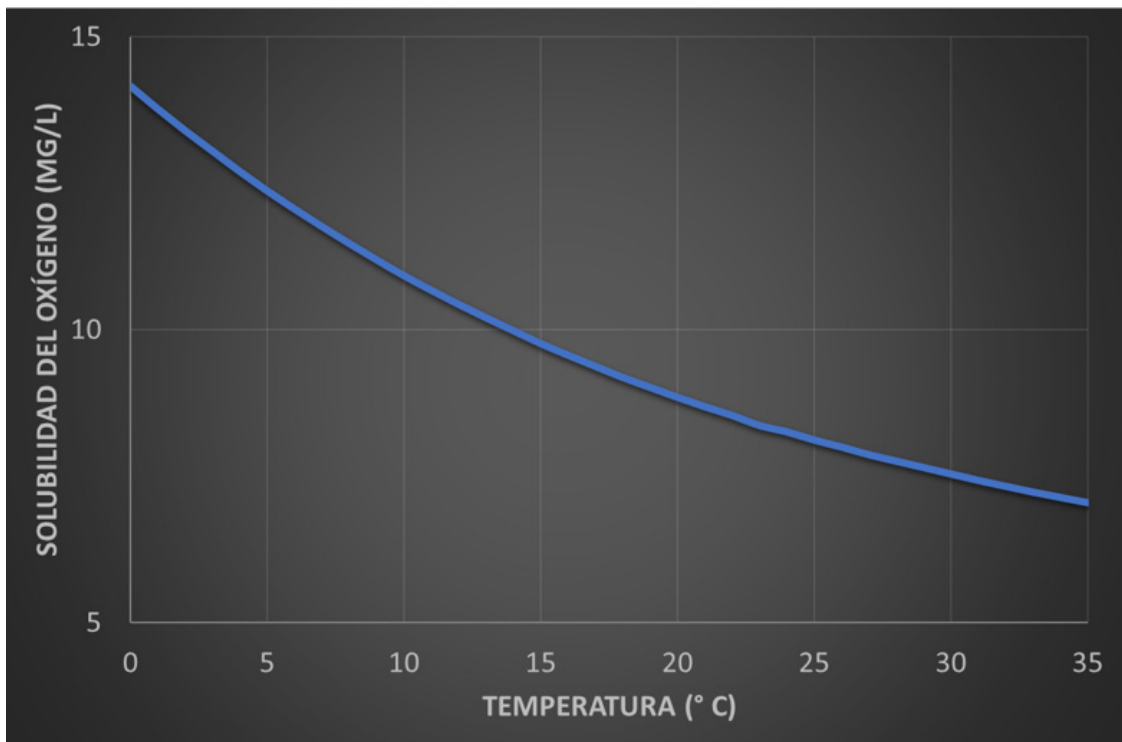
Durante el día cuando la fotosíntesis llega a sus mayores niveles, suelen registrarse las mayores [OD], mientras durante la noche se registran las más bajas. También es posible observar variaciones estacionales.



Variación intra anual de la saturación de oxígeno disuelto en función de la profundidad. Lago Jardín de Lagomar, Ciudad de la Costa, Canelones.



La [OD] será dependiente de la temperatura (Tabla 2). Aguas más cálidas son capaces de disolver menores cantidades de oxígeno. Por esto, el verano o una descarga de agua caliente, puede determinar la disminución del OD a niveles por debajo del límite necesario para algunas formas de vida.



Dependencia de la solubilidad del oxígeno respecto a la temperatura del agua.



Los peces suelen ser más vulnerables a bajas [OD] por la mañana en días cálidos de verano, ya que los organismos fotosintéticos no producen oxígeno desde el atardecer anterior y la solubilidad en el agua es baja por su alta temperatura.

Por otra parte, en los lagos la [OD] puede variar fundamentalmente con la profundidad.

La [OD] se puede expresar en miligramos por litro (mg/L) o en porcentaje de saturación (%). La primera de las opciones expresa directamente la masa de oxígeno por litro de agua, mientras la segunda se expresa como el porcentaje de la concentración de saturación para determinada temperatura (Tabla 2).

