

## **La ‘Salud de los ríos’: una experiencia de educación ambiental en el Delta del río Paraná**

### **‘River health’: an environmental education experience in the Paraná River Delta**

*Margarita Do Campo<sup>1,2</sup>,*

*María de los Ángeles Falcón<sup>1,2</sup>,*

*Micaela Cruz<sup>2</sup>,*

*Carlos Ignacio Borón<sup>3,4</sup>,*

*Jazmín Glustein<sup>4,5</sup>,*

*Gastón Pérez<sup>1,6</sup>*

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

<sup>2</sup> Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (UBA-CONICET)

<sup>3</sup> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (IIIA-CONICET-UNSAM), EHyS

<sup>4</sup> Grupo Sensores Comunitarios (CoSensores)

<sup>5</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

<sup>6</sup> Instituto de Investigaciones CeFIEC, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA. Consejo  
Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).  
E-mail autor/a de correspondencia: [margaandalus@yahoo.com.ar](mailto:margaandalus@yahoo.com.ar)

Do Campo, M.; Falcón, M.A.; Cruz, M.; Borón, C.I.; Glustein, J.; Pérez, G. (2025). La ‘Salud de los ríos’: una experiencia de educación ambiental en el Delta del río Paraná. Revista Estudios Ambientales, 13 (2), 148-164.

**Recibido:** 07/11/2025 - **Aceptado:** 10/12/2025 - **Publicado:** 31/12/2025

#### **RESUMEN**

Se discute el diseño e implementación de un taller de educación ambiental orientado a abordar la problemática de la calidad del agua de ríos y arroyos del Delta inferior del río Paraná en escuelas de nivel medio. La propuesta se desarrolló en dos encuentros con estudiantes de 3° a 5° año de una escuela isleña del municipio de Tigre. En la primera jornada se trabajó con datos de monitoreo de calidad de agua provenientes de la base RIIGLO (Red de Intercambio de Información de los Gobiernos Locales del Río de la Plata). Se seleccionaron cinco puntos de muestreo con distintos niveles de afectación,

fácilmente reconocibles por las y los estudiantes. Considerando antecedentes que identifican al exceso de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y a la contaminación bacteriológica como los principales factores de degradación en la zona, se analizaron las siguientes variables: demanda biológica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), presencia/ausencia de *Escherichia coli*, fósforo y nitrógeno. Los datos fueron interpretados de manera grupal, asignando a cada sitio íconos de caras felices, neutras o tristes como representación de un índice simplificado de 'Salud de los ríos'.

En el segundo encuentro se realizó un muestreo de aguas de distintas fuentes cercanas a la escuela, seguido de determinaciones de nitratos y análisis microbiológicos semicuantitativos mediante el uso de herramientas libres en el ámbito escolar. Se identificó el crecimiento de enterobacterias, incluyendo *E. coli*, en fuentes no tratadas. Como actividad de cierre, las y los estudiantes grabaron audios reflexivos sobre la experiencia, que fueron compilados en un podcast en colaboración con una radio local. La secuencia didáctica se adecuó a las particularidades de una escuela isleña y permitió una primera aproximación a la práctica científica a partir del estudio situado de la salud de los ríos.

**PALABRAS CLAVE:** agua para recreación, contaminación, educación ambiental, índices de calidad del agua.

## ABSTRACT

*The design and implementation of an environmental education workshop aimed at addressing water quality issues in rivers and streams of the lower Paraná River Delta in secondary schools is discussed. The proposal was carried out in two sessions with students from 3rd to 5th year at an island-based school in the municipality of Tigre. During the first session, water quality monitoring data from the RIIGLO database (Network for the Exchange of Information among Local Governments of the Río de la Plata) were analyzed. Five sampling sites with different levels of impact, easily identifiable by the students, were selected. Based on previous studies identifying excess nutrients (nitrogen and phosphorus) and bacteriological contamination as the main factors degrading water quality in the area, the following variables were analyzed: biochemical oxygen demand (BOD), dissolved oxygen (DO), presence/absence of *Escherichia coli*, phosphorus, and nitrogen. The data were interpreted collaboratively,*

*assigning each site icons of happy, neutral, or sad faces to represent a simplified ‘River Health’ index.*

*In the second session, water samples were collected from different sources near the school, followed by nitrate determinations and semi-quantitative microbiological analyses using open-access tools in the school setting. The growth of enterobacteria, including E. coli, was identified in untreated sources. As a closing activity, students recorded reflective audio accounts of their experience, which were compiled into a podcast in collaboration with a local radio station. The didactic sequence was adapted to the specific characteristics of an island school and provided an initial approach to scientific practice through a place-based study of river health.*

**KEY WORDS:** *water for recreation, pollution, environmental education, water quality indexes.*

## INTRODUCCIÓN

La educación ambiental crítica es fundamental para concientizar y buscar soluciones socialmente consensuadas que permitan abordar la crisis ecológica y climática en la que está inmersa la humanidad. En Argentina, en el año 2021 se sancionó la Ley de Educación Ambiental Integral (Nº 27.621) que propone que todas las personas tengan conciencia ambiental en el sentido de, entre otras cosas, hacer un uso responsable de los bienes comunes naturales y ejercer su derecho a vivir en un ambiente sano. Como señalan Giordan y Souchon (1991 citado en Bermudez y De Longhi, 2008), el enfoque ambiental tiene como objetivo formar una población consciente y preocupada por el ambiente y sus problemas, que posea conocimientos, competencias y motivaciones que le permitan trabajar individual y colectivamente en resolver problemas actuales y evitar que se planteen otros nuevos. En este contexto, la contaminación y la sobreexplotación de los cuerpos de agua son temáticas que vienen siendo abordadas en el campo de la enseñanza de las ciencias naturales en

las últimas décadas (Castro y Benarroch, 2023; Ramírez-Segado et al., 2021). El objetivo de este trabajo es socializar una propuesta didáctica para abordar el problema de la contaminación de los ríos y arroyos, elaborada para ser aplicada en escuelas secundarias isleñas ubicadas en el Delta inferior del río Paraná (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Además, se presentan algunas reflexiones sobre su implementación. La decisión respecto de la población objetivo de la propuesta se basa en que las comunidades isleñas tienen una relación estrecha con el agua del río, presente en numerosos aspectos de sus vidas (pesca, recolección de juncos, actividades recreativas, navegación). Sin embargo, se considera que, dada la relevancia de la temática, esta propuesta también podría resultar de interés para escuelas que no estén ubicadas en zonas ribereñas o cercanas a áreas costeras.

