

# El aporte de la ciencia ciudadana para generar un monitoreo visual de cianobacterias en el embalse Los Molinos, Córdoba, Argentina

The contribution of citizen science to generate a visual monitoring of cyanobacteria in Los Molinos reservoir, Córdoba, Argentina

A contribuição da ciência cidadã para gerar um monitoramento visual de cianobactérias no reservatório Los Molinos, Córdoba, Argentina

RECIBIDO: 21/4/2020 → APROBADO: 16/10/2020 ✉ raquel.bazan@unc.edu.ar

- ✉ BAZÁN, RAQUEL (1); COSSAVELLA, ANA (1); CALVIMONTE, HELENA (1) (2); DÍAZ LOZADA, JOSÉ (1)(5); GARCÍA, CARLOS MARCELO (1)(5); CARNICELLI, GABRIEL (2); CASAS, AGUSTINA (1); JOSE, GRETA (1); GERS CALAMUCHITA (3), ESCUELA ALFONSINA STORNI (4)  
 (1) UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES. CÓRDOBA, ARGENTINA.  
 (2) ADMINISTRACIÓN PROVINCIAL DE RECURSOS HÍDRICOS (APRHI), CÓRDOBA, ARGENTINA.  
 (3) GRUPO ESPECIAL DE RESCATE Y SALVAMENTO (GERS), CALAMUCHITA. CÓRDOBA, ARGENTINA.  
 (4) ESCUELA ALFONSINA STORNI, POTRERO DE GARAY. CÓRDOBA, ARGENTINA.  
 (5) INSTITUTO DE ESTUDIOS AVANZADOS EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA (IDIT)-CONICET, RÍO CUARTO. CÓRDOBA, ARGENTINA.

## RESUMEN

La ciencia ciudadana promueve la contribución activa de los ciudadanos en proyectos científicos a través de sus esfuerzos, conocimientos, herramientas y recursos. La comunidad que reside en cercanías de un embalse es quien sufre las principales consecuencias de las floraciones de cianobacterias, y suele poseer un conocimiento popular de la problemática y un gran entusiasmo en colaborar en tareas de investigación. En este trabajo se describe una iniciativa conjunta entre la comunidad, la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, el Grupo Especial de Rescate y Salvamento de Calamuchita y la Administración Provincial de Recursos Hídricos. Este trabajo incluye el monitoreo colaborativo de floraciones de cianobacterias en el embalse Los Molinos, una experiencia inédita en los embalses de la provincia de Córdoba (Argentina). Se describe la transparencia medida con disco de Secchi como un excelente indicador para uso recreativo. Se destaca la participación

de los alumnos de la escuela Alfonsina Storni, de Potrero de Garay, y el personal del Grupo Especial de Rescate y Salvamento, quienes reportan datos valiosos sobre el estado del embalse en relación con las floraciones de cianobacterias y transmiten a sus familias, compañeros de trabajo y comunidad los conocimientos co-construidos.

**PALABRAS CLAVE:** calidad de agua, uso recreativo, cianosemáforo.

## ABSTRACT

Citizen science involves the participation of the entire community in scientific activities and promotes the active contribution of citizens in research projects through their efforts, knowledge, tools and resources. The community living nearby a reservoir suffers the main consequences of cyanobacteria blooms and usually has a popular knowledge of the problem and a great enthusiasm to collaborate in research tasks. This study describes a joint project between the community and the Faculty of Exact, Physical and Natural Sciences of the National University of Córdoba, the Special Rescue Group of Calamuchita and the Provincial Administration of Water Resources. This initiative includes the collaborative monitoring of cyanobacterial blooms in Los Molinos reservoir in an unprecedented experience in reservoirs in the province of Córdoba (Argentina). Secchi depth is described as an excellent indicator for recreational use. The participation of students of the Alfonsina Storni school in Potrero de Garay and of the Special Rescue Group of Calamuchita, who reported valuable data on the reservoir conditions in relation to cyanobacterial blooms and transmit the main results and conclusions to their families, coworkers and the whole community, is here underscored.

**KEYWORDS:** water quality, recreational use, cyanosemaphore.

## RESUMO

A ciência cidadã promove a contribuição ativa dos cidadãos em projetos científicos através de seus esforços, conhecimentos, ferramentas e recursos. A comunidade que reside nas proximidades de um reservatório sofre as principais consequências das florações de cianobactérias e geralmente possui um conhecimento popular da problemática e um grande entusiasmo em colaborar nas tarefas de pesquisa. Este trabalho descreve uma iniciativa conjunta entre a comunidade e a Faculdade de Ciências Exatas, Físicas e Naturais da Universidade Nacional de Córdoba, o Grupo Especial de Resgate e Salvamento de Calamuchita e a Administração Estadual de Recursos Hídricos. A iniciativa inclui o monitoramento de florações de cianobactérias no reservatório Los Molinos, Córdoba-Argentina. A transparência medida do disco de Secchi é descrita como um excelente indicador para uso recreativo. Destaca-se a participação de alunos da escola Alfonsina Storni em Potrero de Garay e os funcionários do Grupo Especial de Resgate e Salvamento, os quais relatam dados valiosos respeito do estado do reservatório em relação às florações de cianobactérias e transmitem o conhecimento co-construído a suas famílias, colegas de trabalho e comunidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** qualidade da água, fins recreativos, cianosemáforo.

## INTRODUCCIÓN

Las cianobacterias son microorganismos fotoautótrofos que crecen en aguas ricas en nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno), y representan un problema cuando se multiplican rápidamente, dando origen a una floración. Generalmente, esto ocurre en aguas cálidas, de escaso movimiento y como consecuencia del proceso de eutrofización. Cuando se forma una floración de cianobacterias, a menudo el agua cambia de color, observándose un verde intenso que muchas personas describen como similar a una “mancha de pintura”, y además se percibe un olor desagradable. El potencial impacto de las cianobacterias se encuentra relacionado a la salud pública, a la biodiversidad y a la problemática ambiental, y trae aparejado pérdidas económicas (UNESCO, 2009; Chorus y Bartram, 1999). Particularmente, en el embalse Los Molinos (ELM), Bazán y otros (2014) y Cossavella (2003) han mencionado que el aporte de líquidos residuales provenientes de complejos turísticos, clubes y asentamientos de la cuenca (sin adecuado tratamiento); el mal manejo de suelos; la quema de pastizales y del monte serrano; así como las escorrentías agrícolas y ganaderas provenientes del área de aporte, contribuyen al deterioro de la calidad del agua del embalse. Tal deterioro ha sido observado por parte de la población de Potrero de Garay, quien manifestó su preocupación a fines de 2017 tras recibir agua de coloración verdosa y desconocer si podía ser usada para fines domésticos y/o consumo. Esta situación local no es ajena a la problemática global de la eutrofización que diversos autores (Argentina. Ministerio de Salud de la Nación Argentina, Dirección Nacional de Determinantes de la Salud, 2017; UNESCO, 2009; Codd, et al., 1999; Amé, et al., 2010; Galanti, et al., 2013) señalan como una amenaza para la salud pública debido a las actividades de recreación y consumo de agua humana, como una preocupación ambiental por el efecto de bioacumulación de cianotoxinas y como una pérdida económica por afectar el turismo, el valor paisajístico y la pesca. Dichas consecuencias del problema de eutrofización y el logro de una red de trabajo interinstitucional creada durante dos décadas de monitoreo ininterrumpido en el ELM fueron los principales motivos que originaron el presente trabajo.

Desde el año 1999, en el ELM se realiza un Programa de Monitoreo Permanente de Calidad de Agua, conducido por la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba (FCEFYN), con el valioso apoyo de la Administración Provincial de Recursos Hídricos (APRHI), el Grupo Especial de Rescate y Salvamento (GERS), de Calamuchita y la empresa Aguas Cordobesas S.A., como actual concesionaria de la provisión de agua potable para la ciudad de Córdoba. A pesar de los grandes esfuerzos que llevan a cabo las instituciones intervinientes, la distribución espacial y temporal en que se manifiestan las floraciones, sumado a que las instituciones involucradas en el programa no pueden arribar rápidamente al área de estudio, resulta dificultoso el registro, la caracterización y el estudio de todas las floraciones que ocurren en el ELM. Una manera novedosa de resolver las dificultades mencionadas es involucrar a los lugareños en el monitoreo visual de floraciones de cianobacterias a través un proyecto de ciencia ciudadana.

