

**EL ARSÉNICO EN AGUA COMO CONTROVERSIA SOCIOCIENTÍFICA PARA LA
FORMACIÓN CRÍTICA DEL PROFESORADO EN TEMAS AMBIENTALES Y
ALIMENTARIOS**

DAMIAN ALBERTO LAMPERT

Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina
damian.lampert@unq.edu.ar | <https://orcid.org/0000-0001-8842-1499>

LUDMILA CORTIZAS

Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Quilmes, Argentina
lcortizas@uvq.edu.ar | <https://orcid.org/0000-0002-1352-7093>

SILVIA PORRO

Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Argentina
sporro1@uvq.edu.ar | <https://orcid.org/0000-0003-3515-1856>

RESUMEN

Este trabajo presenta una investigación acerca de la importancia del uso de Controversias SocioCientíficas (CSC) en la formación del profesorado a partir de una temática de interés actual que engloba la educación ambiental y alimentaria. Por ello, se plantea una secuencia didáctica (SD) sobre la problemática ambiental de arsénico (As) en agua y se plantean dos CSC: 1) los límites legales de As en agua y 2) la contaminación del agua con As a partir de la urbanización en humedales. La SD fue aplicada a docentes de una capacitación de actualización sobre Ambiente, Desarrollo y Sociedad del último año de la escuela secundaria. El objetivo es conocer como el uso de CSC permite incorporar aspectos de naturaleza de la ciencia, desarrollar el pensamiento crítico, y trabajar temas motivacionales y de interés actuales. Los resultados obtenidos, mediante técnicas cualitativas y cuantitativas validadas, muestran un cambio en la concepción del profesorado sobre dichos ejes.

PALABRAS CLAVE

controversias sociocientíficas; arsénico en agua; educación ambiental.



SISYPHUS

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 12, ISSUE 03,

2024, PP 52-74

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.36550>

CC BY-NC 4.0

O ARSÊNICO NA ÁGUA COMO CONTROVÉRSIA SOCIOCIENTÍFICA PARA A FORMAÇÃO CRÍTICA DE PROFESSORES EM QUESTÕES AMBIENTAIS E ALIMENTARES

DAMIAN ALBERTO LAMPERT

Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina
damian.lampert@unq.edu.ar | <https://orcid.org/0000-0001-8842-1499>

LUDMILA CORTIZAS

Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Quilmes, Argentina
lcortizas@uvq.edu.ar | <https://orcid.org/0000-0002-1352-7093>

SILVIA PORRO

Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Argentina
sporro1@uvq.edu.ar | <https://orcid.org/0000-0003-3515-1856>

RESUMO

Este trabalho apresenta uma investigação sobre a importância da utilização de Controvérsias Sociocientíficas (CSC) na formação de professores a partir de um tema de interesse atual que abrange a educação ambiental e alimentar. Por esse motivo, é proposta uma sequência didática (SD) sobre os problemas ambientais do arsênico (As) na água, colocando duas CSCs: 1) os limites legais do As na água e 2) a contaminação da água com As proveniente da urbanização em zonas húmidas. A SD foi aplicada a professores de uma formação contínua em Ambiente, Desenvolvimento e Sociedade do último ano do ensino secundário. O objetivo é saber como a utilização da CSC nos permite incorporar aspetos da natureza da ciência, desenvolver o pensamento crítico e trabalhar temas de interesse motivacionais e atuais. Os resultados obtidos, com recurso a técnicas qualitativas e quantitativas validadas, mostram uma mudança na conceção dos professores sobre estes temas.

PALAVRAS - CHAVE

controvérsias sociocientíficas; arsênico na água; educação ambiental.