### Antecedentes

El estudio de las problemáticas ambientales suele ser complejo, porque requiere de la participación de diferentes disciplinas y actores sociales que permitan pensar la complejidad del problema

(Suárez y Bonan, 2013). Como es de esperar, la enseñanza de las problemáticas ambientales presenta numerosos desafíos, pudiendo estar basada en una diversidad de enfoques (Gómez Chamorro, et al., 2024; Sauvé, 2005).

El abordaje de las cuestiones asociadas al agua suele ocupar un espacio central en el currículum escolar (Ramírez-Segado et al., 2021), lo que, a su vez, ha permitido indagar las diversas dificultades que atraviesa su enseñanza. Entre ellas, las múltiples concepciones alternativas, tales como suponer que los contaminantes del agua sólo producen efectos al estar en contacto con los organismos, o que el problema ambiental se restringe a la contaminación (Bermudez y De Longhi, 2008; Ramírez-Segado et al., 2021). En experiencias similares se ha identificado una gran disparidad en los saberes en relación al origen y la calidad del agua utilizada para consumo, incluso entre estudiantes de una misma escuela y grupo etario (Glustein y Espinoza Cara, 2022). Otra dificultad se relaciona con que para establecer si un agua es adecuada para un cierto uso no alcanza con basarnos en la información obtenida a través de nuestras percepciones. Por ejemplo, el agua puede no presentar colores u olores extraños ni turbidez, y aun así tener contenidos elevados de algún elemento perjudicial para la salud, como arsénico o contaminantes microbiológicos. En el caso de los arroyos y ríos del Delta inferior del río Paraná es frecuente que la población no isleña perciba la turbidez natural del agua como ‘suciedad’, cuando en el caso del uso recreativo con contacto directo eso no conlleva riesgos para la salud. En cambio, la contaminación microbiológica, que es muy frecuente, no es detectada sin realizar análisis y sí puede ser un riesgo para la salud tanto en caso de uso recreativo como si se la utiliza para consumo (Apella y Araujo, 2005; Some et al., 2021).

Frente a estos desafíos, el acceso de las/los estudiantes a instrumental basado en tecnologías libres posibilita la fabricación, rediseño y optimización de sensores/herramientas accesibles que se ajusten a las necesidades de actividades experimentales en las escuelas (Lessig, 2004). El Grupo de Sensores Comunitarios (CoSensores), que participó en el diseño e implementación de este taller, desarrolla equipos para medición de parámetros físico-químicos de cuerpos de agua y metodologías de plaqueo in situ para detección de contaminación microbiológica (CoSensores, s.f.a). Algunos de estos desarrollos fueron empleados en una de las jornadas del taller ya habiendo sido utilizados en actividades de popularización de la ciencia, en dialogo con el saber local en ámbitos educativos (Poveda Ducón et al., 2024, Basylenko et al., 2024).

Trabajar sobre la calidad del agua implica entender un conjunto grande de variables, que incluyen la determinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos (Torres et al., 2009, Domínguez et al., 2020). Los valores límites para cada parámetro, tanto en la legislación argentina como en la de otros países, son marcadamente diferentes de acuerdo al uso que se le vaya a dar al agua. En Argentina los requisitos que debe cumplir un agua para protección de la vida acuática están definidos en el Anexo II del Decreto 831/93, que reglamenta la Ley 24.051 de Residuos Peligrosos. Aunque también existen resoluciones de alcance local o provincial que fijan valores guía para distintos tipos de uso del agua, por ejemplo, para uso recreativo sin contacto directo (realizar actividades a orillas del río sin entrar en contacto con el agua) o con contacto directo (remar, nadar o bañarse) (ACUMAR N° 46/2017 - T.O. 2019). Esta resolución establece valores máximos para una serie de parámetros físicos (i.e. demanda de oxígeno), químicos (i.e. arsénico, cadmio, cianuro, zinc, cromo,

flúor, mercurio, níquel, nitrato, nitrito, plomo, hidrocarburos totales); así como bacteriológicos (i.e. recuento de bacterias coliformes fecales, y *Escherichia coli*) de acuerdo al uso que se le vaya a dar al agua (Fernández Cirelli y Volpedo, 2020, Subsecretaría de recursos hídricos de la Nación, 2003). A los fines de acotar el número de parámetros considerados se seleccionó un conjunto representativo que refleje las principales problemáticas que presentan los ríos en el territorio donde se quiere implementar. Si se busca aportar a la construcción de conocimientos significativos para las/os estudiantes, dicha selección debe basarse en la información disponible sobre el estado de los ríos en las zonas por las que estos transitan en sus vidas cotidianas. En este caso, diversos trabajos científicos realizados en la región (Suárez y Lombardo, 2004, Pizarro et al., 2007, Basylenko et al., 2024) indican que los cursos de agua del Delta inferior del río Paraná presentan principalmente problemas de eutrofización y contaminación microbiológica de origen antrópico. Por otra parte, la integración de saberes académicos y locales existentes en relación con el agua puede contribuir a adaptar los contenidos a trabajar en la escuela, haciendo foco en las necesidades particulares de cada comunidad educativa (Glustein y Espinoza Cara, 2022).

En relación con la temática de esta propuesta, la utilización de índices permite integrar diferentes indicadores que caracterizan un socio-ecosistema, aportando información de mayor utilidad para la toma de decisiones (Ortega et al., 2003). En ese sentido resulta interesante la propuesta de Giorgi y Feijoo (2016) elaborando índices de ‘Salud de los ríos’, que sinteticen la información aportada por varios parámetros en un único valor, y a su vez pueda traducirse a variantes de un ícono, facilitando la comunicación de los resultados a la comunidad. Asimismo, pensar la salud de los ríos ayuda a

entender al agua como un bien común de la naturaleza en contraposición a la tradición del pensamiento económico liberal que remite a una visión instrumental de la naturaleza, como recurso natural disponible para ser explotado (Seoane y Taddei, 2010).