La ciencia ciudadana permite a la sociedad avanzar en una mejor comprensión del entorno, o de los riesgos ambientales, y a menudo conlleva una mayor implicación en la conservación del ambiente y el empoderamiento de los ciudadanos. Por lo tanto, beneficia tanto al colectivo científico como a la ciudadanía (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales, s.d.). Paul y otros (2018) definen como ciencia ciudadana a la participación del público en general en distintas etapas de los proyectos de investigación que involucran la recolección, la interpretación y el análisis de datos. Los proyectos de ciencia ciudadana se han implementado en distintas disciplinas como, por ejemplo, en ciencias de la salud (Swan, 2012), en ecología (Kobori, et al., 2016; Silvertown, 2009) y en otras ciencias ambientales como la geomorfología (Behrens, et al., 2009) y la hidrología (Le Coz, et al., 2016). Los proyectos que involucran a los ciudadanos como participantes están en auge en la actualidad, aunque las raíces de la ciencia ciudadana se remontan a los comienzos de la ciencia moderna (Silvertown, 2009). Este auge está beneficiado por los acelerados desarrollos tecnológicos de instrumental de bajo costo y de fácil uso que están a disposición de los ciudadanos, y por la utilización de las redes sociales que permiten reportar rápidamente las observaciones (Le Coz, et al., 2016). En particular, para el seguimiento y monitoreo de cianobacterias, en el año 2013, el Laboratorio de la Región de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Comisión Interestatal de Control de la Contaminación del Agua de Nueva Inglaterra invitaron a profesionales científicos, ciudadanos sin formación científica y profesionales del agua capacitados a llevar a cabo un Monitoreo de Cianobacterias Colaborativo denominado CMC, según NALMS (s.d.) y USEPA (2017).

El monitoreo visual de un cuerpo de agua es una herramienta útil ya que genera información valiosa en tiempo real para el seguimiento de la calidad del agua, brindando datos complementarios a los generados en los muestreos programados. Su fortaleza radica en que posibilita el involucramiento de la ciudadanía, la cual se convierte en una parte fundamental de la investigación, ayudando a la prevención y la comunicación de los riesgos de las floraciones de cianobacterias, ya que muchas veces están visibles en un periodo corto de tiempo y en lugares determinados, ampliando así la cobertura de la vigilancia (Matthews, et al., 2018). La propuesta inédita para los embalses de Córdoba surge en el contexto de dos proyectos de compromiso social estudiantil de FCEFyN, denominados CYANO (Control y Alerta de Niveles Observados de Cianobacterias) y MATTEO (Monitoreo Automático del Tiempo en Escuelas y Organismos). La misma se originó para dar respuesta a una preocupación de la población de la localidad de Potrero de Garay y de algunos representantes del Grupo Especial de Rescate y Salvamento (GERS) de Calamuchita, quienes presentaron irritación en la piel y/o problemas gastrointestinales luego de tener contacto directo con el agua durante su entrenamiento físico o de rescate acuático como parte de su labor profesional cotidiana. Ambos proyectos de compromiso social estudiantil trabajaron en conjunto con la escuela Alfonsina Storni de Potrero de Garay para llevar a cabo las tareas de recopilación y registro de datos, y de educación y concientización sobre la problemática ambiental de las cianobacterias. Los participantes ciudadanos realizaron diferentes actividades relacionadas a la recopilación, el diseño y el análisis preliminar de los datos, por

lo que se encuadra como un proyecto de ciencia ciudadana colaborativo (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales, s.d.). El objetivo principal de este trabajo es presentar el desarrollo de un monitoreo visual de floraciones de cianobacterias mediante un proyecto educativo y de ciencia ciudadana con el fin de contribuir a una nueva cultura científica y a un escenario en red transdisciplinario y multisectorial.

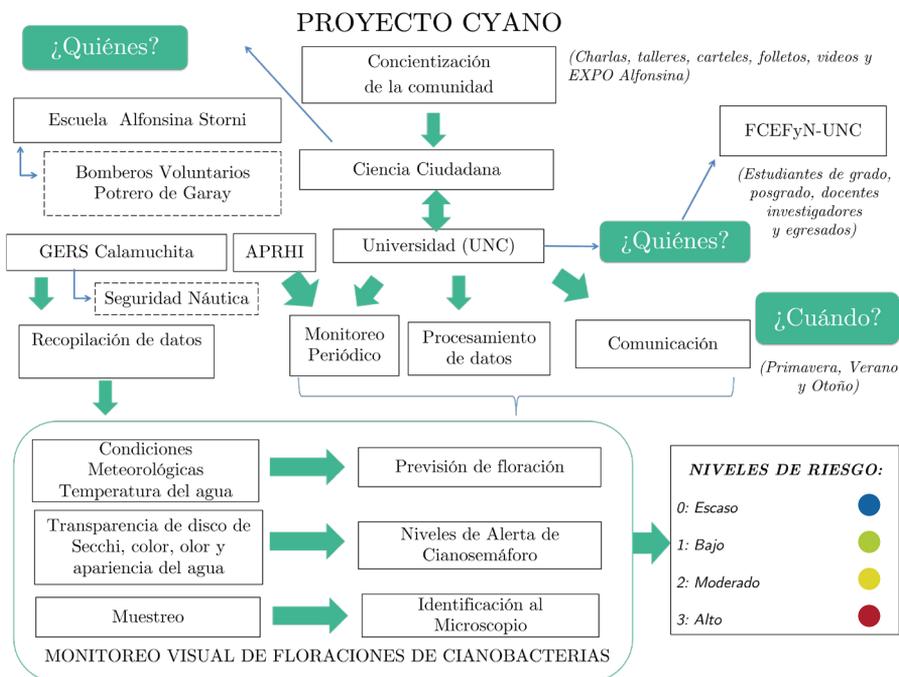
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El ELM, construido en el año 1953, se encuentra ubicado en el Valle de Los Reartes, en el límite de los departamentos Santa María y Calamuchita (31° 43' 30" S y 64° 32' 20" W); a 65 km al sudoeste de Córdoba capital, y su principal vía de acceso es la ruta provincial N°5. El ELM posee un volumen de 307 hm<sup>3</sup> a cota de vertedero, localizado a 53 metros desde la base de la presa, con una profundidad media de 14 metros. En estas condiciones, la superficie inundada es de 24,5 km<sup>2</sup>. La cuenca de aporte de dicho embalse es de 978 km<sup>2</sup> (Bazán, 2006). El ELM posee usos múltiples y es el segundo más grande de la provincia de Córdoba, Argentina. Es considerado uno de los atractivos turísticos más importantes de la provincia y en los últimos años se promueve como un lugar privilegiado para el desarrollo de diversas actividades náuticas (kitesurf, esquí, wakeboard, kayak, vela, pesca deportiva) y como oferta de diferentes productos inmobiliarios. Además, en sus costas se ofrecen diversos servicios tales como guardería de lanchas, escuelas de kitesurf, cabalgatas, restaurantes y confiterías con vistas al embalse. Se encuentra rodeado por cuatro comunas principales: Los Reartes, Ciudad Parque Los Reartes, Villa Ciudad de América y Potrero de Garay. Las mismas cuentan con una población de: 1.426, 1.165, 765 y 1.323 habitantes, respectivamente. En la última década, las cuatro comunas del perillago han mostrado un progresivo crecimiento y, particularmente Potrero de Garay ha alcanzado una población de 5.000 habitantes permanentes. Dicha población permanente llega a triplicarse durante el periodo estival debido a la intensa actividad turística. Este patrón de crecimiento de la población no permanente durante el verano es similar en todas las comunas de la cuenca del ELM. Se destaca que, de las cuatro comunas del perillago, Potrero de Garay distribuye agua directamente desde el ELM sin un previo tratamiento de potabilización. Las restantes comunas se proveen de agua subterránea. Por otro lado, el ELM representa la segunda fuente de abastecimiento para el 30% de la población de la zona centro y sur de la ciudad de Córdoba (500.000 habitantes). No obstante, se destaca que debido al sistema de conducción a canal abierto y por el recorrido que hace el agua desde el ELM, pasando de un sistema léntico a uno lóxico en el canal Los Molinos-Córdoba, las floraciones de cianobacterias no han representado hasta ahora un problema para la ciudad de Córdoba (Bazán, et al., 2018).