SISYPHUS

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 12, ISSUE 03,

2024, PP 52-74

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.36550>

CC BY-NC 4.0

ARSENIC IN WATER AS A SOCIO-SCIENTIFIC CONTROVERSY FOR THE CRITICAL TRAINING OF TEACHERS IN ENVIRONMENTAL AND FOOD ISSUES

DAMIAN ALBERTO LAMPERT

Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina
damian.lampert@unq.edu.ar | <https://orcid.org/0000-0001-8842-1499>

LUDMILA CORTIZAS

Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Quilmes, Argentina
lcortizas@uvq.edu.ar | <https://orcid.org/0000-0002-1352-7093>

SILVIA PORRO

Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Argentina
sporro1@uvq.edu.ar | <https://orcid.org/0000-0003-3515-1856>

ABSTRACT

This paper presents an investigation about the importance of the use of Socio-Scientific Controversies (SSC) in teacher training based on a topic of current interest that encompasses environmental and food education. For this reason, a didactic sequence (DS) is proposed on the environmental problems of arsenic (As) in water and two SSIs are raised: 1) the legal limits of As in water and 2) the contamination of water with As as a result of the urbanization of wetlands. The DS was applied to teachers of a continuous training on Environment, Development and Society in the last year of secondary school. The objective is to know how the use of SSC allows us to incorporate aspects of the nature of science, develop critical thinking and work on motivational and current topics of interest. The results obtained, through validated qualitative and quantitative techniques, show a change in the teachers' conception of these issues.

KEY WORDS

socio-scientific controversies; arsenic in water; environmental education.



SISYPHUS

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 12, ISSUE 03,

2024, PP 52-74

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.36550>

CC BY-NC 4.0

El Arsénico¹ en Agua como Controversia Sociocientífica para la Formación del Profesorado en Temas Ambientales y Alimentarios

Damian Alberto Lampert², Ludmila Cortizas, Silvia Porro

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la sociedad se encuentra atravesada por cuestiones científicas y tecnológicas polémicas que producen diferentes tensiones sociales (Reis, 2009). La salida de la pandemia de la COVID-19, los conflictos bélicos y el uso y explotación de los recursos naturales relacionados al desarrollo de problemas y conflictos ambientales son característicos de esta era a la que gran cantidad de autores llaman antropoceno, o sea: “Procesos geológicos y geomorfológicos inéditos, así como nuevos compuestos químicos visibilizan el creciente papel de los seres humanos como una fuerza más de la naturaleza” (Zilio & D’Amico, 2022). La magnitud de las transformaciones es tan grande que termina generando, desde el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad (CTS), desastres lentos y rápidos (Lampert et al., 2022). La gravedad de los desastres se traduce en las controversias socio-científicas que afectan a nuestra sociedad, que requieren para su solución o mitigación una sociedad alfabetizada científicamente y un estudiantado que asuma el rol de agente de cambio (Porro, 2022; Reis, 2014). Sin embargo, la realidad en las escuelas de Argentina se enfrenta a diseños curriculares sobrecargados con contenidos puramente disciplinares y trabajados de manera muy superficial. Por ello, es importante impulsar el uso de las controversias en las aulas para superar la apatía del estudiantado, y que de esta forma se puedan tomar las acciones apropiadas sobre esas cuestiones a partir del desarrollo del pensamiento crítico (Gray et al., 2009). En este contexto de gran incertidumbre, es fundamental proporcionarle al profesorado las herramientas para afrontar la enseñanza contextualizada (Porro, 2023). Un tema para la enseñanza contextualizada es la presencia de Arsénico en agua.

LAS CONTROVERSIAS CIENTÍFICAS EN LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CRÍTICO

La Naturaleza de la Ciencia (NdC o NOS por sus siglas en inglés) es un área de la didáctica de la ciencia que se define como el conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica (Adúriz-Bravo, 2005a). Estos contenidos se nutren de una serie de

¹ La temática educativa de Arsénico en agua se trabaja dentro del Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias (GIECIEN) desde hace más de seis años, siendo uno de los pocos grupos a nivel nacional que realiza la transferencia educativa de la temática.

² Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes. Roque Sáenz Peña 352, B1876 Bernal, Provincia de Buenos Aires.



disciplinas metacientíficas, como la epistemología, historia, sociología y psicología de la ciencia. Las metaciencias son disciplinas que estudian a la ciencia, diferentes a las disciplinas de las Ciencias Naturales (Aduriz-Bravo, 2005b). Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2019) proporcionan la definición de Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT), en lugar de NdC, al considerar a la tecnociencia como parte de la construcción del conocimiento (Tala, 2009). Por tal motivo, se propone a la NdCyT como parte del enfoque CTS de enseñanza (Acevedo-Díaz et al., 2007). Las metaciencias son mencionadas por Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2019) como metaconocimientos, siguiendo el modelo desarrollo de 4-mundos, que toma como referencia el mundo natural, el mundo de la práctica tecno-científica, el mundo de los conocimientos tecno-científico de Popper, y un cuarto mundo, el de los metaconocimientos, que incluye disciplinas diferentes a la ciencia y la tecnología para el estudio de las mismas.

