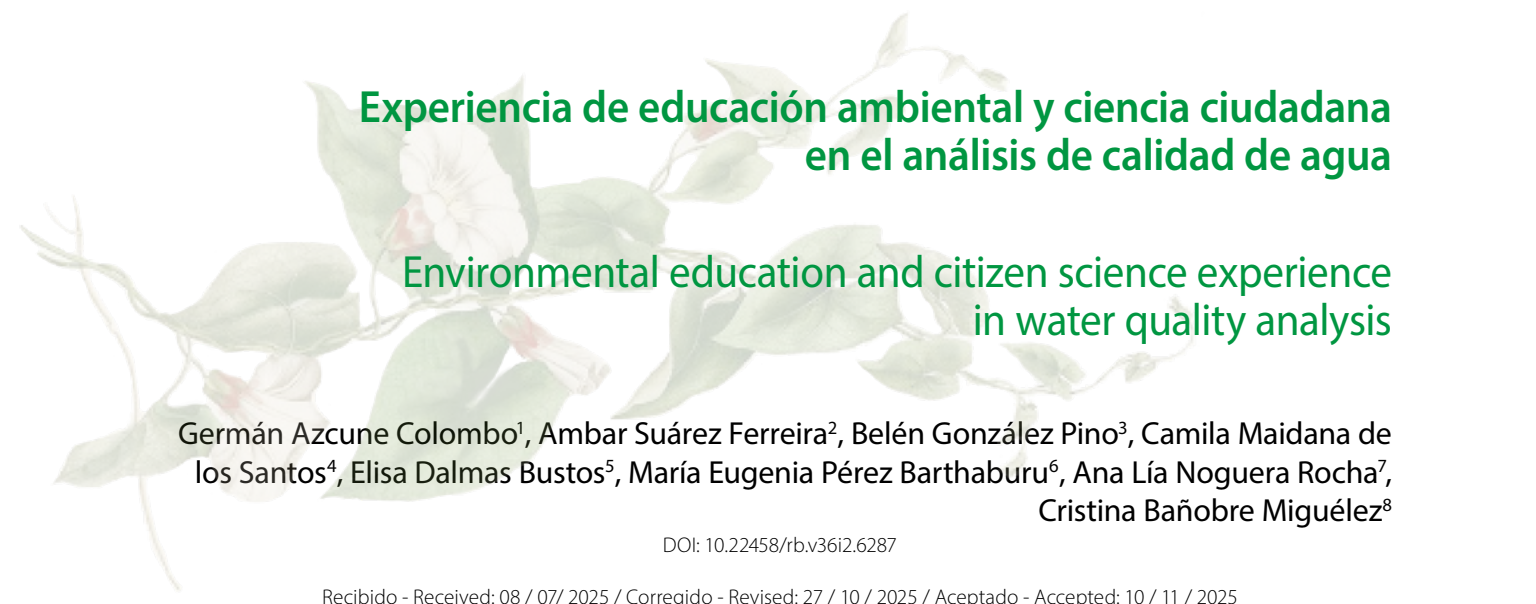




Experiencia de educación ambiental y ciencia ciudadana en el análisis de calidad de agua

Environmental education and citizen science experience in water quality analysis

Germán Azcune Colombo¹, Ambar Suárez Ferreira², Belén González Pino³, Camila Maidana de los Santos⁴, Elisa Dalmas Bustos⁵, María Eugenia Pérez Barthaburu⁶, Ana Lía Noguera Rocha⁷, Cristina Bañobre Miguélez⁸

DOI: 10.22458/rb.v36i2.6287

Recibido - Received: 08 / 07 / 2025 / Corregido - Revised: 27 / 10 / 2025 / Aceptado - Accepted: 10 / 11 / 2025

RESUMEN

El estudio describe una experiencia de educación ambiental llevada a cabo en Rocha, Uruguay, centrada en el análisis de la calidad del agua como eje articulador de contenidos científicos y ambientales. La propuesta fue desarrollada por docentes del Centro Universitario Regional del Este (CURE) junto a los tres liceos públicos de la ciudad, con la participación de estudiantes de entre 14 y 16 años. La propuesta se estructuró en tres jornadas: formación teórica y capacitación en muestreo, análisis experimental en laboratorio e interpretación de resultados, reflexión colectiva y evaluación. Se empleó una metodología mixta, con instrumentos diagnósticos y finales con el uso de *kits* estandarizados para determinar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados reflejaron mejoras significativas en los conocimientos y el interés de los estudiantes por la temática ambiental, así como la identificación de niveles variables de contaminación en fuentes locales, lo que generó espacios de análisis crítico. En una segunda fase, algunos participantes actuaron como cofacilitadores en una jornada dirigida a futuros docentes, consolidando los aprendizajes adquiridos. La experiencia destaca el valor de propuestas pedagógicas contextualizadas y colaborativas para promover aprendizajes significativos, fortalecer la vinculación interinstitucional y fomentar la construcción de ciudadanía ambiental.

Palabras clave: empoderamiento juvenil; calidad del agua; vinculación interinstitucional; aprendizaje significativo; extensión universitaria.

ABSTRACT

This study describes an environmental education experience carried out in Rocha, Uruguay, focused on water quality analysis as an integrating axis for scientific and environmental content. The initiative was developed by faculty from the Centro Universitario Regional del Este (CURE) in collaboration with the city's three public high schools, involving students aged 14 to 16. The proposal was structured in three sessions: theoretical training and sampling techniques, experimental laboratory work and results analysis, collective reflection, and learning evaluation. A mixed methodology was applied, combining diagnostic and final assessment tools with standardized kits for the determination of physicochemical and microbiological parameters. The results showed significant improvements in students' knowledge and interest in environmental topics, as well as the identification of varying levels of contamination in local water sources, which prompted spaces for critical discussion. In a second phase, a group of students participated as cofacilitators in a session for future teachers, consolidating their acquired knowledge. This experience highlights the value of contextualized and collaborative pedagogical approaches to promote meaningful learning, strengthen interinstitutional links, and foster the construction of environmental citizenship.