Uno de los actores sociales en territorio que participó en el proyecto es el GERS de Calamuchita, compuesto por agentes de la policía provincial altamente entrenados y capacitados en temas relacionados con búsqueda y rescate en áreas

de difícil acceso (terrestre, acuático, en alturas y espacios confinados), navegación en el mar, búsqueda de artefactos explosivos y negociaciones en situaciones críticas. La base del GERS de Calamuchita durante el monitoreo visual de cianobacterias se ubicó en el club APYCAC, situado en la comuna de Villa Ciudad de América. Actualmente, se ha trasladado a la localidad de Potrero de Garay. El otro actor social que participó del proyecto es la escuela primaria Alfonsina Storni, ubicada en el polo educativo de Potrero de Garay. Dicha institución educativa pertenece al sector público y responde a una alta demanda por parte de las familias de localidades cercanas, entre ellas: Los Espinillos (10 Km), Paso de La Pampa (8 Km) y Villa Ciudad de América (15 Km). Asiste un total 204 alumnos (entre 5 y 12 años de edad), distribuidos en 9 secciones: de 1° a 6° en el turno mañana y 1°, 2° y 4° grado en la tarde. Cuenta con jornada extendida en el campo de las ciencias, educación artística, literatura y TICs. La comunidad educativa incluye además de los estudiantes, 14 docentes, 7 no docentes, 1 administrativo y 1 directivo. Un actor social que surgió de manera indirecta y que participó del proyecto es el cuerpo de Bomberos Voluntarios de Potrero de Garay. La articulación con ellos fue llevada a cabo desde la escuela Alfonsina Storni, la cual provee los datos de la estación meteorológica instalada en la escuela por el proyecto MATTEO. Diariamente la escuela envía por mensaje de WhatsApp una foto del visor de la estación meteorológica donde se especifican los datos medidos de temperatura ambiente, velocidad del viento, lluvia acumulada, humedad y presión atmosférica. Con esos datos, los bomberos elaboran el riesgo de incendios para la localidad. El segundo actor indirecto que surgió durante el desarrollo del proyecto fue Seguridad Náutica, quien tiene como función regular y fiscalizar las normas y disposiciones que disciplinan a la actividad náutica en aquellas jurisdicciones en que la provincia ejerce el poder de policía, incluyendo las actividades comerciales, deportivas, turística, industriales y/o particulares (Gobierno de la Provincia de Córdoba, 2020a). La Figura 1 muestra un diagrama de los actores sociales en territorio, acciones y relaciones del Proyecto CYANO, como así también las variables medidas y registradas durante el monitoreo visual de floraciones de cianobacterias.



**Figura 1.** Diagrama de participantes, acciones y relaciones del Proyecto CYANO, especificando las variables medidas para el monitoreo visual de cianobacterias. En el recuadro de línea gruesa se destacan los actores directos y en líneas de puntos los indirectos.

### Concientización y educación

En el presente trabajo, los estudiantes de 3°, 4° y 5° año de ingeniería química y ambiental, egresados y docentes de la FCEfyN brindaron dos charlas interactivas de concientización a los estudiantes y padres de la escuela Alfonsina Storni y al personal de GERS para presentar la problemática ambiental de eutrofización, cianobacterias y su influencia en la salud. Al final de las charlas se abrió un espacio de debate para plantear dudas y que los participantes cuenten sus experiencias sobre el embalse y las cianobacterias. Mediante este proceso, el grupo de investigación tomó conocimiento del saber popular con el que contaba la comunidad educativa y el personal del GERS.

Por otra parte, en la escuela Alfonsina Storni se brindaron dos talleres a estudiantes de 6° grado (de 11 y 12 años), orientados a desarrollar la habilidad de observación, medición y registro de datos con el fin de que comenzaran a registrar los datos de la estación meteorológica y la coloración del agua observada por ellos y/o sus padres. Durante uno de los talleres se abordó el concepto de cuenca y se motivó a los estudiantes a identificar las diferentes fuentes de aporte de nutrientes al embalse. Posteriormente, se realizó una mesa de debate donde los estudiantes del nivel primario plantearon su inquietud sobre el potencial riesgo en relación con el uso recreativo en las costas del embalse, y la necesidad de que la población tome conocimiento de la problemática de las cianobacterias. Al final de la mesa, se

acordó realizar un reconocimiento de las costas y divulgar los datos medidos en un pizarrón doble colocado en la puerta de la escuela, además de confeccionar folletos informativos sobre las cianobacterias y los cuidados a tener en el uso recreativo. Para la confección de los trípticos de divulgación, tanto los docentes de la escuela primaria como los estudiantes realizaron una búsqueda bibliográfica y revisión de antecedentes. Para el relevamiento de las costas se llevó a cabo un recorrido de unos 800 metros sobre la costa noroeste, entre las desembocaduras de los ríos San Pedro y Los Espinillos. Los estudiantes compartieron su saber popular sobre los eventos recreativos que organiza el municipio y los estudiantes de la FCEFyN les enseñaron cómo miden los parámetros de calidad de agua (temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto) con una sonda multiparamétrica Horiba U-10, durante los muestreos mensuales. Los niños tomaron notas de las mediciones efectuadas en sus cuadernos, y en un mapa del embalse (provido por los directores del proyecto CYANO) se identificaron los sitios donde se llevan a cabo actividades turísticas y de recreación. Se tomaron muestras de agua del embalse en frascos de vidrio de 350 mL para diferenciar el color y aspecto del agua con el fin de iniciar el entrenamiento en el reconocimiento macroscópico de las floraciones de cianobacterias. Durante el relevamiento, bajo la supervisión de los directores del proyecto, los escolares mantuvieron una comunicación mediante videollamada de WhatsApp con estudiantes de otra escuela primaria (Dr. Amadeo Sabattini), donde también se desarrolla el proyecto MATTEO. La escuela Sabattini es un establecimiento educativo rural al cual asisten 25 estudiantes, de entre 5 y 11 años. Dicha escuela se ubica alejada a la presa del embalse San Roque, la principal fuente de abastecimiento de la ciudad de Córdoba. Los estudiantes compartieron sus experiencias en los dos proyectos de ciencia ciudadana. Posteriormente, los alumnos de la escuela Alfonsina Storni visitaron el establecimiento educativo Dr. Amadeo Sabattini y entregaron los folletos de divulgación que habían realizado junto a las docentes de primaria. Las actividades realizadas entre los dos establecimientos educativos fueron pensadas como una forma de buscar y reconocer, en el encuentro entre pares, similitudes y diferencias respecto a cómo se abordó el estudio de una misma problemática en dos embalses diferentes. Al concluir el primer año del proyecto, se organizó una visita a la FCEFyN por parte de los estudiantes, docentes, personal administrativo y directivos de la escuela Alfonsina Storni. Durante el recorrido, se incluyó la visita al Laboratorio de Microbiología del Departamento de Química Industrial y Aplicada para observar las cianobacterias en microscopio, y continuar con el entrenamiento visual macroscópico para distinguir los diferentes niveles del cianosemáforo con muestras preparadas *ad hoc* a partir de una floración. Los participantes del proyecto observaron en microscopio una muestra de agua proveniente de una floración de cianobacterias del embalse San Roque (debido a que en esa oportunidad Los Molinos se encontraba sin floración). Además, se prepararon diluciones seriadas de la muestra para simular el aspecto de las cianobacterias, según los cuatro niveles de riesgo del cianosemáforo. A partir de la muestra de agua del embalse, se prepararon diluciones 1:10 y 1:100 para representar el nivel de riesgo moderado y bajo. La muestra sin diluir representó el nivel alto y el blanco se preparó con agua

destilada representando el nivel escaso. El procedimiento empleado fue idéntico al utilizado para la observación *in vivo* de la muestra tomada en el club APY-CAC durante el monitoreo mensual de febrero 2020; para lo cual se tomó una alícuota del sobrenadante con pipeta p-50, se agregó una gota en un portaobjeto y se colocó por encima un cubreobjeto. Se procedió a la observación del sobrenadante microscopio Leica DM 500 con un aumento de 40x.