A partir de los aspectos de NdC y NdCyT, se han desarrollado diferentes visiones sobre qué enseñar y cómo (Alters, 1997; Kötter & Hammann, 2017). Aduriz-Bravo plantea la idea de “campos teóricos estructurantes” en los cuales propone discutir cuestiones metateóricas de las corrientes epistemológicas del siglo XX como parte de incorporar aspectos de NdC a partir de temáticas de actualidad (Aduriz-Bravo, 2007).

Dentro del campo de la Didáctica de las Ciencias han surgido diferentes propuestas de trabajar la NdC/NdCyT a partir de diferentes controversias científicas (Acevedo-Díaz & García-Carmona, 2016; Acevedo-Díaz et al., 2018; Lampert & Porro, 2020). Su uso fue ocupando un lugar de relevancia de forma que se ha ido convirtiendo en un campo de estudio independiente (Pabon et al., 2015; Ratcliffe & Grace, 2003; Sadler, 2011).

Van Rooy (1997) señala cuatro líneas para incluir el abordaje de controversias: la de la psicología del aprendizaje, la de la sociología del conocimiento, la cívica y social, y la ética. La primera se centra en la importancia de incorporar el contenido disciplinar y mejorar las habilidades relacionadas al pensamiento crítico, como resolución de problemas y toma de decisiones. La segunda se centra en el uso de las controversias para acercar contenidos de NdC. La tercera se centra en la importancia de las controversias para el abordaje de problemáticas científicas y tecnológicas y, por último, la cuarta, y no menos importante, se centra en la posibilidad de que el estudiantado adquiera valores en torno a las cuestiones científicas. Este último argumento es central en la nueva corriente de la didáctica de las ciencias que se da en llamar “Controversias Sociocientíficas”.

Existe un acuerdo más o menos establecido en definir a las controversias sociocientíficas (CSC a partir de ahora) como aquellas problemáticas que tienen una base en la ciencia e involucran frecuentemente conocimiento científico de frontera; involucran también la formación de opinión y la toma de decisiones a nivel personal y social; frecuentemente son difundidas por medios de comunicación que tienen sus propios intereses alrededor del tema; lidian con información incompleta y/o conflictiva; comprenden dimensiones locales, nacionales y globales; involucran análisis del tipo costo-beneficio, donde el riesgo interactúa con los valores; sus resoluciones comprenden razonamientos éticos y morales (Ratcliffe y Grace, 2003). (Vilouta Rando, 2020, p. 45)

Retomando la relación entre NdCyT y educación CTS propuesta por Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2019) y, las líneas de Van Rooy (1997) sobre el uso de controversias, se puede mencionar que las CSC son una herramienta que permitiría fomentar el pensamiento

crítico a partir de propuestas científicas contextualizadas para el estudiantado. Presley et al. (2013) proporcionan una serie de herramientas para el uso de CSC en el aula. En primer lugar, se debe identificar si las CSC se presentan en los contenidos del diseño curricular donde se busca implementar el uso de las mismas. La segunda herramienta se relaciona con la prevalencia de CSC en todo momento de la clase. Por último, se relaciona con el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico como la toma de decisiones y la resolución de problemas. Este tipo de capacidades, permite al estudiantado realizar lecturas de la realidad, a pesar de tener que abandonar ciertas certezas (Adúriz-Bravo & Izquierdo Aymerich, 2021). Por ello es fundamental el uso de CSC para desarrollar las diferentes habilidades asociadas al pensamiento crítico para saber en qué creer y cómo. Manassero Mas y Vázquez Alonso (2020a, 2020b) proponen cuatro dimensiones asociadas al pensamiento crítico:

- . Dimensión de la creatividad.
- . Dimensión del razonamiento y argumentación.
- . Dimensión de problemas complejos que incluye la resolución de problemas y toma de decisiones.
- . Dimensión de evaluación y juicio.