## METODOLOGÍA

La propuesta didáctica se propone abordar la ‘Salud de los ríos’ con estudiantes de 3º a 5º año y tiene como objetivos generales que las/os estudiantes:

1. Puedan identificar algunas de las fuentes de contaminación de los ríos de la región y que conozcan algunos de los parámetros que definen la calidad del agua para uso recreativo.
2. Sean capaces de interpretar los valores determinados para esos parámetros a través de gráficos de barras y puedan combinar las diversas variables consideradas mediante la elaboración de un índice de ‘Salud de los ríos’.
3. Puedan realizar determinaciones de algunos de los parámetros elegidos a través de la aplicación de herramientas libres, familiarizándose con algunas de las metodologías de investigación científica que se emplean en las ciencias naturales.
4. Practiquen habilidades argumentativas para discutir los resultados obtenidos, mediante el trabajo en equipo y poniendo en diálogo sus saberes sobre el territorio con los saberes científicos.

La propuesta se basa en la modalidad taller debido a que la misma estimula el intercambio entre los participantes, permitiendo una comunicación abierta y horizontal, la cual puede a su vez ser direccionalizada por quienes actúan como facilitadores (Hernández, 2009). En ella se

incluyen diferentes actividades para caracterizar saberes y poner en práctica los contenidos abordados (Glustein y Espinoza Cara, 2022). En la tabla 1 se presenta la hoja de ruta del taller diseñado.

**Tabla 1.** Hoja de ruta de la propuesta didáctica.

<b>Encuentro N°</b>	<b>Actividad N°</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Descripción de la actividad</b>
1	1	Introducir la problemática a abordar.	Lectura y análisis en grupo de dos noticias, una sobre floración de cianobacterias en el Delta inferior del río Paraná y la otra sobre contaminación del río Reconquista.
	2	Determinar y comparar el estado de 'Salud de los ríos' en distintos puntos representativos del territorio a partir de la construcción de un índice de calidad de agua.	Discusión por grupos de gráficos de barras representando valores estacionales para cinco parámetros de calidad de agua en cinco puntos de la primera sección del Delta del Paraná. Construcción de un índice de 'Salud de los ríos' para cada punto contemplando el conjunto de parámetros trabajado.
2	3	Realizar determinaciones de concentración de nitratos en agua aplicando herramientas libres y visibilizar la presencia de contaminación microbiológica para contrastar los resultados con los datos de la base RIIGLO (2023).	Toma de muestras de agua y sembrado de las mismas en placas de Petri con agar EMB Levine para realizar análisis semicuantitativo de coliformes en agua y visualizar colonias de <i>E. Coli</i> . Análisis colorimétrico de la concentración de nitrato utilizando un kit comercial y un colorímetro de desarrollo libre.
	4	Comunicar lo aprendido durante el taller.	Elaboración de un podcast junto a miembros de una radio local que permita comunicar los saberes producidos a la comunidad isleña.

Tanto las noticias seleccionadas como la explicación de cada parámetro y su correspondiente gráfico de barras son provistos como material suplementario. Para comenzar el taller se plantea una actividad de exploración (Sanmartí, 2002). Este tipo de actividades permite presentar la problemática a trabajar, así como indagar los saberes de las/os participantes del taller para tenerlos en cuenta en el resto de la propuesta. En la actividad 1 se

propone a las/os estudiantes leer y discutir en forma grupal dos noticias: una sobre contaminación de los ríos en la cuenca del río Reconquista y otra sobre floraciones de algas.

**Actividad 1:** En grupos de 3/4 estudiantes, procedan con la lectura de la noticia recibida, y discutan teniendo como eje las siguientes preguntas: ¿Conocen estas situaciones? ¿Las vivenciaron?

¿Son habituales? ¿Recuerdan que hicieron en ese momento? Si nunca las vivenciaron ¿qué harían en esos casos? ¿En qué lugares del Delta pueden ocurrir? ¿Qué otras situaciones similares conocen de contaminación del agua? ¿Creen que está contaminada el agua de la zona donde viven? ¿Cómo se dan cuenta que una zona está contaminada? Tomen nota de sus respuestas y comentarios para volcarlos en el espacio de intercambio que se va a realizar entre todos los grupos.

Para abordar la problemática del impacto de la contaminación en los ríos se decidió emplear una analogía con la salud. En tal sentido, hay enfermedades que presentan síntomas que todas/os podemos percibir, como fiebre, dificultad para respirar o un sarpullido; pero otras, como la diabetes o la anemia, requieren de análisis clínicos para su diagnóstico. Esta analogía nos permitió introducir la importancia y la necesidad de realizar análisis físico-químicos y microbiológicos para conocer si un agua es apta para el uso que quiera dársele.

Con el fin de elaborar colaborativamente un índice que nos permita conocer el estado de ‘Salud de los ríos’, se propone crear una comunidad de aprendizaje (Elboj et al., 2002). Esta actividad (N°2) involucra dos momentos diferenciados. En el primero se divide a las/os estudiantes en cinco grupos, donde cada grupo se convertirá en “especialista” del parámetro asignado. Se propone trabajar con cinco parámetros diferentes: demanda biológica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), presencia/ausencia de Escherichia coli, fósforo total y nitrato. Los parámetros se seleccionaron teniendo en cuenta resultados de trabajos científicos realizados en la región (Suárez y Lombardo, 2004, Pizarro et al., 2007), así como trabajos previos de nuestro grupo en diálogo con la comunidad isleña (Glustein et al., 2023, Basylenko et al., 2024). Esas fuentes indican que los factores más evidentes de deterioro en la calidad del

agua en los ríos y arroyos de la planicie inferior del río Paraná son el exceso de nutrientes (nitritos, nitratos, fósforo) y la contaminación microbiológica. Los datos utilizados corresponden a la Red de Intercambio de Información de los Gobiernos Locales del Río de la Plata (RIIGLO).

**Actividad 2:** Cada grupo recibirá una ficha con la definición de un parámetro indicador de calidad del agua y un gráfico de barras en el cual se representan los resultados de ese parámetro, medido en distintos sitios de muestreo en cada estación del año. Analicen esos datos y clasifiquen esos lugares utilizando íconos: cara feliz, neutra o triste según cumpla, iguale o supere el límite establecido por la normativa vigente. Finalmente, conformen nuevos grupos integrados por ‘especialistas’ en cada parámetro y asigne un ícono feliz, neutro o triste correspondiente al índice de ‘Salud de los ríos’ para cada sitio.