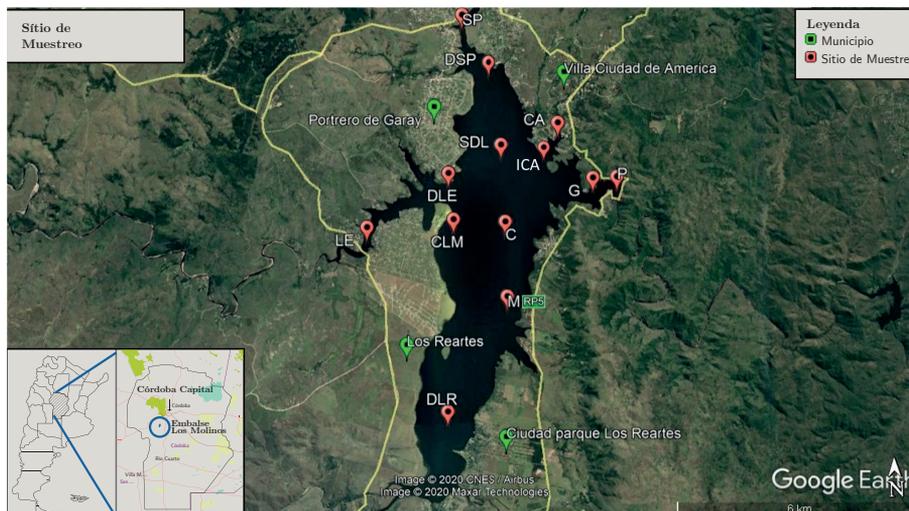
Para el personal del GERS se realizaron dos talleres participativos, el primero de ellos orientado a la concientización del riesgo sanitario al que se encuentra expuesto el personal de dicha institución por efectuar actividades laborales en el embalse. Al final del taller se abrió un espacio de debate para responder dudas y/o comentarios de los asistentes. El segundo taller se enfocó en el reconocimiento macroscópico de las floraciones de cianobacterias, el registro de datos y las mediciones *in situ* de temperatura y transparencia con disco de Secchi. Durante el taller se proyectó un video de 4 minutos de duración, elaborado por los estudiantes de ingeniería química y ambiental bajo la supervisión de los directores del proyecto CYANO, sobre el reconocimiento macroscópico de las cianobacterias y las variables a medir durante el monitoreo visual. Dicho video educativo se difundió como una herramienta digital asincrónica para capacitar al personal del GERS. Cabe destacar que el GERS participa activamente de los muestreos mensuales que se llevan a cabo en el ELM, y ha sido entrenado progresivamente en la toma de muestras, registro de datos y mediciones *in situ* desde hace 5 años.

### Estación meteorológica y registro de datos

El proyecto MATTEO instaló en mayo de 2019 una estación meteorológica marca Link Made, modelo WH1081, en la escuela Alfonsina Storni. La estación cuenta con sensores para medir temperatura interna y externa, humedad interna y externa, velocidad del viento, lluvia acumulada y presión atmosférica. Al inicio de cada turno, los estudiantes de 4° y 6° grado llevaron a cabo la lectura de los datos de la estación y luego los registraron en un cuaderno destinado a tal fin. Se construyeron tablas en las hojas del mismo, cada variable se colocó en las columnas y el registro diario se escribió en las filas. Se agregó una columna adicional para registrar el color del agua. Este dato fue aportado diariamente por los estudiantes y padres que viven o transitan contiguo al embalse y se comparó con el color observado por el personal del GERS de Calamuchita durante el monitoreo visual.

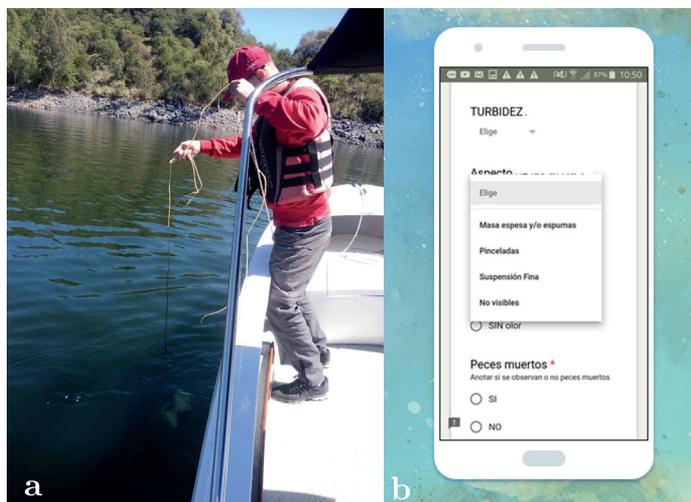
### Monitoreo visual

El monitoreo visual de floraciones de cianobacterias se llevó a cabo de octubre 2019 a marzo 2020, en 13 sitios de muestreo (Figura 2). Previamente, se seleccionaron las variables a medir y registrar por el personal del GERS de Calamuchita, para lo cual se creó un formulario digital mediante Google Forms.



**Figura 2.** Ubicación relativa del embalse Los Molinos, Córdoba-Argentina y geoubicación de los sitios de muestreo (en rojo): Centro (C ), Club Apycac (CA), Costa Los Molinos (CLM), Desembocadura Los Espinillos (DEL), Desembocadura Los Reartes (DLR), Desembocadura San Pedro (DSP), Garganta (G), Ingreso club Apycac (ICA), Los Espinillos (LE), Molvento (M), Presa (P), San Pedro (SP), Solar del Lago (SDL)y comunas del perilago (en verde).

Se incluyeron variables cuantitativas medidas *in situ*: temperatura del agua y transparencia de disco de Secchi. Además, se registraron variables cualitativas y sus diferentes estados para describir las condiciones del tiempo, entre ellas nubosidad (despejado, parcialmente nublado, nublado), viento (moderado, intenso, brisa suave). Además, se incluyó turbidez del agua (debido a cianobacterias o inorgánica causada por material en suspensión aportado por crecientes, cenizas u otros), aspectos de las cianobacterias (no visibles, en suspensión fina, “pinceladas”, natas y/o espumas espesas) y la presencia o ausencia de ejemplares de peces muertos (Figura 3). El aspecto de las cianobacterias y las coordenadas geográficas se registraron fotográficamente con el celular utilizando Angle Cam App o Google Maps. Estas fotos fueron adjuntadas al formulario de Google. Los datos recopilados por el personal del GERS de Calamuchita se registraron durante recorridos de rutina en el ELM con una frecuencia diaria, cada dos o tres días y/o semanal.



**Figura 3.** a) Medición de transparencia con disco de Secchi por personal del GERS de Calamuchita. b) Ilustración en el celular de una parte del formulario Google Forms del monitoreo visual de cianobacterias en el ELM.

### **Análisis e interpretación de los datos recopilados con Google Forms**

El análisis de la calidad y la interpretación de los datos fueron realizados por los directivos del proyecto CYANO. Los datos recolectados se descargaron en formato de Microsoft Excel. A esta base se incorporaron los datos provistos por la estación meteorológica. Además, se incluyó el nivel del embalse publicado por el Gobierno de la Provincia de Córdoba (2020b). Se realizó un análisis de todas las variables y por comparación visual se asignó el nivel de riesgo según el cianosemáforo desarrollado por el Ministerio de la Salud de la Nación Argentina (Argentina. Ministerio de Salud de la Nación Argentina, s.d.). Dicho cianosemáforo identifica los colores verde, amarillo y rojo a niveles de riesgo bajo, moderado y alto, respectivamente. En el presente trabajo se adaptó dicho cianosemáforo adicionando un nivel, al cual se le asignó el color azul, cuando hay ausencia de cianobacterias y en consecuencia el riesgo es considerado “escaso” (Tabla 1).

**Tabla 1.** Adaptación del cianosemáforo (Argentina. Ministerio de Salud de la Nación Argentina, s.d.), color, nivel, aspecto del agua y recomendaciones sugeridas para cada nivel de riesgo.

Color	Nivel de Riesgo	Aspecto del Agua	Recomendaciones
	Escaso	Limpio, sin floraciones.	Puede utilizarse el agua para fines recreativos.
	Bajo	Sobre la superficie del agua aparecen pequeños cúmulos similares a “yerba dispersa”.	Si decide bañarse, enjuáguese después y lávese las manos. No consuma el agua. Mantenga alejados a niños y mascotas.
	Moderado	Masa verde brillante de cianobacterias sobre la superficie, similar a una mancha de pintura.	Evite el contacto con las manchas de cianobacterias. Si lo tuvo lávese con agua limpia lo antes posible. Mantenga alejados a niños y mascotas.
	Alto	Si en el agua o en la orilla se observa una masa verde oscura que aparenta una nata “espesa”	No entre al embalse ni consuma el agua. Aleje de la costa a los niños y mascotas.