Estas cuatro dimensiones presentan una similitud con lo propuesto por Van Rooy (1997) sobre las líneas para incluir las controversias en la enseñanza de las ciencias y así fomentar la alfabetización científica por medio de los problemas sociales de la actualidad. Asimismo, siguiendo lo establecido por Reis (2014), la alfabetización científica debe presentarse de una forma ampliada con el fin incluir los deseos del estudiantado de hacer preguntas, buscar sus propios caminos de investigación, discutir/criticar diferentes perspectivas y desarrollar sus propias conclusiones. En palabras textuales del autor:

El concepto de alfabetización científica debe incluir el desarrollo en los alumnos de la capacidad y el compromiso de tomar las acciones apropiadas, responsables y eficaces en asuntos de interés social, económico, ambiental y ético-moral. Algunos autores sugieren que la acción socio-política de los estudiantes sobre controversias socio-científicas tiene el poder de mejorar: a) el conocimiento de estas cuestiones; b) sus competencias de investigación y de ciudadanía; y, eventualmente, c) el bienestar de los individuos, las sociedades y los ambientes (Bencze & Carter, 2011; Roth & De'sautels, 2002). (Reis, 2014, p. 18)

Para que el estudiantado se alfabetice científicamente y desarrolle habilidades críticas, el profesorado debe acompañarle en sus prácticas y actividades. Por ello, es fundamental que el profesorado cuente con formación acerca del uso de CSC en las aulas. Se han realizado varias investigaciones cualitativas sobre la perspectiva del profesorado sobre las CSC y, en especial, sobre las miradas de la genética y la biotecnología (Occelli et al., 2018; Vilouta Rando, 2019). La mayoría del profesorado, cuando utiliza las CSC como estrategia de enseñanza del enfoque CTS (Figura 1), incorpora trabajos grupales, discusiones guiadas, análisis de artículos periodísticos o de divulgación, búsqueda de información en Internet (Occelli et al., 2018). Estas actividades se presentan sin ningún tipo de vínculo con el dominio del conocimiento y, por ende, se pierde el valor epistémico de trabajar las CSC en el aula



(Occelli et al., 2018). Asimismo, las CSC permiten trabajar temas que podrían ser transversales a una asignatura y área disciplinar y que promuevan la incorporación de contenidos actuales y nuevos, sin dejar la perspectiva crítica de análisis de los mismos (Duso, 2017).

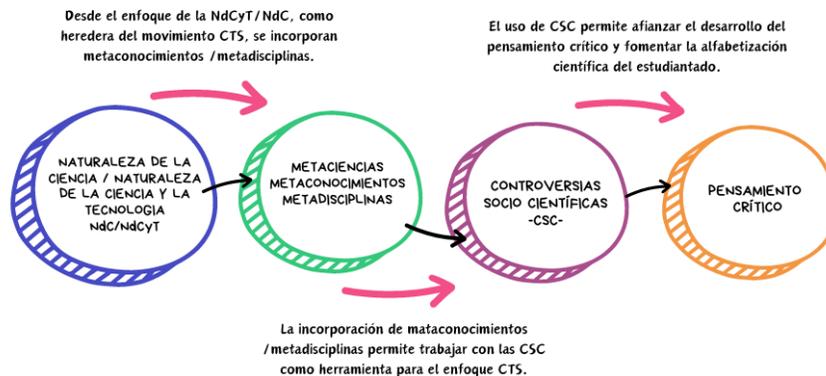
Reis (2014) ha implementado un proyecto de apoyo al profesorado donde se incluyen acciones sociopolíticas informadas sobre CSC y Contribuciones Socio Ambientales (CSA) y ha logrado obtener los siguientes resultados:

- . El uso de CSC/CSA genera el empoderamiento de los estudiantes como ciudadanos;
- . Las propuestas generan conocimiento de las interacciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente;
- . Las CSC/CSA fomentan conocimiento sobre la realización de iniciativas específicas de acción socio-política;
- . Las propuestas promueven el rol del profesorado y el estudiantado como una ciudadanía activa y como agentes de cambio.