Key words: youth empowerment; water quality; interinstitutional linkage; meaningful learning; university outreach.

- 1 Departamento de Desarrollo Tecnológico, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Rocha, Uruguay,
german.azcune@gmail.com
ID: <https://orcid.org/0000-0003-3016-9352>
- 2 Liceo N°1 Departamental “Doña Cora Vigliola de Renaud”, Administración Nacional de Educación Pública, Rocha, Uruguay,
ambar.suarez@docente.ceibal.edu.uy
ID: <https://orcid.org/0009-0003-3865-3074>
- 3 Departamento de Desarrollo Tecnológico, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Rocha, Uruguay,
mabel2406@gmail.com
ID: <https://orcid.org/0009-0004-6370-7270>
- 4 Departamento de Desarrollo Tecnológico, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Rocha, Uruguay,
cami.mdls@gmail.com
ID: <https://orcid.org/0009-0000-4141-016X>
- 5 Departamento de Desarrollo Tecnológico, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Rocha, Uruguay,
elisadalmasbustos@gmail.com
ID: <https://orcid.org/0009-0009-7062-8411>
- 6 Departamento de Desarrollo Tecnológico, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Rocha, Uruguay,
meperez@cure.edu.uy
ID: <https://orcid.org/0000-0002-3730-760X>
- 7 Departamento de Desarrollo Tecnológico, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Rocha, Uruguay,
analianoguera@gmail.com
ID: <https://orcid.org/0000-0003-1193-9825>
- 8 Departamento de Desarrollo Tecnológico, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Rocha, Uruguay,
cbanobre@cure.edu.uy
ID: <https://orcid.org/0009-0004-5910-7184>

Introducción

La educación ambiental se ha consolidado como un componente esencial en la formación de ciudadanos comprometidos con la sostenibilidad y la conservación de los recursos naturales (Bonilla Acevedo et al., 2024; du Preez & Möhr-Swart, 2004; van de Wetering et al., 2022). Diversos estudios destacan que la integración de prácticas experimentales en la enseñanza de las ciencias no solo facilita la comprensión de conceptos teóricos, sino que también promueve una conciencia crítica sobre las problemáticas ambientales locales y globales (Cappa et al., 2012; Greenall Gough & Robottom, 1993; Moreira-Segura et al., 2015; Staniskis & Stasiskiene, 2006).

La calidad del agua es un tema central en la educación ambiental, dada su relevancia para la salud pública y los ecosistemas (Giordano et al., 2023; Ruiz-Barrios & Diez-Martínez Day,

2021). Su abordaje desde una perspectiva pedagógica activa permite establecer vínculos directos entre el conocimiento científico y el territorio que habitan los estudiantes, fortaleciendo el sentido de pertenencia y la capacidad de incidir en su entorno (Cano Martínez, 2021; Giordano Gibert, 2024; Moreira-Segura et al., 2015; Pérez Rodríguez, 2011). La implementación de actividades prácticas que involucren a estudiantes en el monitoreo y análisis de cuerpos de agua locales no sólo contextualiza el aprendizaje, sino que incentiva el desarrollo del pensamiento crítico y la alfabetización científica (Cori Tenorio et al., 2020; Juhl et al., 1997).

En este sentido, la incorporación de la ciencia ciudadana como herramienta pedagógica y de investigación ofrece una vía concreta para vincular la producción de conocimiento científico con la acción colectiva y la participación social. Este enfoque promueve la implicación

activa de los estudiantes en todas las etapas del proceso —desde la observación y el registro hasta el análisis e interpretación de datos—, fortaleciendo su sentido de pertenencia, autonomía y competencia frente a problemáticas ambientales reales. Al integrar la experiencia científica con la reflexión crítica sobre el entorno, la ciencia ciudadana contribuye a democratizar el conocimiento y a consolidar aprendizajes significativos en contextos educativos formales y no formales (Allf & Larson, 2025; Giordano et al., 2023; Ruiz-Mallen et al., 2010).

Desde el paradigma sistémico, la educación ambiental se orienta a comprender el ambiente como un entramado de interrelaciones dinámicas entre componentes biológicos, físicos y sociales. Más que limitarse a la enseñanza de la conservación, busca desarrollar una visión global que integre los procesos ecológicos, económicos, sociales y culturales que configuran las realidades ambientales, favoreciendo una comprensión compleja y contextual del mundo (Sauvé, 2005). Su carácter transversal en el currículo permite integrar saberes de diversas áreas con el fin de lograr una comprensión crítica y transformadora de las dimensiones ecológicas, sociales y culturales del ambiente, vinculando la educación con la acción colectiva por la sostenibilidad (Bonilla Acevedo et al., 2024; Cano & Sánchez, 2024).

Formar estudiantes científicamente alfabetizados implica más que enseñar contenidos: supone generar situaciones didácticas que despierten la curiosidad, estimulen el análisis crítico y vinculen los saberes escolares con decisiones concretas en contextos socioambientales reales (Pérez Martín, 2018). En este sentido, trabajar con problemas

contextualizados, como la calidad del agua, se inscribe en una línea pedagógica que busca generar aprendizajes significativos, conectando los contenidos escolares con los intereses y realidades del estudiantado.