Cada grupo recibe un texto breve en el que se explica el parámetro junto con datos de ese parámetro representados en gráficos de barras por estación para los cinco puntos de monitoreo de la RIIGLO en el año 2023. Los puntos se seleccionaron buscando que presenten diversos grados de contaminación y que correspondan a la primera sección del Delta del río Paraná. Con estos criterios los puntos elegidos fueron: Canal Villanueva y río Luján, río Tigre 100 m antes del río Luján, río Luján y Canal San Fernando, río Capitán y río San Antonio, y río Carapachay y arroyo Gallo Fiambre. Cabe señalar que el punto del río Carapachay y arroyo Gallo Fiambre fue elegido porque corresponde al río sobre el que está ubicada la escuela secundaria en la que se realizó el taller. De hecho, todos los puntos elegidos son relativamente cercanos a la escuela, lo cual contribuyó a lograr una propuesta situada y significativa para el estudiantado (Bonan et al., 2021). Teniendo en cuenta

la dificultad de trabajar con tablas y valores numéricos, muchas veces difíciles de interpretar para las/los estudiantes, los datos de cada punto geográfico se presentaron en gráficos de barras. Se incluyeron líneas horizontales representando los correspondientes límites de calidad del agua para uso recreativo con contacto directo (ACUMAR N° 46/2017 - T.O. 2019).

Luego de la lectura de la definición del parámetro propuesto y del análisis de los gráficos, se invita a cada grupo a discutir el significado y la importancia de este parámetro para conocer la 'Salud de los ríos'. Posteriormente, se les pide que asignen iconos de cara triste, neutra o feliz para cada punto de muestreo según el promedio de los valores para las cuatro estaciones del año sea mayor, igual o menor al del límite establecido por la normativa para uso recreativo. En un segundo momento de la actividad se formarán nuevos grupos, conformados por un/a "especialista" de cada parámetro de los grupos anteriores. En este nuevo grupo, cada especialista debe socializar el parámetro aprendido con el resto de sus compañeras y compañeros, de manera de definir entre todas/os la 'Salud de los ríos' en cada sitio. Para ello, se les propone integrar los datos discutidos previamente para cada sitio en un único valor de índice 'Salud de los ríos', utilizando nuevamente un ícono de cara triste, neutra o feliz (Giorgi y Feijoó, 2016).

A modo de cierre de la primera jornada de taller se realiza una puesta en común de los valores de 'Salud de los ríos' para cada sitio, y en base a los resultados obtenidos se discute sobre posibles fuentes de contaminación que expliquen los distintos grados de deterioro de la calidad del agua observados.

**Actividad 3:** Elijan por grupo una fuente de agua de la escuela y tomen una muestra. Puede tratarse tanto de fuentes de consumo de aguas superficiales o incluso de efluentes que puedan contener

alguno de los contaminantes a evaluar. Realicen los respectivos análisis microbiológicos y de concentración de nitratos aplicando las metodologías propuestas.

Un desafío que se presenta en este tipo de propuestas es encontrar la manera de hacer más clara la relación entre valores de parámetros de calidad de agua y la contaminación, cuando esta última no puede percibirse con los sentidos y, generalmente, las mediciones que la evidencian involucran la utilización de técnicas complejas de implementar en escuelas (ya que requiere utilizar equipamientos y reactivos costosos, además de conocimientos técnicos específicos). Frente a esta situación, la utilización de herramientas libres de medición permite a las/los estudiantes realizar determinaciones de algunos de los parámetros físico-químicos seleccionados obteniendo resultados de calidad de agua para las muestras analizadas, que luego puedan ser discutidas, comparadas y contrastadas con la normativa propuesta. Con este fin, en la segunda jornada de trabajo se propuso a las/os estudiantes realizar un muestreo de aguas cercanas a la escuela aplicando tecnologías libres de medición, registrando los valores obtenidos para el análisis microbiológico y determinación colorimétrica de nitratos.

En lo que respecta a la contaminación bacteriológica, el grupo CoSensores diseñó una alternativa al análisis microbiológico que se realiza en laboratorios especializados. Este permite obtener información cualitativa y semicuantitativa de contenido de enterobacterias, pudiendo identificarse específicamente colonias de E. Coli. La metodología utiliza placas preparadas previamente en condiciones de esterilidad conteniendo el medio selectivo y diferencial EMB-Levine. Las mismas se incuban a 35°C durante 48 hs en una incubadora basada en arduino construida para tal fin (CoSensores, s.f.b). Una vez

transcurrido el tiempo de incubación, las/os estudiantes pueden observar las placas sembradas, en las que es posible identificar el número y tipo de colonias según su forma y color (*E.coli* presenta color verde metálico).

Para la determinación de nitratos en agua se utilizaron reactivos comerciales de bajo costo de la marca Tropical Aqua Care. Los mismos forman parte de un kit utilizado para la determinación de parámetros de calidad de agua en peceras. Este kit permite realizar determinaciones semicuantitativas por agregado secuencial de 3 reactivos a la muestra. Pasados 10 minutos, el color obtenido se evalúa utilizando una cartilla de referencia para 5, 10, 20, 50 y 100 mg/L de nitrato. A su vez, el color se analizó utilizando un colorímetro de desarrollo libre (CoSensores, s.f.c) que permite determinar concentraciones más bajas y con mayor precisión (Poveda Ducón et al., 2024).

Finalmente, para ambas metodologías se compara el resultado obtenido para las diferentes muestras analizadas, con los datos previos y con la normativa considerada en la actividad 2. En la comparación se discutirán las ideas previas que tenían las/os estudiantes sobre el grado de contaminación de cada una de las muestras tomadas.

**Actividad 4:** En grupos de hasta dos personas graben un mensaje de audio de unos pocos minutos contando su experiencia sobre lo aprendido en las dos jornadas que duró el taller. Los audios serán recopilados y editados en formato podcast para circular y compartir en la comunidad de su escuela y difundir en radios y medios locales.