Gandolfi (2024) establece que se debe (re)pensar la educación científica en el contexto de la relación entre la ciencia y los desafíos sociopolíticos, las injusticias, y los problemas de la ciudadanía actual y, por ello, la NdC desde una perspectiva crítico-descolonial permite articular la educación científica con la justicia social (donde se encuentran presente las temáticas ambientales).

En Argentina, en particular, la actividad docente se encuentra regulada por los diseños curriculares y por la percepción del profesorado de cumplir de forma estricta y ordenada con el mismo. Sin embargo, existen asignaturas que abren la posibilidad para el uso de propuestas libres e innovadoras. Una de ellas es Biología, Genética y Sociedad (Vilouta Rando, 2019), y otra es la asignatura Ambiente, Desarrollo y Sociedad, sobre la que trabajaremos en este artículo. La figura 1 resume la perspectiva pedagógica y didáctica en la cual se encuentra el uso de CSC para la educación CTS.

Figura 1
Relación entre la Naturaleza de la Ciencia, las CSC y el Pensamiento Crítico



Fuente: Elaboración propia.

LA EDUCACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL Y LA ASIGNATURA “AMBIENTE, DESARROLLO Y SOCIEDAD”

A escala nacional, y desde hace algunos años, existe una política pública (la Ley 27.621) que establece el derecho a la educación ambiental integral. La Educación Ambiental Integral (EAI) es un proceso educativo permanente con contenidos específicos y transversales. Su objetivo es formar una conciencia ambiental y aportar a la formación ciudadana y al ejercicio del derecho a un ambiente sano, digno y diverso. A su vez, entre otros objetivos, defiende la sustentabilidad como proyecto social, el desarrollo con justicia social, la protección de la salud, y la democracia participativa. En su búsqueda por el abordaje integral de los contenidos educativos, la EAI frente a una problemática compleja y curiosa como la contaminación del agua, intentará reconocer los componentes involucrados y sus relaciones, propiciará la participación y educación ciudadana debido a que interpela a múltiples actores y, además, supondrá el desarrollo de pensamiento crítico e innovador para formar estudiantes y docentes capaces de interpretar la realidad con enfoques de diferentes disciplinas y con nuevas técnicas, modelos y métodos que permitan cuestionar los modelos vigentes y generen alternativas posibles. Algo no menor en torno a la ley, es que, al ser de alcance nacional, la escala de intervención es abarcativa. Entonces una problemática a escala local, puede resonar a otras escalas y contagiar interés por la búsqueda de soluciones o estrategias de mitigación. Pero esto no solo apunta a despertar intereses, y producir conciencia ambiental, sino también a generar disparadores frente a instancias de capacitación y perfeccionamiento del profesorado en distintos niveles educativos (grado, y posgrado), y fomentar la elaboración de materiales y recursos de difusión (Carballo et al., 2023).

La transversalidad de la EAI implica que todas las asignaturas incorporen dicha perspectiva. Sin embargo, existe una asignatura propia, desde hace más de diez años, orientada a la EAI en la escuela secundaria.

La asignatura Ambiente, Desarrollo y Sociedad (ADS) forma parte del último año de la escuela secundaria de la Provincia de Buenos Aires con orientación Ciencias Naturales y se propone como un espacio para promover la educación CTS y el uso de CSC en el estudio de casos de diferentes problemas ambientales. A continuación, se presenta un fragmento del Diseño Curricular de la asignatura:

En este sentido, el enfoque de Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT), que incluye el estudio de las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA), sostenido en los diseños curriculares de las materias específicas de la Orientación en Ciencias Naturales, no estaría completo si no se aportase, desde la formación específica, una mirada crítica al problema del ambiente. Esta materia resulta un espacio imprescindible para completar la formación de los jóvenes dentro de la Orientación en Ciencias Naturales básicamente por dos razones. Por un lado, su estudio contribuye a la formación ciudadana reforzando la visión de ciencias como actividades humanas, contextualizadas históricamente y atravesadas por los problemas y contradicciones propias de cada época. Por otro, es una materia de integración, ya que los problemas que aborda no son disciplinares, sino que contribuyen a la perspectiva acerca de que las relaciones entre ciencia y sociedad son complejas y requieren de un tratamiento interdisciplinar. Por estas razones, corresponde desde el punto de vista pedagógico su inclusión en el tramo final de la formación. (DGCyE, 2011, p. 153)



La asignatura ADS se presenta como un área de integración donde el estudiantado pueda articular contenidos de química, física, geografía y matemática a partir de estudios de casos concretos. Para ello, se propone el rol del profesorado activo frente al uso de CSC. Incluso el diseño curricular propone la lectura de diferentes textos que posibiliten la aparición de controversias o contradicciones que deban ser aclaradas, debatidas o argumentadas en relación a los contenidos que se incluyen en la asignatura.