Pozo et al. (2006) subrayan la importancia de que la enseñanza de las ciencias vaya más allá de la transmisión de contenidos, favoreciendo el desarrollo de habilidades cognitivas y afectivas que impliquen al estudiante en la comprensión crítica de su entorno. Este enfoque promueve no solo la apropiación conceptual, sino también una implicación ética, social y ambiental, posicionando a la ciencia como una herramienta para comprender y transformar el entorno. Así, cuando los estudiantes aplican herramientas científicas a problemáticas locales, como la calidad del agua, se fortalece no solo su comprensión científica, sino también su ciudadanía crítica, contribuyendo a la formación de individuos conscientes y capaces de incidir activamente en su comunidad (Pérez Martín, 2018).

Por su parte, la extensión universitaria, como función sustantiva de las instituciones de educación superior, ofrece una vía para la articulación entre saberes académicos y saberes populares (Cano & Sánchez, 2024; Pineda Ariza, 2021). Estas acciones, cuando se enmarcan en una lógica de construcción horizontal del conocimiento, promueven el diálogo de saberes, la participación comunitaria y la transformación social (Cappa et al., 2012; Lamarche et al., 2023; Monteverde et al., 2018).

Las experiencias que vinculan estudiantes de distintos niveles —secundario, terciario y universitario— posibilitan la formación de redes educativas interinstitucionales que enriquecen el proceso de enseñanza-aprendizaje y

estimulan las vocaciones científico-académicas (Cappa et al., 2012; Cori Tenorio et al., 2020; Greenall Gough & Robottom, 1993).

En este contexto, se desarrolló en el departamento de Rocha, Uruguay, una experiencia de educación ambiental y extensión universitaria que articuló actores e instituciones educativas diversas. A lo largo de tres jornadas, los participantes fueron capacitados en técnicas de muestreo, análisis de parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua, e interpretación de resultados en función de la normativa vigente (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2008; Presidencia de la República, 1979).

El alto nivel de apropiación de los aprendizajes por parte de los estudiantes se reflejó en su participación posterior como cofacilitadores en una jornada formativa dirigida a estudiantes del último año del Instituto de Formación Docente de Rocha “Dr. Héctor Lorenzo y Losada”. Allí, replicaron la actividad en clave de pares, compartiendo sus saberes y experiencias previas con futuros docentes, en una dinámica de enseñanza horizontal que refuerza el enfoque transformador de la educación ambiental (Godoy Morales, 2020; Ratz Scoarize et al., 2022).

Así, el abordaje de la calidad del agua desde una perspectiva de ciencia ciudadana y educación ambiental crítica se presenta como una oportunidad para desarrollar competencias científicas, éticas y sociales en contextos locales, favoreciendo la formación de estudiantes capaces de comprender e incidir en su entorno. El presente artículo tiene como objetivo analizar esta experiencia educativa desde la perspectiva de la educación ambiental y la extensión universitaria, destacando sus aportes en términos de construcción

colectiva del conocimiento, fortalecimiento de vínculos interinstitucionales y empoderamiento estudiantil frente a problemáticas socioambientales locales.

Metodología

Este estudio se desarrolló como una experiencia de investigación-acción educativa, enmarcada en un enfoque cualitativo-participativo, con componentes cuantitativos de evaluación diagnóstica y final. La intervención fue implementada en el departamento de Rocha, Uruguay, durante el mes de octubre de 2024, y consistió en una secuencia de tres jornadas presenciales articuladas entre el Centro Universitario Regional del Este (CURE) y los tres liceos públicos de la capital departamental (Liceo N.º 1 “Doña Cora Vigliola de Renaud”, Liceo N.º 2 “Prof. Rosalío A. Pereyra”, y Liceo N.º 3 “Profesora Mariana Saldain Pioli”). Participaron 29 estudiantes de entre 14 y 16 años de edad, quienes fueron acompañados por un equipo docente multidisciplinario en el diseño, ejecución y análisis de un estudio sobre la calidad del agua.

Diseño general de la experiencia

La actividad se estructuró en tres instancias consecutivas: (1) introducción teórica y capacitación en muestreo, (2) análisis experimental en laboratorio, y (3) puesta en común y evaluación de resultados. La propuesta fue concebida y desarrollada de manera colaborativa entre docentes del CURE y de los liceos participantes, incluyendo instancias de diálogo previo con los grupos estudiantiles para definir los sitios de muestreo y las preguntas de investigación, en un proceso de construcción colectiva del conocimiento propio de la ciencia ciudadana. Cada etapa fue diseñada con objetivos específicos de aprendizaje, integrando contenidos

curriculares de química, biología y educación ambiental. A su vez, se promovió el trabajo colaborativo en equipos y la discusión crítica en torno a los resultados obtenidos.

Instancia 1: Introducción teórica y toma de muestras

La primera jornada, de carácter expositivo, se desarrolló el 9 de octubre de 2024, en el salón multiuso del Liceo N.º 3 “Profesora Mariana Saldain Pioli”. Incluyó una presentación teórica sobre los principales parámetros de calidad del agua —amonio, fosfatos, cloruros, hierro II, nitratos, pH, turbidez y coliformes—, con énfasis en su importancia ambiental y sanitaria.

Además, se realizó una evaluación diagnóstica a través de un cuestionario estructurado para relevar conocimientos previos, intereses y expectativas de los participantes. La instancia concluyó con un espacio destinado a resolver dudas y preparar las actividades de campo.