Como ejemplo a 14°C el agua disuelve aproximadamente 10 mg/L de OD. Si se miden a esa temperatura 5 mg/L, el porcentaje de saturación será de 50%.

# LUZ, TRANSPARENCIA, TURBIDEZ Y COLOR

## TRANSPARENCIA

Al propagarse en un medio acuoso, la luz se extingue por fenómenos de absorción y dispersión. El agua pura interacciona con la luz y contribuye a su extinción, pero si consideramos además las sustancias que se encuentren disueltas y las partículas en suspensión, podemos imaginarnos que los sistemas acuáticos presentaran una zona iluminada en su superficie, tornándose cada vez más oscura en función del aumento de la profundidad, el color y turbidez del agua.

Aguas con aspecto barroso (achocolatado) adquieren esa coloración por la suspensión de sedimentos por acción del viento, corriente, o por aportes externos. Entre los últimos, la erosión en la cuenca de drenaje o la descarga de efluentes, pueden aumentar el nivel normal de sedimentos en suspensión disminuyendo la penetración de la luz en el agua, y a su vez afectando o limitando la capacidad de vida de algunas comunidades biológicas.

Para los lagos, determinar la profundidad a la que penetra la luz define la extensión de la zona litoral, ya que informa sobre cuál es la porción de la columna de agua en la que podría realizarse fotosíntesis y, por lo tanto, vivir plantas. En algunos sistemas es frecuente encontrar aguas turbias verdosas, dominadas por organismos fotosintéticos microscópicos (fitoplancton).



En general, en las aguas naturales traslúcidas, pero con colores amarillo-rojizo-marrones predominan sustancias húmicas disueltas provenientes de la descomposición de vegetal.

La metodología más común para determinar la transparencia involucra la utilización del disco de Secchi, un círculo de 20 o 25 cm de diámetro, dividido en cuadrantes pintados alternadamente de negro y blanco, suspendido de una cuerda graduada. El disco se sumerge del lado sombreado de la embarcación (o el muelle) hasta que deja de verse. Se registra la profundidad y vuelve a subirse hasta que nuevamente se haga visible. Luego se promedian estas dos medidas (desaparición con disco descendiendo y aparición en ascenso) para obtener una medida dependiente de la transparencia del agua. Se clasifica como sistemas de aguas claras a los que presentan lecturas de Secchi mayores o iguales a un metro.



Para el Monitoreo Participativo, el disco de Secchi presenta dos grandes limitaciones: 1) debe ser utilizado desde una embarcación o un muelle cercano a la superficie del agua y 2) en zonas con extensa cobertura de plantas acuáticas sumergidas, seguramente deje de observarse el disco al taparse con las plantas y no porque la transparencia del agua sea baja. En este sentido, será sustituido por el tubo de transparencia como metodología alternativa.

## COLOR

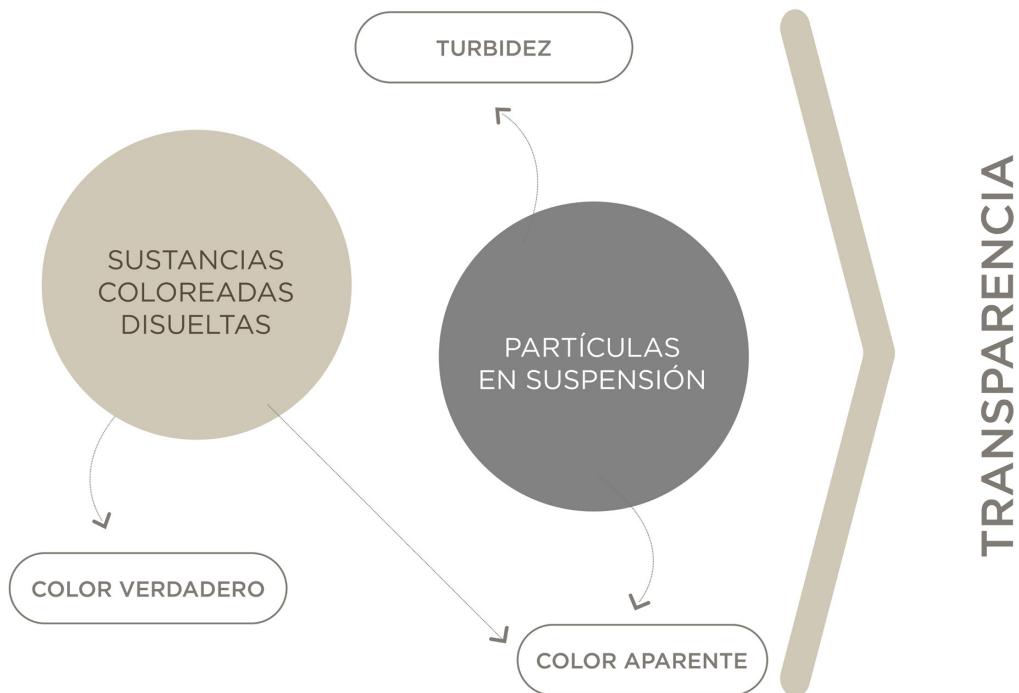
El color del agua dependerá tanto de las sustancias que se encuentren disueltas, como de las partículas que se encuentren en suspensión. Se clasifica como “color verdadero” al que depende solamente el agua y sustancias disueltas, mientras el “color aparente” es el que incluye las partículas en suspensión (que a su vez generan turbidez). El color aparente es entonces el de la muestra tal como la obtenemos en el sistema a estudiar. Para determinar el color verdadero, es necesario filtrarla para eliminar todas las partículas suspendidas.