Para finalizar la segunda jornada del taller, se propone a las/os estudiantes realizar la actividad 4, a modo de reflexión metacognitiva (Pérez y González Galli, 2020). La misma consiste en grabar y enviar a sus docentes un audio breve

contando qué descubrieron a partir de la experiencia, con el fin de socializar lo aprendido con la comunidad isleña. En esta experiencia en particular los audios serán compilados y editados en una única pieza de casi 12 minutos, realizada por miembros de Radio el Ceibal para su difusión en redes en formato podcast.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La propuesta se implementó en la Escuela de Educación Secundaria N° 31 'Haroldo Conti' en el Delta inferior del río Paraná en el año 2024. Implicó dos jornadas de trabajo de 4 horas en la que participaron alrededor de 20 estudiantes de 3º a 5º año. La actividad se desarrolló en el marco del proyecto de Voluntariado Universitario 'Aportes de la educación ambiental al fortalecimiento de los modos isleños de habitar el Delta del río Paraná' (V69-UBA16917), financiado por la convocatoria 2022 por la Subsecretaría de Fortalecimiento de las Trayectorias Estudiantiles del (ex) Ministerio de Educación de la Nación.

Durante la primera actividad, de lectura de las noticias, muchos de las y los estudiantes recordaban la floración de algas ocurrida en el verano de 2021, reconociendo el riesgo para la salud asociada. En cuanto a la noticia de contaminación del río Reconquista/Tigre todas y todos tenían registro de la alta contaminación que presenta el río Tigre en las cercanías de la Terminal Fluvial de Tigre. En general, evidenciaron conocimientos previos sobre el efecto de la contaminación sobre los ríos en la zona y la salud de sus habitantes. Según relató un estudiante en uno de los audios del podcast elaborado: "Acá en la isla me recomendaron nunca tomar el agua, siempre de bidones o filtros, pero bueno, sé que también sacar el agua se tiene que hacer todo un proceso, filtros, se tiene que poner un par de productos para limpiar el agua y para poder usarse, de uso cotidiano".

La segunda actividad se inició con la lectura de la definición de los parámetros: demanda biológica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), presencia/ausencia de Escherichia coli, fósforo total y nitrógeno. En esta instancia se evidenció un nivel muy dispar de conocimientos de química y biología, así como de comprensión de conceptos entre las/os estudiantes. En general aquellas/os pertenecientes a cursos superiores fueron capaces de comprender las definiciones y explicarlas a sus compañeras/os de cursos inferiores. Así todo, en algunos grupos fue necesaria la intervención de las facilitadoras para que comprendieran las definiciones de los parámetros y su relevancia en la determinación de la salud del río. En particular y en relación a una explicación sobre el efecto de la contaminación con nitritos en la salud de niños y niñas, un estudiante comentó: “*Y más que nada, los productos, como lo explicaste, y también cómo afecta el residuo que tiene el agua en los humanos. También me pareció impresionante lo que contabas sobre los bebés, que se ve el efecto más rápido al ponerse azul, y que hay que tener cuidado también con el agua que uno consume. Muchos no tienen conciencia, diciendo que, más que nada yo a mi edad, a veces muchas veces no me pongo a pensar en qué me podría pasar si consumo el agua. No la tomaría, pero llegado el caso que la tomaría, no le daría importancia y tal vez se puede tratar de algo grave.*”

La utilización de gráficos de barras, como recurso de trabajo, resultó adecuada para

que pudieran evaluar si los parámetros en cuestión cumplían con la normativa vigente para agua de uso recreativo con contacto directo en cada uno de los puntos de monitoreo seleccionados. Cada uno de los grupos pudo asignar al parámetro correspondiente un valor utilizando iconos para cada sitio seleccionado (Tabla 2). Para asignar un valor de índice de la ‘Salud de los ríos’ se conformaron nuevos grupos por punto de muestreo en los que cada especialista por parámetro expuso, hasta llegar a un consenso grupal sobre si la salud del río en cada sitio era buena, regular o mala asignando al índice íconos de cara feliz, neutra o triste según correspondiese (Figura 1). A continuación, se ubicaron los cinco puntos de monitoreo en un mapa, dibujado a mano alzada por las coordinadoras del taller, incluyendo el ícono asignado. Una vez terminado el mapa las/os estudiantes, con la orientación de las coordinadoras del taller, pudieron identificar, discutir y correlacionar las diferencias en los valores asignados al índice para cada sitio. De los cinco puntos de monitoreo, los que se reconocieron como más contaminados fueron el río Tigre antes de su confluencia con el río Luján y el río Luján a la altura de la desembocadura del canal San Fernando, a los cuales se les asignaron íconos de cara triste al índice de ‘Salud de los ríos’. En el punto de monitoreo río abajo a la EES N° 31 ‘Haroldo Contí’ (río Carapachay y arroyo Gallo Fiambre) se reconoció una contaminación moderada, por lo que se le asignó el ícono de cara neutra.

**Tabla 2.** De izquierda a derecha representación de los valores asignada a cada punto de muestreo para cada parámetro: Fósforo total (mg/L), Oxígeno disuelto (mg/L), E. coli (UFC/ml), Nitrato (mg/L) y Demanda biológica de Oxígeno (mg/L). La última columna corresponde al valor asignado para el índice de ‘Salud de los ríos’.

	Parámetro					Índice 'Salud de los ríos'
	Fósforo total (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	<i>E. coli</i> (UFC/ml)	Nitrato (mg/L)	DBO (mg/L)	
C. Villanueva y R. Lujan						
R. Carapachay y A. Gallo Fiambre						
C. Tigre y R. Lujan						
C. San Fernando y R. Lujan						
R. Capitán y R. San Antonio						

Los sitios a los que se le otorgó un mejor índice de 'Salud de los ríos' fueron los del R. Luján y Canal Villanueva y R. Capitán y San Antonio. Además, se puso en discusión qué actividades/fuentes de contaminación podrían estar afectando la calidad del agua en los puntos en que el índice dio mal o regular. Se identificó la cercanía de estos puntos al río Tigre y su influencia, determinando una asociación entre el exceso de nutrientes, la contaminación microbiológica y los bajos niveles de oxígeno disuelto. La conclusión

fue reforzada en la puesta en común apoyándose en las experiencias de las/os estudiantes, que reconocen el alto grado de contaminación del agua en las cercanías de la Terminal Fluvial de Tigre por el color y el olor que presenta. Por último, pudo observarse correspondencia entre los valores asignados al índice de 'Salud de los ríos' y los valores de Índice de Calidad de Agua (ICA), calculados e informados por la RIIGLO de acuerdo a los análisis realizados para ese mismo año (Figura 1).