En esta jornada también se discutieron y definieron los puntos de muestreo, mediante una dinámica participativa guiada por el equipo docente. Los estudiantes propusieron lugares que consideraban relevantes, ya sea por su cercanía, uso habitual o valor personal, como sitios de consumo doméstico, zonas recreativas o fuentes naturales frecuentadas. Se priorizó que las muestras representaran una diversidad de orígenes y distintos destinos de uso, a efectos de contrastar los resultados con la normativa nacional de calidad de agua. Esta selección fortaleció el vínculo entre el proceso de aprendizaje y el entorno cotidiano de los estudiantes, generando mayor apropiación y compromiso.

Las muestras fueron tomadas íntegramente por los estudiantes, aplicando las buenas prácticas de muestreo abordadas durante la

capacitación. Los siete puntos seleccionados representaron diferentes tipos de fuentes hídricas del entorno urbano y periurbano de la ciudad de Rocha y del balneario La Paloma (28 km al sureste): un arroyo urbano próximo a la descarga de efluentes tratados, una perforación utilizada como fuente de agua potable, un estanque, un bañado, dos cañadas urbanas y una muestra de agua de red (OSE). La elección de estos sitios respondió tanto a su diversidad ambiental como a su significado cotidiano para los participantes, reforzando la articulación entre el trabajo experimental y la comprensión del territorio.

Instancia 2: Análisis experimental

La segunda jornada tuvo lugar el 16 de octubre de 2024 en el laboratorio del Liceo N.º 3 “Profesora Mariana Saldain Pioli”. Los estudiantes se organizaron en equipos y cada grupo trabajó con una muestra distinta, realizando el análisis completo de los parámetros definidos. Para ello, circularon por estaciones de trabajo temáticas (mesas de análisis), en cada una de las cuales se evaluaba al menos un parámetro. En cada estación, un docente responsable explicaba la técnica por utilizar, fundamentaba su relevancia sanitaria y ambiental, y guiaba una breve discusión con los estudiantes durante el proceso analítico. Esta dinámica permitió que todos los participantes realizaran todas las determinaciones, más allá del foco inicial en una sola muestra, con un objetivo formativo.

Se aplicaron técnicas estandarizadas mediante kits colorimétricos, tiras reactivas y equipos digitales. Los parámetros analizados y los materiales utilizados fueron los siguientes:

- **Amonio:** Kit Visocolor Alpha Ammonium – Macherey Nagel

- **Fosfatos:** Kit Visocolor ECO 5-84 – Macherey Nagel
- **Cloruros:** Kit Visocolor HE Chlorid CL500 – Macherey Nagel
- **Hierro II:** Kit Visocolor ECO 5-26 – Macherey Nagel
- **Nitratos:** Kit Visocolor ECO 5-41 – Macherey Nagel
- **Dureza:** Tiras reactivas AQUADUR 5–25 – Macherey Nagel
- **pH:** Tiras reactivas pH FIX 6.0–10.0 – Macherey Nagel
- **Turbidez:** Turbidímetro digital Bante TB2100
- **Coliformes** (totales y fecales): Kit Colitag – Neogen, con incubación a temperatura controlada

Los datos obtenidos fueron registrados por los grupos en plantillas compartidas mediante una plataforma digital accesible a través de códigos QR. Esta estrategia permitió la consolidación y organización de la información para su posterior análisis colectivo.

Instancia 3: Sistematización, análisis y reflexión

La última jornada se desarrolló el 18 de octubre de 2024 en las instalaciones del CURE. En ella, los grupos presentaron sus resultados, compararon los valores medidos con los estándares nacionales de calidad de agua (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2008; Presidencia de la República, 1979) y discutieron colectivamente el cumplimiento o incumplimiento de los parámetros establecidos por la normativa nacional, en función del tipo de uso de cada muestra. Esta reflexión se orientó al análisis de las posibles fuentes de

contaminación y a la relevancia de la calidad del agua para la salud pública y el ambiente.

Durante esta jornada también se analizaron las muestras incubadas para evaluar la presencia de coliformes, y se realizó una visita guiada por los laboratorios del CURE, lo que permitió a los estudiantes conocer el ámbito universitario y sus líneas de investigación. Finalmente, se aplicó un cuestionario de evaluación final que permitió comparar conocimientos antes y después de la experiencia, así como valorar el impacto formativo de la actividad desde la perspectiva de los participantes.

Evaluación y análisis de datos

Se emplearon dos herramientas principales de evaluación: un cuestionario diagnóstico aplicado en la primera jornada y un cuestionario de cierre en la tercera (Escobar Neira & Ortega Andeane, 2014). Ambos contenían preguntas cerradas y abiertas orientadas a medir conocimientos declarativos, intereses, percepción del aprendizaje y autoeficacia en relación con la temática abordada. El análisis de resultados se realizó de manera comparativa, registrando las transformaciones cognitivas y actitudinales reportadas por los participantes.

Asimismo, como parte del seguimiento del impacto de la actividad, se incluyó una cuarta instancia de formación: una jornada de capacitación dirigida a estudiantes del Instituto de Formación Docente de Rocha “Dr. Héctor Lorenzo y Losada”, en la que algunos de los adolescentes que habían participado en la experiencia original actuaron como facilitadores junto a los docentes. Esta instancia permitió evaluar la apropiación de conocimientos por parte de los estudiantes y su capacidad para transferirlos en contextos

formativos, constituyendo un indicador cualitativo relevante del alcance del proyecto. La interpretación de los resultados se realizó en conjunto, promoviendo la discusión crítica sobre las posibles causas y consecuencias de los valores observados, así como la identificación de acciones comunitarias orientadas a la mejora de la calidad del agua.

Resultados y discusión

Resultados experimentales

El análisis de las muestras recolectadas por los estudiantes arrojó resultados variados en relación con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados. Se analizaron un total de siete muestras de agua, provenientes de fuentes diversas (arroyo, perforación, estanque, bañados, cañadas y agua de red pública). En todos los casos se determinó: dureza, amonio, fosfatos, cloruros, hierro II, nitratos, pH, turbidez, coliformes totales y coliformes fecales.