## Comunicación

Los datos recopilados por los actores sociales en territorio (GERS Calamuchita y Escuela Alfonsina Storni) fueron comunicados a los proyectos de compromiso social estudiantil a través de un grupo de WhatsApp denominado Proyecto CYANO. Participan del mencionado grupo los jefes de guardia del GERS Calamuchita, técnicos del APRHI, el responsable de Seguridad Náutica, maestras de 4° y 6° grado y personal administrativo de la Escuela Alfonsina Storni, tutores docentes y estudiantes de la FCEFYN-UNC y directores de los proyectos CYANO y MATTEO. La Escuela Alfonsina Storni utiliza diferentes herramientas de comunicación interna y externa para difundir los datos recopilados. Diariamente, los estudiantes comunican los datos medidos por la estación meteorológica al iniciar la jornada educativa en cada turno (mañana y tarde). Entre las herramientas externas de comunicación empleadas se menciona que:

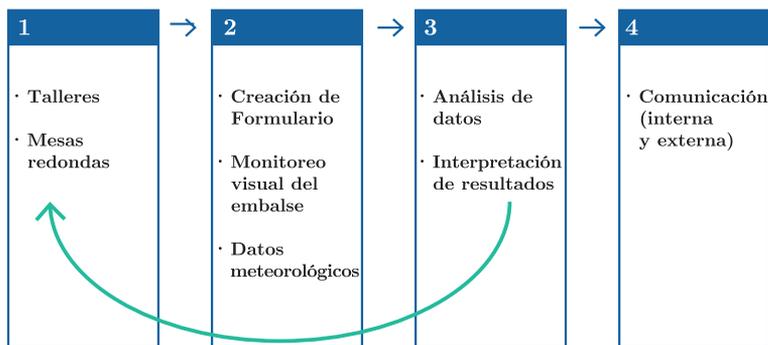
- El personal administrativo de la escuela comparte diariamente una fotografía del visor de la estación meteorológica con los Bomberos Voluntarios de Potrero de Garay.
- La misma fotografía y el dato del color del agua es enviado al grupo de WhatsApp del Proyecto CYANO.
- La temperatura ambiente y el porcentaje de humedad se indican en carteles con forma de termómetro y un gráfico de torta (construidos junto con la docente de Artes Plásticas). Los carteles fueron colocados al ingreso de la escuela para ser observados por padres y estudiantes.

- d) El riesgo de incendio proporcionado por los Bomberos Voluntarios de Potrero de Garay es indicado en un cartel de colores también al ingreso de la escuela.
- e) Los estudiantes escriben con tiza en un pizarrón doble faz los datos de temperatura ambiente, humedad, coloración del agua y nivel del riesgo de incendio, el cual es colocado en la vereda de la escuela para compartir la información con la comunidad de la localidad.
- f) Los estudiantes divulgan lo aprendido sobre qué son las cianobacterias y cómo su aparición afecta en los diferentes usos del agua durante su muestra anual denominada “Expo Alfonsina”.

Por último, el nivel de riesgo por floraciones de cianobacterias fue comunicado por los directores del proyecto CYANO al grupo de WhatsApp homónimo. Para los casos en que el nivel de riesgo fue moderado (amarillo) y/o alto (rojo), se comunicó vía llamada telefónica o mensaje de WhatsApp a los tomadores de decisión del gobierno provincial y comunal, y al responsable de la planta potabilizadora Los Molinos.

Un resumen de la metodología desarrollada se presenta en la Figura 4, donde se observa que el proceso diseñado es de retroalimentación positiva enfocado en la mejora continua.

#### Ciencia Ciudadana Paso a Paso



**Figura 4.** Proceso de creación y ejecución del monitoreo visual de cianobacterias en el embalse Los Molinos, Córdoba-Argentina: Ciencia ciudadana en 4 Pasos.

#### Procesamiento de datos

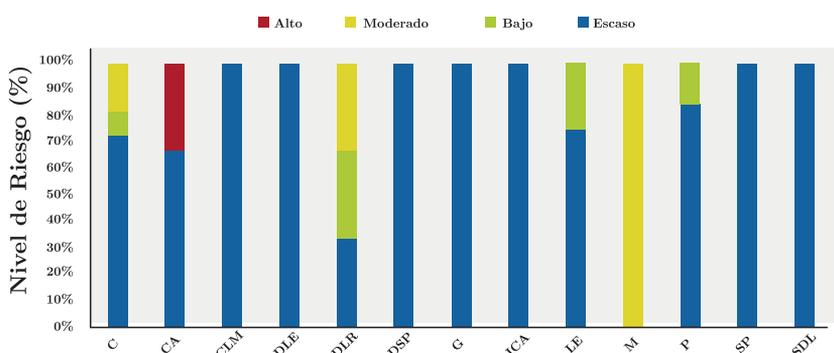
Se realizó un análisis de la distribución espacial de las cianobacterias monitoreadas visualmente contabilizando la cantidad de muestreos en cada sitio. Además, se graficaron los porcentajes de ocurrencia de los diferentes niveles de riesgo en cada sitio monitoreado. Entre las variables medidas, se eligió la transparencia medida por la profundidad del disco de Secchi por ser un indicador de calidad del agua para uso recreativo, según lo descrito por Chorus y Bartram (1999). Se correlacionó la temperatura del agua con la transparencia y se estableció gráficamente una línea de corte a los 2 metros, el cual es coincidente con un estado trófico de eutrofia,

según Carlson (1977). En una primera instancia, los datos fueron ordenados en una planilla de Microsoft Excel 2010 y analizados utilizando el Software estadístico Infostat versión 2008 (Di Rienzo, et al., 2008). Se calcularon los valores medios y desvíos de las variables por nivel de riesgo y se aplicó análisis discriminante (AD). El criterio de agrupación fue el nivel de riesgo (escaso, bajo, moderado y alto). En el AD se suprimió el nivel de riesgo “alto”, dado que es una condición del software Infostat que exista más de un dato en cada grupo, y se contó con un único registro de nivel alto.

## RESULTADOS

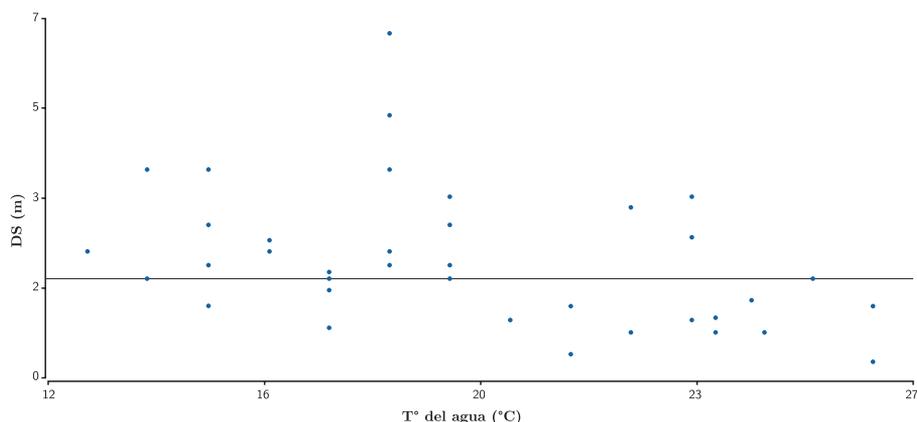
La herramienta de Google Forms resultó ser efectiva para recopilar los datos registrados por el personal del GERS. Utilizando dicho formulario durante el periodo monitoreado, se obtuvieron 44 registros en los 13 sitios de muestreo distribuidos en el embalse.

La distribución espacial de los diferentes niveles de riesgo se muestra en la Figura 5 como porcentaje de ocurrencia. Se observa que en la zona sur del embalse, los sitios correspondientes a la Desembocadura Los Reartes (DLR) y Molvento (M) presentaron la mayor frecuencia de floración. Otros sitios que registraron floraciones de cianobacterias fueron la Presa (P) y Centro (C) del embalse y la bahía del Club Apycac (CA). Este último fue el único que registró un nivel de riesgo alto (rojo) durante el mes de febrero 2020. Dicho registro coincidió con el monitoreo mensual programado para el ELM y los datos se complementaron con la identificación microscópica de *Dolichospermum* como género predominante. Durante el periodo estudiado, en el 77% de los casos el nivel de riesgo fue escaso, que en el presente trabajo se lo asocia a ausencia de floraciones de cianobacterias. El 11% de los sitios mostró un nivel de riesgo entre moderado (9%) y alto (2%). El 12% restante correspondió a un nivel de riesgo bajo.