**Figura 1.** Arriba: trabajo grupal sobre los parámetros seleccionados y mapa elaborado con el valor de índice de 'Salud de los ríos' para cada punto. Abajo: comparativa entre los valores promedio del Índice de calidad de Agua (ICA) calculado e informado por la RIIGLO para el año 2023 por cada punto de muestreo y valor de 'Salud de los ríos' obtenido del trabajo con las/los estudiantes.

Para que las/os estudiantes pudieran generar evidencia propia de alguno de los parámetros considerados, en la tercera actividad, realizada en la segunda jornada del taller, tomaron muestras de agua y realizaron determinaciones semi cuantitativas de concentración de nitratos y enterobacterias. Las muestras tomadas con las/os estudiantes fueron las siguientes: A) agua del caño del desagüe

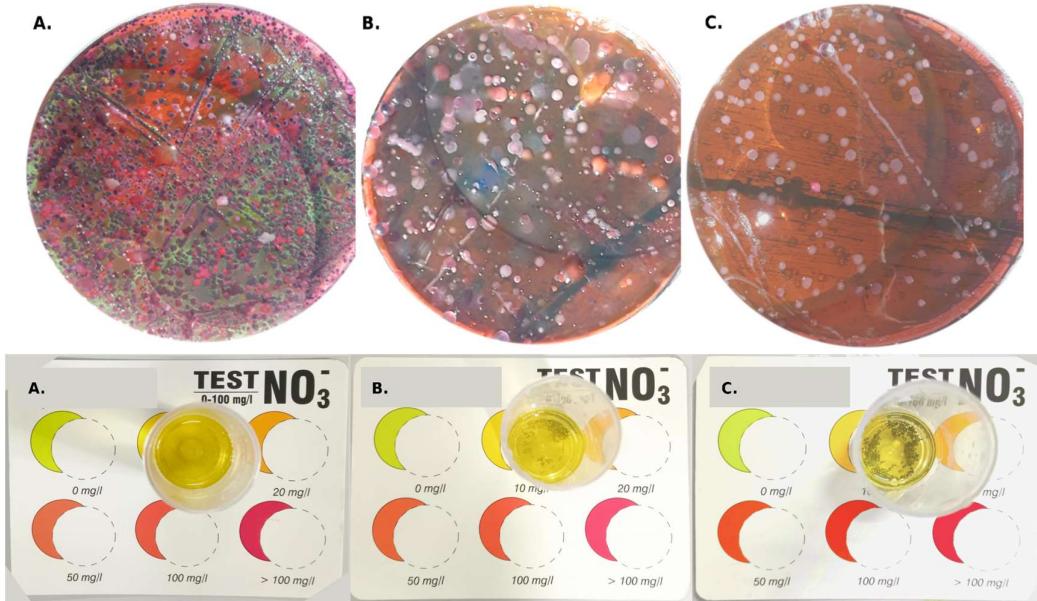
cloacal de la escuela, B) agua del río Carapachay frente a la Escuela, C) agua del mismo río tratada utilizando un filtro construido en la Escuela.

El ensayo microbiológico se inició sembrando 0,5 ml de agua en cada placa de Petri con jeringas estériles de 1 ml, con las que se tomaron muestras de cada una de las fuentes. Se incluyó una placa control sobre la cual se repitió el

procedimiento sin el agregado de muestra. A continuación, se colocaron las placas en la incubadora, y se compartieron los fundamentos de construcción y funcionamiento del instrumento. En esta instancia se abrió un espacio de intercambio en el que las/los estudiantes pudieron hacer consultas y proponer mejoras al equipo e incluso proponer adaptaciones para darle otros usos como incubadora para fermentos lácteos o huevos de aves. En las palabras de un estudiante: “*Y está bueno tener herramientas así. Y.... para cómo decir? Hacer tus propias investigaciones, hacer las cosas del agua. Y también la incubadora esa me llamó mucha atención porque estaba hecha con pocos materiales y era bastante buena. Tipo la cajita donde pusimos la incubadora tenía que estar a 35 grados y después cuando llegaba a ese punto si se pasaba se apagaba, se prendía y así tipo se tenía que mantener, y nos explicaron que ahí podíamos tipo poner... con eso podíamos hacer una incubadora de huevos, y bueno, tipo de pollitos*”.

Las placas fueron incubadas por 24 hs en la casa de una de las profesoras, quien luego las llevó nuevamente a la escuela para que las/los estudiantes pudieran observar el resultado. Las/os estudiantes pudieron interpretar los resultados obtenidos con la guía de la docente a cargo. Por un lado, se comparó el número total de colonias en cada placa, pudiendo observarse un número muy alto en la correspondiente a agua del desagüe

cloacal, un número significativamente menor en el agua de río y aún menor en el agua de río filtrada (Figura 2). No se registró crecimiento de colonias en la placa control (no se muestra). Por otro lado, apoyándose en un material de referencia elaborado a partir de las indicaciones del proveedor del medio EMB-Levine utilizado, procedieron a la identificación de las colonias presentes, pudiendo observarse presencia de enterobacterias en el agua del desagüe cloacal y agua de río, y ausencia de las mismas en el agua filtrada. En particular, pudieron observar un césped verde brillante correspondiente a la gran cantidad de bacterias de *E. coli* en el agua del desagüe cloacal, algunas pocas colonias aisladas de la misma en el agua de río y ausencia en el agua filtrada (Figura 2). Estos resultados permitieron a las/os estudiantes no solo la observación directa de los resultados que arrojó el ensayo realizado por ellas/os mismas/os, sino también la posibilidad de interpretarlos siendo asistidos por la docente a cargo. Entre las conclusiones a las que pudieron arribar se destacan hipótesis respecto al origen de las bacterias *E. coli* observadas en el río, postulando que estas podrían provenir de desagües cloacales de la zona, así como la observación de que el filtro parecería ser capaz de eliminar las enterobacterias del agua de río.