En seis de las siete muestras analizadas (85,7 %), se detectó la presencia de coliformes fecales, y en todas las muestras (100 %) se identificaron coliformes totales. En cuanto a la turbidez, se observaron niveles superiores a los valores recomendados en tres muestras, con un caso especialmente crítico (111,4 NTU). En dos muestras se superó el valor guía para hierro (superior a 1 mg/L), y en una muestra se registró un pH por debajo del rango permitido (pH = 5). Todas las muestras presentaron valores de fosfatos iguales o superiores a 1 mg/L. Estos resultados permitieron comparar los datos obtenidos con la normativa nacional según el tipo de uso del agua, e identificar en varios casos condiciones de incumplimiento, lo cual motivó

reflexiones sobre la calidad del agua en entornos cotidianos y sus posibles implicancias sanitarias y ambientales.

Más allá de los valores numéricos, el proceso de análisis promovió discusiones colectivas que permitieron resignificar los datos desde una perspectiva ambiental y social. Las reflexiones generadas durante la jornada de sistematización evidenciaron una comprensión más amplia de los procesos que determinan la calidad del agua, integrando factores naturales y antrópicos. Los estudiantes vincularon los resultados con actividades humanas concretas, lo que refleja un tránsito desde la observación empírica hacia la comprensión sistémica del ambiente. Además, se destacó un cambio en la percepción de la ciencia como herramienta accesible para el diagnóstico y la acción comunitaria, reforzando los principios de la ciencia ciudadana al promover el involucramiento activo de los jóvenes en el cuidado del territorio.

Evaluación del aprendizaje

Los cuestionarios aplicados antes y después de la actividad evidencian mejoras significativas en el conocimiento, la percepción y el interés de los estudiantes en relación con la calidad del agua y su análisis. En el cuestionario diagnóstico, 32 % de los participantes respondió correctamente que la “calidad del agua” se refiere a su aptitud para el uso al que está destinada, mientras que en la evaluación final esta proporción ascendió a 87 %.

En cuanto al reconocimiento de los parámetros relevantes para evaluar la calidad del agua, 28 % de los estudiantes identificó correctamente al menos cuatro de los trabajados en el taller —como pH, amonio, nitratos y cloruros— en el

cuestionario inicial; en el cuestionario final, esta proporción aumentó a 83 %.

La autopercepción del conocimiento también se vio fortalecida. Al inicio de la actividad, solo 21 % calificó su nivel como “alto” (puntuaciones de 4 o 5 en una escala de 1 a 5); al cierre, esa valoración fue expresada por 74 % de los estudiantes.

Asimismo, se observó un aumento significativo en la percepción de utilidad del aprendizaje: 62 % consideraba al comenzar la actividad que los conocimientos adquiridos podrían ser útiles en su vida cotidiana, frente a 91 % que así lo manifestó al finalizar la experiencia. Del mismo modo, se registró un incremento en el interés por la temática ambiental y las ciencias en general: 78 % indicó que la actividad despertó su curiosidad por carreras científicas o ambientales. Estos resultados cuantitativos se complementaron con evidencias cualitativas de mayor motivación, curiosidad y sentido de responsabilidad ambiental, que se expresaron de forma especialmente clara en la instancia de transferencia posterior.

Apropiación del conocimiento y transferencia

Uno de los aspectos más destacados de la experiencia fue la participación de siete estudiantes en una instancia posterior de formación, destinada a estudiantes del Instituto de Formación Docente de Rocha “Dr. Héctor Lorenzo y Losada”. En esa jornada, los adolescentes actuaron como cofacilitadores, compartiendo su experiencia, acompañando a los futuros docentes en el uso de kits de análisis y guiando discusiones sobre contaminación y salud ambiental.

Esta participación evidenció la apropiación efectiva de los conocimientos adquiridos y la consolidación de liderazgos estudiantiles. El proceso de transferencia horizontal, característico de la extensión universitaria, reafirma el potencial transformador de la educación ambiental cuando se enmarca en un paradigma participativo y sistémico, donde el conocimiento se construye colectivamente y se orienta a la acción social. La experiencia muestra un proceso de apropiación del conocimiento que trasciende lo instrumental: la educación ambiental crítica promueve una pedagogía participativa que transforma a los estudiantes en sujetos activos del proceso educativo. En este sentido, la posibilidad de que los estudiantes repliquen saberes en una lógica de enseñanza entre pares constituye un indicador claro de apropiación y empoderamiento educativo.

Discusión

En conjunto, los resultados obtenidos confirman el valor pedagógico y social de integrar la experimentación científica en contextos educativos reales, una práctica ampliamente validada por investigaciones previas (Cori Tenorio et al., 2020; Juhl et al., 1997). A través del trabajo con muestras locales y técnicas reales, los estudiantes lograron contextualizar los contenidos curriculares, fortalecer su pensamiento crítico y desarrollar habilidades de análisis y comunicación científica.

Asimismo, la dimensión extensionista del proyecto permitió tender puentes entre la educación media y la universidad, fortaleciendo el sentido de pertenencia territorial y democratizando el acceso al conocimiento científico (Cappa et al., 2012; Cori Tenorio et al., 2020). Este enfoque se tradujo en un proceso

de diálogo interinstitucional y de aprendizaje mutuo entre actores educativos de distintos niveles. Estas acciones se alinean con el enfoque de aprendizaje transformador que promueve una relación horizontal entre actores educativos, y reconoce a los estudiantes como productores de saberes válidos y significativos (Alvarado Cantero, 2017; Duggan et al., 2021; Sarraute Requesens et al., 2023).