**Figura 5.** Porcentaje de ocurrencia de los niveles de riesgo según cianosemáforo (presentado en Tabla 1) en cada sitio de muestreo (ver códigos en la Figura).

En la Figura 6 se presenta la correlación de la temperatura del agua y la transparencia medida con disco de Secchi ( $r = -0,4$ ). Se observa que a temperaturas mayores de 20 °C se registraron las menores transparencias.



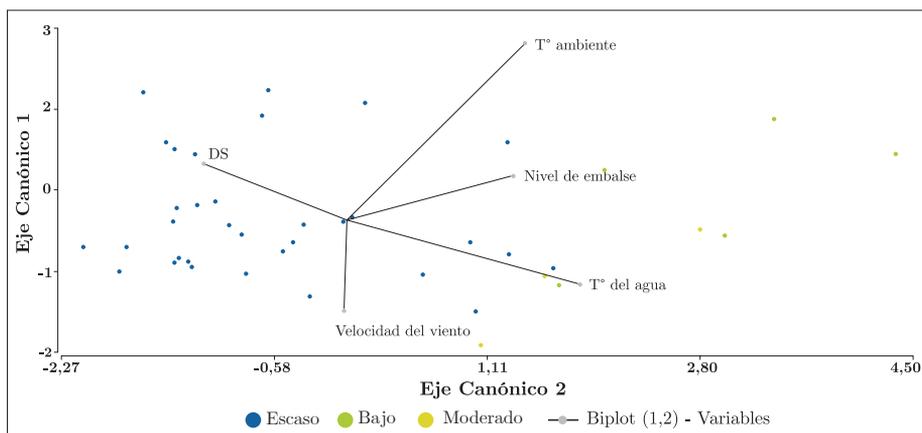
**Figura 6.** Relación entre temperatura del agua y transparencia. En los 2 m se ubica una línea de corte como límite recomendado de DS para uso recreativo seguro, según Chorus y Bartram (1999).

Además, aproximadamente el 50% de los registros estuvo por debajo de los 2 metros que se señala como límite para un uso seguro en aguas destinadas a recreación con contacto directo y para categorizar un cuerpo de agua eutrófico. La Tabla 2 muestra que la temperatura del agua durante los 10 eventos registrados con un nivel de riesgo (entre bajo, moderado y alto) fue de 24° C aproximadamente. Dicha temperatura es similar a la señalada por Bazán y otros (2005) como óptima para el desarrollo de las cianobacterias en el ELM. Se destaca que los niveles de riesgo bajo y moderado se produjeron cuando se registró la menor velocidad del viento (2,8 Km/h) y con dirección predominante N y NE. Debido a ello, las floraciones se observaron en el centro y zona sur del embalse. Mientras que para el único evento registrado con un nivel de riesgo alto, el viento predominante fue en dirección SO y la floración se acumuló en la bahía del club APYCAC (CA). El nivel de riesgo escaso se presentó cuando se registraron las menores cotas del embalse. El análisis AD mostró que las temperaturas de agua y aire, y el nivel del embalse fueron las variables que describieron de forma directa los niveles de riesgo bajo (color verde) y moderado (color amarillo), mientras que la profundidad de disco de Secchi se relacionó de forma inversa.

**Tabla 2.** Valores medios y desvíos por nivel de riesgo y para cada variable medida.

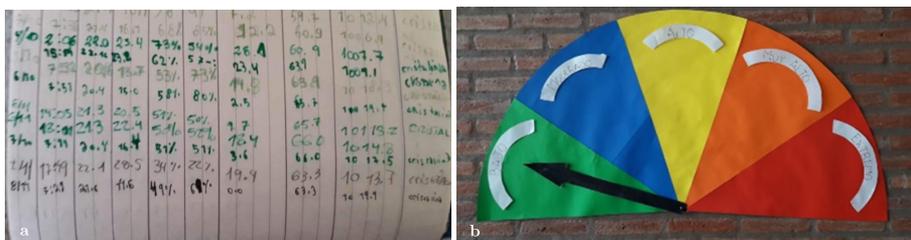
Nivel de Riesgo	Nivel del Embalse (m)	Velocidad Viento (Km/h)	T° Ambiente (°C)	T° Agua (°C)	DS (m)
Escaso	49,70 ±0,78	4,95 ±4,98	19,65 ±4,77	17,86 ± 2,79	2,59 ±1,19
Bajo	51,30 ±1,20	3,14 ±2,63	24,60 ±6,30	24,40 ±1,13	1,27 ±0,58
Moderado	50,54 ± 1,53	2,45 ± 3,89	17,40 ±4,85	24,40±1,99	1,17 ±0,29
Alto	52,15	7,32	26,50	24,00	1,50

Según los autovalores del análisis discriminante, el eje canónico 1 explica el 93,7% de la variación entre los diferentes niveles de riesgos. Además, según la primera función discriminante estandarizada por las varianzas comunes, la temperatura del agua es la variable más importante para la discriminación sobre este eje (Figura 7).



**Figura 7.** Biplot obtenido mediante análisis discriminante sobre 44 registros de las variables cuantitativas medidas. Los diferentes colores representan el nivel de riesgo en el que fueron clasificados los datos.

Mediante el proyecto MATTEO se tomaron registros meteorológicos con estaciones de bajo costo. A pesar de que no cumplen con los requisitos que poseen las estaciones oficiales, permiten densificar la cantidad de estaciones y así poseer información de eventos que no pudieron ser registrados por estaciones oficiales. Esto se debe a que las tormentas que ocurren en la región son del tipo convectivas y su corta extensión provoca que se originen eventos de precipitación intensa en un determinado sector. Los estudiantes registraron diariamente los datos de la estación y a partir de ellos se obtuvo el nivel de riesgo de incendios para la localidad de Potrero de Garay (Figura 8).



**Figura 8.** a) Registro de datos meteorológicos ordenados en columnas (en cuaderno de estudiantes), de izquierda a derecha: fecha, hora, temperatura interior, temperatura exterior, humedad interior, humedad exterior, velocidad del viento, lluvia acumulada, presión atmosférica, color del agua. b) Cartel ubicado al ingreso de la escuela con flecha que indica el nivel de riesgo de incendio que fue proporcionado por los Bomberos Voluntarios de Potrero de Garay a partir de los datos de la estación meteorológica.

En la Figura 9 se muestran algunas de las estrategias de comunicación externa que la escuela Alfonsina Storni llevó a cabo para contribuir en la concientización de la problemática de las cianobacterias. En consecuencia, motivaron a sus padres a involucrarse en ciencia ciudadana aportando datos de la coloración del agua y fotografías del aspecto del agua. Estos datos fueron compartidos por el personal administrativo de la escuela al grupo de WhatsApp del proyecto CYANO. Uno de los eventos más importantes de la escuela es la muestra anual denominada “Expo Alfonsina”. La misma se desarrolla durante un día del mes de noviembre en las instalaciones de la institución, para exhibir a la comunidad educativa y comunidad en general, los trabajos y proyectos desarrollados por los alumnos. Dicha exposición convoca más visitantes en cada edición, llegando a más de 300 visitas en su última realización en el año 2019. En esa oportunidad, los estudiantes de 6° grado, junto a sus docentes y con las sugerencias de los directores del proyecto CYANO, presentaron un stand con folletos de divulgación, cartelería y fotografías de los diferentes niveles de riesgos de cianobacterias.



**Figura 9.** Diferentes estrategias de comunicación en Escuela Alfonsina Storni. a) Pizarrón doble faz de vereda ubicado en la escuela, b) Stand en la muestra anual “EXPO Alfonsina”, noviembre 2019.

## DISCUSIÓN

Los proyectos de ciencia ciudadana en el mundo son escasos (Paul, et al., 2018) y en nuestro continente aún novedosos, por lo tanto, esta experiencia inédita en el embalse Los Molinos podría ser de utilidad para transferirse a otros cuerpos de agua eutrofizados.