## TURBIDEZ

La turbidez depende de los materiales en suspensión en el agua (como sedimentos, microorganismos, jabón), que atenúan, absorben y reflejan la luz incidente (fig. 2). Estas partículas pueden ser retenidas utilizando un filtro con tamaño de poro adecuado.



Relaciones entre turbidez, transparencia y color.

## MICROALGAS Y CIANOBACTERIAS

¿Qué son y por qué son importantes?

El fitoplancton (microalgas y cianobacterias) constituye la comunidad suspendida en la columna de agua que utiliza la radiación solar como fuente de energía para sustentar los procesos de fotosíntesis. La transparencia del agua, la disponibilidad de nutrientes y la temperatura, tienen consecuencia directa sobre su desarrollo. Los organismos herbívoros pueden también modular su abundancia por predación. Cuando las condiciones son propicias, tanto las microalgas como las cianobacterias pueden alcanzar altas densidades, un fenómeno que se denomina floración (o en inglés *bloom*).



Algunas cianobacterias tienen la capacidad de producir toxinas altamente nocivas incluso para el hombre.

Todos los organismos fotosintéticos-verdes presentan clorofila *a*. Las cianobacterias son el grupo evolutivamente más primitivo (han estado presentes en la Tierra por miles de millones de años) y presentan también otros pigmentos. Entre las dulceacuícolas es característico el pigmento azulado (cian) llamado ficocianina. La clorofila *a* es utilizada como indicadora indirecta de la abundancia fitoplanctónica total. La ficocianina es utilizada como indicadora indirecta de la abundancia cianobacteriana.

## CONSIDERACIONES RELEVANTES

Dado el potencial tóxico de las cianobacterias, resulta necesario tomar precauciones en los usos del agua en momentos donde surja una floración de esta comunidad.

## CONDUCTIVIDAD

¿Qué es y por qué es importante?

Al determinar la conductividad se evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica. Es una medida indirecta de la cantidad de iones en solución (entre ellos cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio).

La conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua (cuenca). Por ejemplo, aguas que corren en sustrato graníticos tienden a tener menor conductividad, ya que ese sustrato está compuesto por materiales que no se ionizan.

Descargas de aguas residuales suelen aumentar la conductividad debido al aumento de la concentración de iones. Debe tenerse en cuenta que derrames de hidrocarburos (aceites, petróleo), compuestos orgánicos como aceites, fenol, alcohol, azúcar y otros compuestos no ionizables (aunque contaminantes), no modifican mayormente la conductividad.

La unidad básica para medir la conductividad es el Siemens por centímetro. El agua destilada tiene una conductividad en el rango de 0,5 a 3 microSiemens/cm (un  $\mu\text{S}$  es la millonésima parte de un Siemens).