El carácter interdisciplinario de la propuesta también fue clave para promover una comprensión integral del ambiente como sistema complejo, tal como lo sugieren los marcos actuales en educación ambiental crítica y sustentable (Duggan et al., 2021; Meyer, 1999; Ratz Scoarize et al., 2022).

Finalmente, la experiencia demuestra que la educación ambiental puede ser una herramienta efectiva no solo para la alfabetización científica, sino también para la transformación de prácticas educativas y comunitarias, cuando se inserta en un enfoque participativo y situado que reconoce las particularidades socioambientales del territorio y valora el protagonismo estudiantil en la producción de conocimiento (Duggan et al., 2021; Eames et al., 2018; Ruiz-Mallen et al., 2010). A lo largo de las distintas etapas de la actividad, los y las estudiantes ocuparon un rol central, no solo como destinatarios de saberes, sino también como agentes activos en la definición de preguntas, la toma de decisiones, el trabajo experimental y la socialización de los resultados, incluso en espacios formativos con otros pares.

En general, los hallazgos refuerzan el papel de la alfabetización científica como eje articulador entre conocimiento, acción y compromiso social. La experiencia favoreció no solo la apropiación conceptual, sino también el desarrollo de habilidades de análisis, la reflexión ética y la

participación activa en torno a problemáticas ambientales cercanas.

Al aplicar herramientas científicas a situaciones del entorno inmediato, los y las estudiantes fortalecieron su comprensión crítica y su capacidad de incidencia en sus comunidades, evidenciando un aprendizaje situado y transformador (Pérez Martín, 2018; Pozo et al., 2006). En otras palabras, esta dinámica refuerza el potencial transformador de las propuestas educativas que integran conocimiento científico, contexto local y participación juvenil de forma articulada.

En síntesis, los resultados reflejan la efectividad de un modelo educativo basado en la ciencia ciudadana y la educación ambiental crítica, capaz de articular el aprendizaje científico con la reflexión ética y social. Desde el paradigma sistémico, los estudiantes no sólo comprendieron los parámetros de calidad del agua, sino que reconocieron las interdependencias entre los procesos ecológicos y las prácticas humanas, fortaleciendo su sentido de pertenencia y responsabilidad ambiental. La experiencia confirma el valor de integrar la educación ambiental en el currículo desde un enfoque participativo y territorial, potenciando tanto la alfabetización científica como la formación ciudadana.

Conclusiones

La experiencia presentada evidencia el potencial transformador de una educación ambiental crítica, situada y participativa, enmarcada en el paradigma sistémico y la ciencia ciudadana, y articulada interinstitucionalmente a través de la extensión universitaria. Mediante el diseño y ejecución de una secuencia didáctica centrada en el análisis de calidad del agua, estudiantes de entre 14 y

16 años no sólo accedieron a conocimientos científicos complejos, sino que lograron aplicarlos a problemáticas reales de su territorio, fortaleciendo sus competencias experimentales, su pensamiento crítico y su conciencia ambiental. La propuesta, además, favoreció la comprensión del ambiente como sistema interrelacionado de dimensiones ecológicas, sociales y culturales, promoviendo una mirada integrada del territorio.

La intervención se alinea con el enfoque por competencias recientemente incorporado en el sistema educativo uruguayo, al promover aprendizajes significativos vinculados a situaciones del entorno que requieren la integración de saberes científicos, reflexivos, ciudadanos y colaborativos, en coherencia con los lineamientos del Marco Curricular Nacional.

Los resultados obtenidos en las actividades de laboratorio revelaron situaciones relevantes de contaminación en fuentes locales de agua, lo cual generó discusiones profundas entre los estudiantes sobre las causas y consecuencias de estos hallazgos. La apropiación significativa de los aprendizajes se confirmó tanto en los instrumentos de evaluación como en la participación activa de algunos estudiantes como coformadores en una instancia posterior de capacitación a futuros docentes, lo que refleja procesos de liderazgo juvenil y transferencia horizontal del conocimiento, característicos de la extensión universitaria.

Desde una perspectiva pedagógica, reafirma la importancia de integrar actividades experimentales contextualizadas en la educación media, particularmente cuando estas son acompañadas por el trabajo colaborativo entre el sistema universitario y los centros educativos públicos. Asimismo, evidencia cómo la extensión universitaria, entendida no sólo como un canal de difusión, sino como un

espacio de diálogo de saberes y construcción colectiva de conocimiento, puede generar impactos concretos en la formación ciudadana y la transformación territorial.

Finalmente, el proyecto se configura como una experiencia replicable en otros contextos educativos, tanto en Uruguay como en América Latina, y plantea oportunidades para fortalecer la formación docente inicial y continua en clave ambiental, desde enfoques críticos y participativos. Su desarrollo demuestra que integrar la educación ambiental en el currículo desde un enfoque participativo, territorial y sistémico constituye una estrategia eficaz para promover la alfabetización científica, la conciencia ambiental y el compromiso social necesarios para avanzar hacia la sostenibilidad.

Por tanto, se requieren políticas educativas que reconozcan el valor de la educación ambiental como eje transversal del currículo, así como iniciativas que promuevan el trabajo articulado entre instituciones y comunidades. La actividad desarrollada permite proyectar nuevas acciones que profundicen en el trabajo con estudiantes de diferentes niveles e incentiven el desarrollo sostenido de competencias vinculadas al ambiente, la ciencia y la ciudadanía.