Según Kobori y otros (2016), los proyectos de ciencia ciudadana pueden contribuir a un cambio de paradigma en la ciencia, desarrollando un trabajo colaborativo entre investigadores científicos, directores de proyectos, organismos gubernamentales y público en general para abordar problemáticas ambientales emergentes. Tal es el caso del presente trabajo, en el cual se logró una recopilación e interpretación de datos que no se podría haber alcanzado si no se hubiera llevado a cabo de manera colaborativa.

En la escuela, las ciencias se construyen desde los conocimientos cotidianos que poseen los estudiantes, es decir desde los modelos iniciales o de sentido común,

debido a que estos proporcionan el anclaje necesario para la apropiación de los modelos científico-escolares (Argentina. Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba, 2019). En este marco, la actividad científica en las aulas mediante las charlas y los talleres que se brindaron en el primer paso de la ejecución del proyecto estuvo conformada por la progresiva construcción de aquellos modelos que pudieran proporcionar una posible representación y explicación válida de las problemáticas ambientales locales. Esto originó que los estudiantes y los ciudadanos en general se formulen interrogantes y elaboren ideas sobre los distintos componentes de la realidad, como así también se cuestionen el cómo y el por qué. En este contexto, los proyectos de ciencia ciudadana constituyeron una oportunidad para enseñar a los niños y al resto de la población a “mirar el mundo con ojos de científicos”. Uno de los logros más importantes alcanzados fue que al finalizar el primer año del proyecto CYANO, los estudiantes de la escuela primaria, los estudiantes universitarios y el personal del GERS aprendieron a reconocer las floraciones de cianobacterias y sus diferentes niveles de riesgos. A su vez, se observó que el compromiso con el proyecto de ciencia ciudadana fue progresivo a medida que transcurría el tiempo y la comprensión del poder de la información recopilada en la toma de decisiones y gestión. Actualmente, el monitoreo visual es parte del patrullaje diario que realiza el GERS en el ELM. Por otra parte, en la escuela Alfonsina Storni se observó que el proyecto fue útil para que alumnos que no encontraban motivación por los estudios hallaran una inspiración para llegar más temprano y ser ellos quienes registraran primero los datos, o bien practicar la lectura y escritura al comunicarlos. A lo largo del proyecto, las niñas y los niños fueron apropiándose del conocimiento adquirido y empoderándose personalmente, convirtiéndose en multiplicadores de los saberes aprendidos.

La actividad de observación microscópica de las cianobacterias fue diseñada como parte de la enseñanza de las ciencias, la cual permitió incrementar la motivación de los estudiantes a través de adquirir el conocimiento de una manera vivencial, y representó una ayuda para la comprensión de los conceptos abordados en el proyecto. Además, contribuyó a desarrollar el razonamiento científico de los estudiantes, adquirir habilidad y destreza en el manejo de instrumentos y actitudes relacionadas con el conocimiento científico como es la curiosidad, el trabajo en equipo y la planificación de tareas.

El acercamiento de la universidad a la escuela contribuyó al despertar de las vocaciones científicas de niñas y niños, quienes se proyectaron como futuros estudiantes de la facultad, un escenario impensado por ellos debido al entorno cultural donde se desarrollan. Por último, al analizar todos los canales de comunicación utilizados (4to paso) se observó el rol central que tiene la escuela Alfonsina Storni como institución educativa, siendo el nexo fundamental entre la sociedad, el gobierno de la localidad y el ámbito académico. La ciencia ciudadana permitió a los estudiantes redescubrir el embalse Los Molinos y reconocerse como ciudadanos participativos y responsables. Se observó que la profundidad del disco de Secchi es un excelente y económico indicador de calidad de agua para uso recreativo. Valores de disco de Secchi mayores a 2 metros fueron asociados a ausencia de floraciones, es decir, que permiten el baño o tener contacto directo con el agua. Por el contrario, valores menores a 2 metros corresponden a presencia de floraciones en cualquiera de los tres niveles de riesgo (bajo, moderado, alto),

por lo que la recomendación es evitar el contacto con el agua, no consumirla y mantener a los niños y mascotas alejados del agua y de las costas. La transparencia ha sido señalada como un indicador que puede ser medido por ciudadanos científicos voluntarios de la zona y pescadores (Kloiber, et al., 2002, USEPA, 2017). La aparición de cianobacterias, como en todo cuerpo eutrófico, estuvo sujeta a variables del tiempo como temperatura, precipitación y viento, las cuales variaron en el lapso de horas o días influyendo en la permanencia o desaparición del florecimiento (UNESCO, 2009; Bazán, et al., 2005). Por lo tanto, contar con el monitoreo visual en forma periódica es imprescindible para poder realizar el seguimiento y la vigilancia de cianobacterias. Se concluye que el monitoreo visual es una herramienta útil, de baja complejidad, económica, y de gran valor para la gestión y el manejo de floraciones. A su vez, es primordial la participación multi-sectorial debido al impacto que tienen las floraciones de cianobacterias como una:

- a) Amenaza para la salud pública: sus potenciales toxinas pueden causar problemas de salud en humanos que van desde irritaciones de la piel hasta daños en el hígado y el sistema nervioso. Dichas toxinas también pueden ser dañinas para los animales, incluidos el ganado y las mascotas caninas que beben o nadan en aguas contaminadas. Durante las diferentes actividades de concientización, los vecinos de Potrero de Garay, así como deportistas que practican kitesurf y parte del personal del GERS, manifestaron haber tenido irritación en la piel o problemas gastrointestinales luego de tener contacto directo con el agua o haberla utilizado para beber, cocinar y/o ducharse debido que la misma carece de proceso de potabilización.
- b) Preocupación ambiental: debido a que los nutrientes, la temperatura y la calma han sido reportados por Bazán (2006) como las condiciones que promueven el predominio de cianobacterias, y que dichas floraciones -según Bazán y otros (2017)- se desarrollan con mayor frecuencia e intensidad desde el 2010; y debido a que la pesca es uno de los deportes y atractivos que tiene el embalse Los Molinos, se desprende como de vital importancia realizar estudios de bioacumulación de toxinas en la cadena trófica. Este estudio pone de relieve el efecto de los vientos preponderantes en la formación y el desplazamiento de los cúmulos de *Dolichospermum* y sugiere que, en los periodos más cálidos, el aumento del nivel hídrico beneficiaría el desarrollo de floraciones por aporte de materia orgánica y nutrientes.
- c) Pérdida económica y del valor paisajístico: además de ser estéticamente desagradable por su apariencia y olor, las floraciones de cianobacterias afectan las actividades recreativas y el turismo; incluso podrían desencadenar una reducción del valor de las propiedades. Se destaca que este monitoreo visual, acompañado del análisis bacteriológico de las zonas de playas, aportó la información necesaria para que la APRHI tomara la decisión de no autorizar una competencia de nado abierto que estaba prevista realizarse en el embalse Los Molinos en marzo pasado, sentando el primer precedente al respecto. Se reconoce tal actuación como consecuencia de un valioso trabajo en equipo y comunicación entre gestores, investigadores científicos y ciudadanos.

A futuro está previsto continuar con el entrenamiento de monitoreo visual en otras comunas del perillago, y realizar un entrenamiento en el análisis de datos a través

de planillas de cálculo e identificación de cianobacterias en microscopio a docentes y estudiantes de la escuela Alfonsina Storni, lo que permitirá analizar las variables medidas a lo largo del tiempo y diferenciar las floraciones de cianobacterias de aquellas producidas por algas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba y a la Secretaría de Extensión de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba por el apoyo financiero. Al personal del GERS (Franco Toccoli, Ezequiel Nuñez, Franco Britos, Hernán Castro, Guillermo Brandalise, José Freytes, Franco Marbian, Guillermo Videla Laureano Moyano y Hernán Vivas) y a la comunidad educativa de la Escuela Alfonsina Storni, en especial a las maestras de 6° grado Carolina Monsalvo y Blanca Vega, al personal de apoyo administrativo Alejandro Paez y su directora Marta Pons por su participación activa y su valiosa colaboración. Al Dr. Ing. Horacio Herrero y la Ing. Mariana Roqué de la APRHi por el apoyo logístico y de personal en las diferentes actividades realizadas. Se agradece a los revisores y a la editora por sus pertinentes comentarios que ayudaron a mejorar este documento.