**Figura 2.** Arriba: placas de Petri conteniendo medio EMB-Levine sembradas con 0,5 ml de muestra e incubadas por 24hs. Abajo: coloración final luego del agregado de los reactivos colorimétricos para determinación de nitratos. A. Agua de desagüe, B. Agua del río Carapachay, C. Agua de río filtrada.

En paralelo a la siembra de las placas se tomaron 500 ml de cada una de las muestras de agua seleccionadas en envases plásticos para la determinación de concentración de nitratos. El correspondiente ensayo se realizó a continuación del inicio del ensayo microbiológico, guiados por el equipo de coordinación. Las y los estudiantes pudieron aplicar el protocolo de análisis como se describe en la metodología sin mayores dificultades. Los resultados evaluados utilizando la cartilla de color indicaron valores de concentración de nitratos muy similares para las tres muestras y en el rango más bajo de detección del método, no pudiendo informarse valores de concentración de nitrato o diferencias significativas entre las muestras (Figura 2). Tampoco se contó con tiempo suficiente para aplicar el colorímetro a la lectura y análisis de los resultados obtenidos. Sin embargo, el resultado obtenido es consistente con el esperado para agua de río en base a los

valores de concentración de nitrato registrados por la RIIGLO, sin que se observe un aumento crítico de la misma en el desagüe cloacal. Encontrándonos sobre el límite de detección de la metodología, no fue posible evaluar si la concentración de nitratos disminuye luego de filtrar el agua. Si bien se trata de resultados que no arrojaron información sobre cambios en la concentración de nitratos, la experiencia resultó enriquecedora para las y los estudiantes, que pudieron aplicar la metodología y concluir que no toda técnica nos devuelve siempre datos que puedan resultar informativos a los fines de la investigación, caso de estudio y preguntas formuladas en relación a la contaminación. En relación a las dificultades que pudieran presentarse en la aplicación de la técnica un estudiante comentó: “*No, no, me pareció bastante sencillo, sencillo, no digo que sea fácil, considero que fue un lindo experimento y que creo que cualquier persona podría, si tiene la voluntad, poder hacerlo en su casa, tal vez comprobar el*

*agua que consume, ya sea... todo lo que quiera, pero estaba muy bueno, sinceramente, se nota que se puede hacer casero la cosa. Pero estaba muy bueno".*

La actividad final implicó la elaboración de un podcast colectivo, que se realizó junto al equipo de Vibra para Radio El Ceibal que funciona en el centro comunitario de la Asociación ITEKOA, organización vecinal cercana a la escuela. Las y los estudiantes grabaron los audios en grupos de dos personas compartiendo cuales fueron aquellas experiencias que les llamaron más la atención y los enviaron vía WhatsApp. El registro se complementó con entrevistas breves a algunos estudiantes que no se sumaron a la propuesta de grabar ellos mismos los audios. El trabajo de edición quedó en manos del equipo técnico de la Radio El Ceibal, quienes elaboraron un podcast en el que se incluyeron audios tomados del intercambio durante las diferentes actividades desarrolladas. El podcast fue subido a diferentes plataformas de reproducción y difundido entre los/as estudiantes y la comunidad isleña (CoSensores, s.f.d). Este permitió dejar registro de algunos de los aprendizajes más significativos a partir de compartir la presente propuesta.

## CONCLUSIONES

La secuencia de actividades propuesta permitió a los estudiantes realizar una primera aproximación al estudio de la salud de los ríos en su entorno cercano, incorporando e integrando conceptos como parámetros de calidad y valores límite para un determinado uso del agua. A la vez la propuesta contribuyó a fortalecer habilidades como interpretación de datos a través de gráficos y mapas, el trabajo en grupo, la reflexión y la comunicación oral de las conclusiones. Por otra parte, la realización de ensayos para determinación de algunos de los parámetros de calidad de agua considerados, permitió a las y los

estudiantes evaluar niveles de contaminantes que no es posible reconocer a simple vista como es el caso de nitratos y enterobacterias.

El diseño de la propuesta didáctica, así como el diálogo de saberes abierto a partir de su puesta en práctica, generaron algunas reflexiones y aprendizajes hacia el interior del equipo sobre la enseñanza de cuestiones ambientales considerando los contextos particulares de las y los estudiantes. La experiencia nos demostró que el trabajo con bases de datos u otras fuentes de información es una opción accesible, y a la vez adecuada desde el punto de vista didáctico. En este contexto, realizar análisis químicos y/o bacteriológicos tomando muestras de agua en los ríos aledaños a las escuelas para luego analizarlas en laboratorios especializados parecería no ser viable. En primer lugar, porque la toma de muestras de agua debe hacerse cumpliendo algunos requisitos en cuanto al tipo de envase y la conservación en frío hasta llegar al laboratorio, ya que si no se cumplen no se obtendrían resultados confiables. Por otro lado, los requisitos son aún más estrictos cuando se quieren hacer análisis microbiológicos, dado que los envases deben ser estériles y las muestras deben ser llevadas al laboratorio con rapidez. A la vez, el costo que tienen estos análisis también dificulta que puedan realizarse en el marco de una actividad escolar.

El trabajo con escuelas isleñas presenta dificultades de tipo logístico que dificultan la participación desde continente en la implementación de las secuencias didácticas, restringiendo las posibilidades de intervención del grupo extensionista a unos pocos encuentros. En ese sentido, resulta fundamental el trabajo conjunto y coordinado con las y los docentes, para lograr la implementación, replicación y sostenimiento de este tipo de propuestas. Por último, esta experiencia nos recuerda la importancia del vínculo entre los diferentes niveles educativos de la

educación pública y su presencia en el territorio para la defensa de los modos de vida isleños. En palabras de uno de los estudiantes: “*A mi sinceramente me gustó que aún recuerden esta escuela y que vengan, eso da alegrías, más que otras cosas, que vengan que nos tengan en cuenta*”.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al profesor Diego Domínguez, director de la EES N° 31 ‘Haroldo Conti’, Río Carapachay (Partido

de Tigre, Pcia. de Buenos Aires) y a las y los docentes que nos recibieron con interés y calidez. Al (ex) Ministerio de Educación de la Nación que a través de la Subsecretaría de Fortalecimiento de las Trayectorias Estudiantiles financió el proyecto de Voluntariado Universitario: ‘Aportes de la educación ambiental al fortalecimiento de los modos isleños de habitar el Delta del río Paraná’ (V69-UBA16917, convocatoria 2022). Agradecemos los aportes constructivos de los dos revisores anónimos.