Referencias

- Alif, B. C., & Larson, L. R. (2025). The role of intrinsic motivation in sustaining citizen science participation among diverse participants in a corporate volunteer program. *PLOS One*, 20(9), e0331221. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0331221>
- Alvarado Cantero, L. (2017). Aprendizaje como proceso transformador: una experiencia de proyección a la comunidad. *Revista Comunicación*, 26(1–17), 14–31. <https://doi.org/10.18845/rc.v26i1-17.3320>
- Bonilla Acevedo, K. D., Cuero Cuero, A., & García-Noguera, L. (2024). Educación ambiental para el desarrollo sostenible: revisión de estrategias pedagógicas en contextos locales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 10559–10595. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15768
- Cano, A., & Sánchez, C. (2024). Educación popular y extensión universitaria: rastros teóricos y nodos críticos a partir de la experiencia. *Revista Da FAEEDBA - Educação e Contemporaneidade*, 33(76), 174–192. <https://doi.org/10.21879/faeeba2358-0194.2024.v33.n76.p174-192>
- Cano Martínez, M. I. (2021). La contaminación del agua: una propuesta para trabajar de forma funcional y significativa en la educación secundaria. *Investigación En La Escuela*, 63, 47–63. <https://doi.org/10.12795/IE.2007.i63.04>
- Cappa, V. A., Rivero, C. W., Britos, C. N., & Trelles, J. A. (2012). Educación ambiental y detección de contaminantes agua. *Resúmenes del 5º Congreso Nacional de Extensión Universitaria*.
- Cori Tenorio, M. B., Maldonado Vásquez, V. del R., & Mendoza Aquino, M. (2020). Educación ambiental para el uso eficiente del agua potable en alumnos de quinto de primaria de tres instituciones educativas en la ciudad de Tacna. *Ingeniería Investiga*, 2(2), 405–417. <https://doi.org/10.47796/ing.v2i2.414>
- du Preez, N. P., & Möhr-Swart, M. (2004). An integrated approach to environmental education: a case study. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 5(1), 11–20. <https://doi.org/10.1108/14676370410512562>
- Duggan, G. L., Jarre, A., & Murray, G. (2021). Learning for change: Integrated teaching modules and situated learning for marine social-ecological systems change. *The Journal of Environmental Education*, 52(2), 118–132. <https://doi.org/10.1080/00958964.2020.1852524>
- Eames, C., Sund, P., Gasparetto Higuchi, M. I., Torres de Oliveira, H., & O'Donoghue, R. (2018). Exploring the constitution of environmental education as situated, critical processes of learning and change: a collaborative synthesis across diverse regional contexts. *Pesquisa Em Educação Ambiental*, 13(2), 42–60. <https://doi.org/10.18675/2177-580X.vol13.Especial.p42-60>
- Escobar Neira, C., & Ortega Andeane, P. (2014). Efectividad de tres estrategias de educación ambiental en el ahorro del agua en una universidad de México. *Revista Latinoamericana de Medicina Conductual*, 4(1), 41–58. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=283043155006>
- Giordano, G., Trimble, M., & Jacobi, P.-R. (2023). Educación ambiental y gobernanza del agua en la cuenca de laguna del Sauce, Uruguay. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 34, 121–140. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.34.2023.5798>
- Giordano Gibert, G. (2024). *Educación ambiental, agua y participación: sistematización de experiencia con organizaciones de la sociedad civil en la cuenca de la Laguna del Sauce (Maldonado, Uruguay)*. (Manuscrito no publicado).
- Godoy Morales, I. T. (2020). Promoción del uso responsable del agua potable desde los planes educativo-ambiental. *Revista de Propuestas Educativas*, 1(2), 138–155. <https://doi.org/10.33996/propuestas.v1i2.43>
- Greenall Gough, A., & Robottom, I. (1993). Towards a socially critical environmental education: water quality studies in a coastal school. *Journal of Curriculum Studies*, 25(4), 301–316. <https://doi.org/10.1080/0022027930250401>
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2008). *UNIT 833 Standard*. www.ose.com.uy/descargas/clientes/reglamentos/unit_833_2008_.pdf
- Juhl, L., Yearsley, K., & Silva, A. J. (1997). Interdisciplinary Project-Based Learning through an Environmental Water Quality Study. *Journal of Chemical Education*, 74(12), 1431–1433. <https://doi.org/10.1021/ed074p1431>