Cada cuerpo de agua tiene un rango relativamente constante de conductividad, que una vez conocido, puede ser utilizado como línea de base para comparaciones con otras determinaciones puntuales. Cambios significativos pueden ser indicadores de eventos puntuales de contaminación.

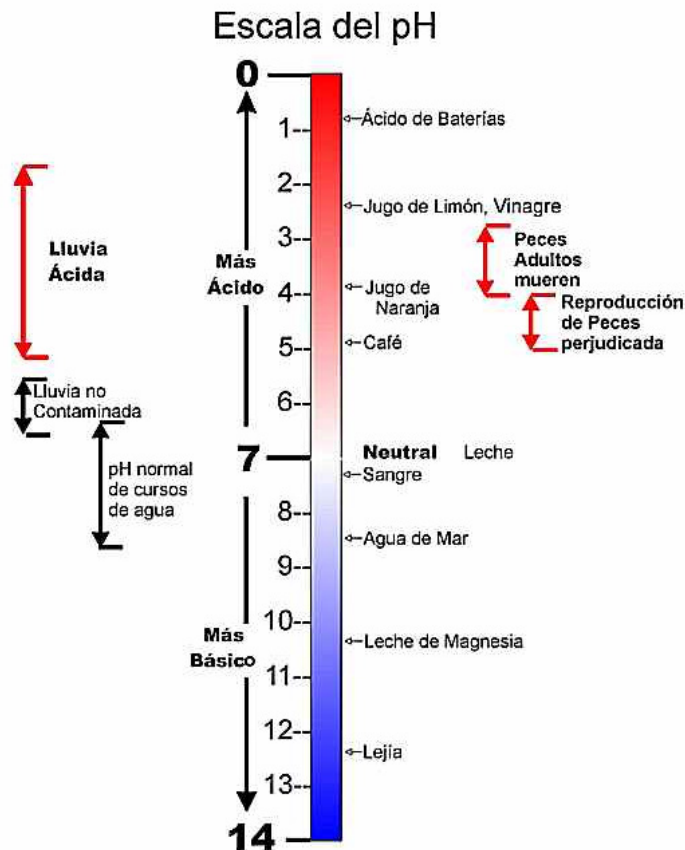
La conductividad de nuestros sistemas continentales generalmente es baja, variando entre 50 y 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En sistemas dulceacuícolas, conductividades por fuera de este rango pueden indicar que el agua no es adecuada para la vida de ciertas especies de peces o invertebrados. Algunos efluentes industriales pueden llegar a tener más de 10.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Es por esto por lo que la conductividad es una medida generalmente útil como indicador de la calidad de aguas dulces.



# pH

## ¿Qué es y por qué es importante?

Desde una aproximación simplificada, el pH puede definirse como una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14. Una solución con un pH menor a 7 se dice que es ácida, mientras que si es mayor a 7 se clasifica como básica. Una solución con pH 7 será neutra.



Escala de pH. El rojo simboliza pHs ácidos, mientras el azul básicos (tomada de <http://archive.idrc.ca>).



Los cambios en la acidez pueden ser causados por la actividad propia de los organismos, deposición atmosférica (lluvia ácida), características geológicas de la cuenca y descargas de aguas de desecho. El pH afecta procesos químicos y biológicos en el agua.

La mayor parte de los organismos acuáticos prefieren un rango entre 6,5 y 8,5. pHs por fuera de este rango suele determinar disminución en la diversidad, debido al estrés generado en los organismos no adaptados. Bajos pHs también pueden hacer que sustancias tóxicas se movilicen o hagan disponibles para los animales.

La determinación de pH debe ser realizada preferentemente dentro de las 2 primeras horas a partir de la colecta, ya que puede cambiar por interacción con el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) atmosférico.

## ALCALINIDAD

Definimos la alcalinidad total como la capacidad del agua para neutralizar ácidos, representado la suma total de las bases presentes. Dado que la alcalinidad de aguas dulces superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas. No sólo representa el principal sistema amortiguador (tampón, *buffer*) del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva de  $\text{CO}_2$  para la fotosíntesis.

Internacionalmente es aceptada una alcalinidad mínima de 20 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  para mantener la vida acuática. Cuando las aguas tienen alcalinidades inferiores se vuelven muy sensibles a la contaminación, ya que no tienen capacidad para oponerse a las modificaciones que generen disminuciones del pH (acidificación).





## DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Goyenola G, Acevedo S, Machado I, Mazzeo N (2011) **Diagnóstico del Estado Ambiental de los Sistemas Acuáticos Superficiales del Departamento de Canelones. Volumen II: Lagos del Sector Suroeste del Departamento.** En: Goyenola G (Ed) Informe Desarrollo de Línea de Base sobre Calidad de Agua 2008-2009. Plan Estratégico Departamental de Calidad de Agua (PEDCA). Comuna Canaria; Facultad de Ciencias, Canelones, 15 pp.

Goyenola G, Teixeira-de Mello F, Mazzeo N, Bianchi P, Fuentes M, Benítez C, Pacheco JP, Fosalba C (2014) **Bases técnicas para el establecimiento de un plan de gestión ambiental de los lagos de la Ciudad de la Costa y zonas aledañas.** CURE-UDELAR; Comuna Canaria, Maldonado, 130 pp.

Goyenola G, Vidal N, Acevedo S, Cabrera S, Fosalba C, Teixeira-de Mello F, Calvo C, Tesitore G, Gaucher L, Iglesias C, López-Rodríguez A, Burwood M, Corrales N, Olsson D, Levrini P, Pacheco JP, Capuccio L, Urtado L (2017) **Sistemas Acuáticos Canarios. Estado del conocimiento y gestión ambiental. Informe Ambiental Estratégico.** Centro Universitario Regional Este/Universidad de la República; Comuna Canaria, Canelones, 53 pp.



## AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer especialmente a los compañeros del equipo de trabajo, Javier García y Martín Pacheco, quiénes acompañaron y colaboraron en esta experiencia de construcción colectiva.

Además, agradecer a la Comisión Pro-Fomento de Shangrilá por brindar sus instalaciones para realizar los talleres, estando todos sus integrantes siempre con la mejor disposición para aportar por el bien común.

Agradecer a las autoridades del CURE y al personal de FUNDACIBA por hacer posible el desarrollo de este proyecto. A Leonardo Herou, en nombre de todos los representantes del gobierno departamental y municipal, por haber apostado a vincular la academia, la gestión y la ciudadanía, en un viaje intelectualmente provocador, innovador y no exento de piedras en el camino.

Por último, agradecer al grupo de vecinas, y al puñado de valientes vecinos, que pusieron y ponen su tiempo, esfuerzo y ganas para que esto sea posible.







## RESEÑA AUTORES

**GUILLERMO GOYENOLA** | Biólogo por vocación y montevideano de nacimiento, hace ya 20 años que abandonó la capital rumbo al interior de la República. Estudió en la Facultad de Ciencias la Licenciatura, y poniendo el foco en la ecología de ecosistemas, se entretuvo con lagos y peces en la Maestría, y con nutrientes, producción y arroyos en el Doctorado. Un apasionado de aprender y comprender, al que el tiempo nunca le es suficiente. Desde hace ya más de una década ha puesto énfasis en el estudio de los sistemas acuáticos canarios. Desde el 2010 es docente e investigador a tiempo completo del Centro Universitario del Este de la Universidad de la República. Desde el 2006 es padre. Hoy cuenta con una preciosa familia y dos increíbles retoños.



**LUCÍA URTADO** | Nacida en Canelones en el 94 y oriunda de Atlántida, encontró su vocación apenas comenzó su carrera de grado. Actualmente finalizando la licenciatura en gestión ambiental, su vínculo con la naturaleza la llevó directo a las aguas. Con un fuerte interés sobre la gestión de los recursos acuáticos y atraída por el desafío de vincular la participación social con la conservación de estos ecosistemas, desde el 2016 ha enfocado su trabajo sobre estas líneas.



# GUÍA PARA EL MONITOREO PARTICIPATIVO DE LAGOS EUTRÓFICOS URBANOS

CIENCIA-GESTIÓN-PARTICIPACIÓN

1ª edición



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



CURE  
Centro Universitario  
Regional del Este



Gobierno de  
Canelones

FUND~~EX~~CIBA  
FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS BÁSICAS