### BIBLIOGRAFÍA

- Apella, M.C. y Araujo, P. Z. (2005). Microbiología del agua: Conceptos básicos. En M. Blesa y J. Blanco Gálvez (Eds.), *Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua*. Universidad Nacional de San Martín, 294 pp.
- Bazylenko, A., Sirolli, H., Do Campo, M., Glustein, J., Jatar, L., Ramello, M., Larrandart, S., Mordiero, J., Falcón, M.A., Ostertag, C., Carrillo Pinto, C., Saveika, C. y Borón, C.I. (2024). Relevamiento ambiental en un territorio en conflicto del Delta inferior del Paraná. *Revista Estudios Ambientales*, 12(1), 61-85.
- Bermudez, G. y De Longhi, A. L. (2008). La educación ambiental y la ecología como ciencia: Una discusión necesaria para la enseñanza. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 275-297.
- Bonan, L., Bonanata, J., González, M.L., Pittaro, A., Chadwick, G. y Azpiazu, S. (2021). La significatividad del ciclo del agua: un camino para explorar modos de construir una educación científica intercultural. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 50, 15-34.
- Castro, F., Benarroch, A. (2023). Tendencias investigativas en educación formal acerca del agua: revisión sistemática en la literatura científica colombiana. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 53, 102-120. <https://doi.org/10.17227/ted.num53-13648>
- CoSensores. (s.f.a). CoSensores (Sensores Comunitarios). <https://gitlab.com/cosensores>
- CoSensores. (s.f.b). Incubadora libre. <https://gitlab.com/cosensores/incubadora>
- CoSensores. (s.f.c). COLORímetro. <https://gitlab.com/cosensores/color-metro>
- CoSensores. (s.f.d). Vibra, Zumbido isleño. <https://gitlab.com/cosensores/taller-salud-de-los-rios-/tree/216d03412ede41c02a1c36ef8a5c45e0d5d20c24/Actividad%204>
- Domínguez, E., Giorgi, A. y Gómez, N. (2020). La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina: bases para el análisis de la integridad ecológica. Eudeba.
- Elboj, C., Puigdellívola, I., Soler, M. y Valls, R. (2002). Comunidades de aprendizaje. Transformar la educación. Grao.
- Fernández Cirelli, A.V., Volpedo, A. (2020). Indicadores físico-químicos: ¿qué, cómo y cuánto reflejan la calidad del agua? En E. Domínguez, A. Giorgi y N. Gómez (Comps.), *La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina: bases para el análisis de la integridad ecológica*. Eudeba.

Giorgi, A. y Feijoó, C. (2016). Indicadores de salud de los ríos: necesidad de un acuerdo en su aplicación y difusión. En A. Volpedo, L. de Cabo, S. Arreghini, A. Fernández Cirelli (Eds.), Ecología y manejo de ecosistemas acuáticos pampeanos (pp. 125-130). VIII EMEAP, Actas, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Glustein, J. y Espinoza Cara, A. (2-4 de noviembre de 2022). Taller “¿Qué rol tiene el agua en tu vida?": experiencia de abordaje en escuelas medias dentro de una reserva de biosfera [Resumen de presentación]. XII Jornadas Nacionales y IX Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica. <https://www.aqa.org.ar/images/EducacionQuimica/Jornadas2022.pdf>

Glustein, J., Bazylenco, A., Mordiero, J., Jatar, L., Ostertag, C., Larrandart, S., Sirolli, H., Falcón, M.A., Pinto, C., Saveika, C., Borón, C. y Do Campo, M. (2023). Investigación interdisciplinaria en diálogo con pobladores isleños del Delta inferior del Paraná organizados en defensa de su territorio y sus modos de vida. IV Jornadas de Fundamentos y Aplicaciones de la Interdisciplina. Salud, Ciencia y Tecnología-Serie de Conferencias, 2(1): 135. <https://doi.org/10.56294sctconf2023135>

Gómez Chamorro, J., González, F. y Angiorama, X. (2024). La enseñanza híbrida de las ciencias, la ESI y la EAI. Homo Sapiens Ediciones

Hernández, A. M. (2009). El taller como dispositivo de formación y socialización de las prácticas. En L. Sanjujo (Ed.), Los dispositivos para la formación en prácticas profesionales (1a ed.). Homo Sapiens

Lessig, L. (2004). Free Culture. How big media uses technology and the law to lock down culture and creativity. The Penguin Press.

Ortega, M., Martínez, F., y Padilla, F. (2003). Aspectos metodológicos para evaluar la calidad ambiental de los humedales. Instituto de Estudios Almerienses.

Pérez, G. y González Galli, L. (2020). Una posible definición de metacognición para la enseñanza de las ciencias. Investigações em Ensino de Ciências, 25(1), 384-404. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n1p384>

Poveda Ducón, K., Piegari, E., Boron, I. e Iribarren, L. (2024). Apropiación social de tecnologías libres: una experiencia de monitoreo ambiental participativo y educación ambiental. Revista Tecnología, Ciencia y Educación, 28, 163–190. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.18667>

Ramírez-Segado, A., Rodríguez-Serrano, M., Benarroch, A. (2021). El agua en la literatura educativa de las dos últimas décadas: Una revisión sistemática. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18(1), 1107. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1107](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1107)

RIIGLO (Red de Intercambio de Información de los Gobiernos Locales del Río de la Plata). <https://datos.gob.ar/dataset/ambienteocalidad-agua>

Sauvé, L. (2005). Uma cartografia das correntes em educação ambiental. En Sato, M., Carvalho, I. (Eds.), A pesquisa em educação ambiental: cartografias de uma identidade narrativa em formação. Artmed.

Sanmartí, N. (2002). Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria. Síntesis.

Seoane y Taddei (2010). Recolonización, Bienes comunes de la naturaleza y alternativas de los pueblos. CLACSO.

Suarez, H. y Bonan, L. (2013). Educación Ambiental en la escuela primaria: el problema de los residuos domiciliarios en la ciudad de Buenos Aires. Normal 3 Ediciones.

Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2003). Desarrollos de niveles guías nacionales de calidad de agua ambiente correspondientes a Escherichia coli/enterococos. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/documento46>.