- Lamarche, A. E., Gutiérrez, M., & Zavaro Pérez, C. A. (2023). *Las Prácticas de Extensión como experiencia en la articulación de saberes entre las cátedras y el territorio*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Meyer, K. E. (1999). *Integrating environmental education into a science curriculum: A proposal for Missoula County Public School District proposal for Missoula County Public School District* [University of Montana]. <https://scholarworks.umt.edu/etd>
- Monteverde, A. C., Possidoni, C., Peruzzo, L., & Naef, E. (2018). Saberes y sabores en diálogo: curricularización de la extensión e Investigación-Acción Participativa. *+E: Revista de Extensión Universitaria*, 8(9), 203–219. <https://doi.org/10.14409/extension.v8i9.jul-dic.7857>
- Moreira-Segura, C., Araya-Rodríguez, F., & Charpentier-Esquivel, C. (2015). Educación ambiental para la conservación del recurso hídrico a partir del análisis estadístico de sus variables. *Revista Tecnología En Marcha*, 28(3), 74–84. <https://doi.org/10.18845/tm.v28i3.2413>
- Pérez Martín, J. M. (2018). Experiencias para una alfabetización científica que promueva la justicia ambiental en distintos niveles educativos. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 7(1), 119–140. <https://doi.org/10.15366/riejs2018.7.1.006>
- Pérez Rodríguez, S. E. (2011). Educación ambiental: estrategia en la enseñanza de contaminación en fuentes hídricas. *Luaz*, 33, 10–14. <https://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n33/n33a02.pdf>
- Pineda Ariza, A. C. (2021). La Extensión Universitaria como Experiencia Pedagógica de una Educación Popular para el Cambio Social. *Voces y Realidades Educativas*, 7(1) SE-Artículo de Investigación, 169–180. <https://vocesyrealidadeseducativas.com/ojs/index.php/vyc/article/view/31>
- Pozo, J. I., Gómez Crespo, M. Á., & Sanz, A. (2006). *Enseñar y aprender ciencias: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Presidencia de la República. (1979). *Decreto 253/979 Norma para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas*. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/253-1979>
- Ratz Scoarize, M. M., Bosquê Contieri, B., Delanira-Santos, D., Furrigo Zanco, B., & Benedito, E. (2022). An interdisciplinary approach to address aquatic environmental issues with young students from Brazil. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 31(1), 38–52. <https://doi.org/10.1080/10382046.2021.1943220>
- Ruiz-Barrios, E., & Díez-Martínez Day, M. E. (2021). Formación de ciudadanos ambientales mediante un curso sobre la sostenibilidad del agua utilizando TIC. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 3(1), 1–16. https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2021.v3.i1.1301
- Ruiz-Mallen, I., Barraza, L., Bodenhorn, B., Ceja-Adame, M. de la P., & Reyes-García, V. (2010). Contextualising Learning through the Participatory Construction of an Environmental Education Programme. *International Journal of Science Education*, 32(13), 1755–1770. <https://doi.org/10.1080/09500690903203135>
- Sarraute Requesens, M. M., Delgado Coellar, A. E., Solano Meneses, E. E., & Chávez López, C. (2023). *El Aprendizaje-Servicio Transformador*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Aragón. <https://doi.org/10.22201/fesa.9786073083812e.2023>
- Sauvé, L. (2005). Currents in environmental education: Mapping a complex and evolving pedagogical field. *Canadian Journal of Environmental Education (CJEE)*, 10(1), 11–37.
- Staniskis, J. K., & Stasiskiene, Z. (2006). An integrated approach to environmental education and research: a case study. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 8(1), 49–58. <https://doi.org/10.1007/s10098-005-0028-1>



van de Wetering, J., Leijten, P., Spitzer, J., & Thomaes, S. (2022). Does environmental education benefit environmental outcomes in children and adolescents? A meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology*, 81(March), 101782. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101782>

Anexos

Evaluación previa actividad "Estudio de la calidad del agua"

El siguiente formulario de evaluación no lleva nota de ningún tipo, y no busca evaluar el conocimiento de los estudiantes, sino el proceso de aprendizaje dado durante la actividad, por lo que les pedimos que estén tranquilos y sean lo más sinceros posibles durante la realización de este. El mismo es anónimo para asegurar lo anterior.

* Indica que la pregunta es obligatoria

1) ¿Sabes qué es la contaminación del agua? *

Marca solo un óvalo.

☐ Sí

☐ No

☐ No estoy seguro

2) ¿Has participado en alguna actividad relacionada con el análisis o estudio del agua? *

Marca solo un óvalo.

☐ Sí

☐ No

3) ¿Cómo calificarías tu nivel de conocimiento sobre la calidad del agua? *

Marca solo un óvalo.

1

2

3

4

5

4) ¿Qué entiendes por «calidad del agua»? *

Marca solo un óvalo.

☐ La pureza del agua

☐ La cantidad de minerales en el agua

☐ Si el agua es apta para el uso que está destinada

☐ No estoy seguro

5) ¿Qué parámetros crees que se utilizan para medir la calidad del agua? (Puedes marcar más de una opción) *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

☐ pH Amonio

☐ Cloruros

☐ Nitratos

☐ No estoy seguro

6) ¿Crees que ahora entiendes mejor los parámetros que determinan la calidad del agua? *

Marca solo un óvalo.

☐ Sí, mucho mejor

☐ Un poco mejor

- 7) ¿Entiendes ahora la importancia de medir ciertos parámetros para evaluar la calidad del agua y su impacto en la salud? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ Un poco
☐ No estoy seguro

- 8) ¿Crees que la actividad cumplió con las expectativas que tenías al inicio? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí, completamente
☐ Parcialmente
☐ No

- 9) ¿Qué parte de la actividad fue la más útil o interesante para ti? (Puedes marcar más de una opción) *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- ☐ Experimentar en el laboratorio
☐ Salir a tomar muestras
☐ Analizar datos

- 10) ¿Cómo calificarías las explicaciones del equipo docente? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Muy claras
☐ Claras
☐ Poco claras
☐ Confusas

- 11) ¿El equipo docente te brindó el apoyo necesario durante las actividades experimentales? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí, siempre
☐ Sí, en general
☐ A veces
☐ No

- 12) ¿Crees que los docentes lograron generar interés en la temática? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí, mucho
☐ Un poco
☐ No

- 13) ¿Considerarías estudiar una carrera relacionada con la ciencia o el ambiente en el futuro? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ Tal vez
☐ No estoy seguro

- 14) ¿Te interesa seguir aprendiendo sobre la calidad del agua después de esta actividad? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí, mucho
☐ Un poco
☐ No

- 15) ¿Crees que lo que aprendiste es útil en tu vida diaria o en tu comunidad? *

Marca solo un óvalo.

() Sí

() No

16) ¿Te gustaría participar en actividades similares en el futuro? *

Marca solo un óvalo.

() Sí

() No

() No estoy seguro

17) ¿Qué te gustó más de la actividad? *

18) ¿Qué mejorarías de la actividad? *