## REFERENCIAS

- Amé, M.V., Galanti, L.N., Menone, M.L., Gerpe, M.S., Moreno, V.J. y Wunderlin, D.A., 2010. Microcystin–LR,–RR,–YR and–LA in water samples and fishes from a shallow lake in Argentina. En: *HarmfulAlgae*, 9(1), pp.66-73.  
doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.hal.2009.08.001>
- Argentina. Gobierno de la Provincia de Córdoba, 2020a. *Seguridad náutica* [En línea]. Córdoba: Gobierno de la Provincia de Córdoba. [Consulta: 1 de Junio de 2020]. Disponible en: <https://www.cba.gov.ar/reparticion/seguridadnautica/>
- Argentina. Gobierno de la Provincia de Córdoba, 2020b. *Nivel de presas* [En línea]. Córdoba: Gobierno de la Provincia de Córdoba. [Consulta: 4 de Marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.cba.gov.ar/niveles-de-presas-y-embalses-nuevo/>
- Argentina. Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba, 2019. *Diseño curricular de la educación primaria 2011-2020: Ciencias Naturales y Tecnología/Ciencias Naturales*. Córdoba: Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba. pp.150-188. [Consulta: 15 de enero de 2020]. Disponible en: <http://www.igualdadycalidadcba.gov.ar/SIPEC-CBA/publicaciones/DPCurriculares-v2.php#gsc.tab=0>
- Argentina. Ministerio de Salud de la Nación Argentina, s.d. *Ciano semáforo* [En línea]. Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación Argentina. [Consulta: 12 de Abril de 2020]. Disponible en: <http://www.msal.gov.ar/images/stories/ryc/graficos/0000000769cnt-cianosemaforo.pdf>

- Argentina. Ministerio de Salud de la Nación Argentina, Dirección Nacional de Determinantes de la Salud, 2017. *Directrices sanitarias para el uso seguro de aguas recreativas. Resolución 125/2016. Módulo II: directrices sanitarias para enteropatógenos y microorganismos oportunistas en agua potable* [En línea]. Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación Argentina. [Consulta: 12 de enero de 2020]. Disponible en: [http://www.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/0000001149cnt-directrices\\_sanitarias\\_para\\_enteropatogenos.pdf](http://www.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/0000001149cnt-directrices_sanitarias_para_enteropatogenos.pdf)
- Bazán, R., 2006. *Evaluación de la calidad del agua, nivel de eutrofización y sus consecuencias en el embalse Los Molinos (Córdoba)*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba. (Tesis de Maestría)
- Bazán, R., Larrosa, N., Bonansea, M., López, A., Busso, F. y Cosavella, A., 2014. Programa de monitoreo de calidad de agua del embalse Los Molinos, Córdoba-Argentina. En: *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC*, 1(2), pp.28-34.
- Bazán, R., Larrosa, N., Bonfanti, E. y Cossavella, A. 2018. Compromiso ambiental: articulación Universidad-Estado-Empresa. En: Universidad Pinar del Río. *XI Taller Universidad, Medio Ambiente, Energía y Desarrollo Sostenible*. La Habana, Cuba (12-16 de febrero de 2018). La Habana: UPR.
- Bazán, R., Larrona, N., Busso, F., Bonfanti, E., Bonansea, M. y Cossavella, A., 2017. Florecimientos de cianobacterias en el embalse Los Molinos, Córdoba-Argentina. En: FIBA. *VI Taller de Cianobacterias Toxígenas en Argentina*. Mar del Plata y Buenos Aires, Argentina (23-24 de noviembre de 2017). Mar del Plata: FIBA.
- Bazán, R., del Olmo, S., Corral, M., Rodríguez, M., Grisolia, G., Cossavella, A., Rodríguez, A., Wunderlin, D., Avena, M., Busso, F. y Bonfanti, E., 2005. Factores ambientales y su incidencia en la estructura de la comunidad del fitoplancton del embalse Los Molinos. En: *XX Congreso Nacional del Agua*. Mendoza, Argentina (9-13 de mayo de 2005). Mendoza: s.n. pp.27-34.
- Behrens, D.K., Bombardelli, F.A., Largier, J.L. y Twohy, E., 2009. Characterization of time and spatial scales of a migrating rivermouth. En: *Geophysical Research Letters*, 36(9). <https://www.doi.org/10.1029/2008GL037025>
- Carlson, R.E., 1977. A trophic state index for lakes. En: *Limnol. Oceanog*, 22, pp.361-369.
- Cossavella, A., 2003. *Influencia de efectos antrópicos y naturales en el proceso de eutrofización de las aguas del embalse Los Molinos*. Córdoba: Universidad Tecnológica. (Tesis de Maestría).

- Chorus, I. y Bartram, J., 1999. *Toxic Cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management*. Londres: WHO, E&FN Spon. ISBN: 0419239308.
- Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF), s.d. *Ciencia ciudadana* [En línea]. Cataluña: CREAF. [Consulta: 1 de Junio de 2020]. Disponible en: <http://www.creaf.cat/es/investigacion/ciencia-ciudadana>
- Codd, G. A., Bell, S. G., Kaya, K., Ward, C. J., Beattie, K. A. y Metcalf, J. S., 1999. Cyanobacterial toxins, exposure routes and human health. En: *European Journal of Phycology*, 34(4), pp.405-415.
- Di Rienzo, J.A., Balzarini, Mónica, González, Laura, Casanoves, Fernando, Tablada, Margot y Robledo, Carlos, 2008. *InfoStat versión 2008* [En línea]. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba. [Consulta: 20 de abril de 2020]. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
- Galanti, L.N., Amé, M.V. y Wunderlin, D.A., 2013. Accumulation and detoxification dynamic of cyanotoxins in the freshwater shrimp *Palaemonetes argentinus*. En: *Harmful Algae*, 27, pp.88-97. doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.hal.2013.05.007>
- Kloiber, S., Brezonik, P. y Bauer, M., 2002. Application of LandSat imagery to regional-scale assessments of lake clarity. En: *Water Research*, 36(17), pp.4330-4340. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00146-X](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00146-X)
- Kobori, H., Dickinson, J.L., Washitani, I., Sakurai, R., Amano, T., Komatsu, N. y Miller-Rushing, A.J., 2016. Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation. En: *Ecological Research*, 31(1), pp.1-19.
- Le Coz, J., Patalano, A., Collins, D., Guillen, N.F., García, C.M., Smart, G.M., Bind, J., Chiaverini, A. y Le Boursicaud, R., 2016. Crowdsourced data for flood hydrology: feedback from recent citizen science projects in Argentina, France and New Zealand. En: *J. Hydrol.*, 541(B), pp.766-777.
- Matthews, E.A., Matthews, R.A., Sheets, Z. y Gilbert, J.E., 2018. CyanoHABIT: a novel game to identify harmful freshwater algae. En: *Stephanidis, Constantine, ed. HCI International 2018 – Posters' extended abstracts*. Berlín: Springer. pp.78-84. eBook ISBN 978-3-319-92270-6
- NALMS, s.d. *The Secchi Dip-In* [En línea]. Madison: NALMS. [Consulta: 1 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.nalms.org/secchidipin/>
- Paul, J.D., Buytaert, W., Allen, S., Ballesteros-Cánovas, J.A., Bhusal, J., Cieslik, K. y Dewulf, A., 2018. Citizen science for hydrological risk reduction and resilience building. En: *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 5(1), pp.e1262. <https://www.doi.org/10.1002/wat2.1262>

- Silvertown, J., 2009. A new dawn for citizen science. En: *Trends in Ecology & Evolution*, 24(9), pp.467-471. <https://www.doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.017>
- Swan, M., 2012. Crowdsourced health research studies: an important emerging component to clinical trials in the public health research ecosystem. En: *J Med Internet Res.*, 14(2), pp.e46. doi: <https://www.doi.org/10.2196/jmir.1988>
- UNESCO, 2009. Cianobacterias planctónicas del Uruguay. En: Bonilla, Sylvia, ed. *Manual para la identificación y medidas de gestión*. Montevideo: UNESCO. (Documento Técnico PHI-LAC, no.16)
- USEPA, 2017. *Quality Assurance Program Plan (QAPP) for the Cyanobacteria monitoring collaborative* [En línea]. Massachusetts: USEPA. [Consulta: 01 Abril de 2020]. Disponible en: <https://blog.cyanos.org/2017/04/27/cyanobacteria-montoring-collaborative-qapp-released/>