Asimismo, tal como lo presenta la fundamentación de la asignatura en el diseño curricular, fomenta la alfabetización científica a partir del enfoque CTS. En una investigación previa se analizó la presencia de los contenidos CTS a partir del análisis documental de los “objetivos de enseñanza” de ADS, siguiendo una metodología utilizada en España para el análisis de los planes de estudio de la educación obligatoria (Manassero-Mas & Vázquez-Alonso, 2017) y la taxonomía de temas CTS presentadas en el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) (Acevedo-Díaz et al., 2007) (Tabla 1).

Tabla 1
Representación de los contenidos de NdCyT en las asignaturas de “Ambiente, Desarrollo y Sociedad”

Temas	Subtemas	Objetivos de aprendizaje de “Ambiente, Desarrollo y Sociedad”
Influencia de Ciencia / Tecnología sobre la Sociedad	I+D	Hacer uso adecuado de escalas tempo-espaciales que se deben analizar para evaluar un problema y qué información se puede obtener de cada una.
	Responsabilidad social	Asumir responsabilidad personal y social por problemáticas ambientales y reconocer la importancia de la participación en la solución colectiva de las mismas.
	Decisiones sociales	Comprender fundamentos de manejo sustentable de recursos naturales en términos ambientales, socioeconómicos y culturales.
	Problemas sociales	Reconocer distintas problemáticas ambientales, su importancia para la situación presente y futura, sus causas y consecuencias. Comprender causas, consecuencias de la contaminación del ambiente y fuentes de contaminación del ambiente, vías de distribución y transporte y mecanismos de transformación de contaminantes.
	Resolución de problemas	Proponer análisis físico-químicos y/o biológicos, adecuados para caracterizar procesos en relación con el entorno. Reconocer y diseñar posibles acciones de mitigación y remediación para casos concretos. Contextualizar situaciones y problemáticas ambientales abordadas y analizarlas críticamente. Reconocer qué aportes de nuevas tecnologías pueden constituirse en una oportunidad para el logro de la sustentabilidad.
	Contribución al pensamiento social	Interpretar diferentes contextos históricos en relación con sus consecuencias ambientales.
	Fortalecimiento social	Sin información.
	Modelos científicos	Identificar distintos paradigmas de desarrollo y de ambiente y tomar posición en relación a estos, realizando un análisis crítico que cuestione los supuestos subyacentes de cada uno.

Fuente: Lampert et al., 2020a.



Asimismo, se espera un rol activo del estudiantado frente a la realización de investigaciones a partir de problemas o preguntas que deban ser completados con bibliografía y trabajos experimentales de posible realización. Asimismo, se promoverá en el estudiantado la argumentación a favor de distintas posturas en relación con temas controversiales, que sostenga la propia posición y anticipe las posibles objeciones de otro. De esta forma, las investigaciones que realice el estudiantado en materia de CSC permitirán desarrollar el PC, en tres de las categorías presentadas por Manassero Mas y Vázquez Alonso (2020a).

La estructura de los contenidos de la asignatura gira alrededor de cuatro elementos del ambiente: aire, agua, suelo y biodiversidad. Para este caso particular, y a los fines de la presente investigación, se trabajará con el componente agua, y en ese marco, se analizará la problemática del arsénico en agua.

Cobra particular relevancia a la hora de pensar el manejo sustentable de los recursos en la Región Pampeana, el estudio de contaminantes de origen antrópicos (expresado, por ejemplo, en la contaminación de la cuenca Matanza-Riachuelo y los cursos subterráneos como el Pampa y el Puelche) y los tóxicos naturales como el arsénico, que tiene una gran importancia en la Argentina y la provincia de Buenos Aires, expresada en la frecuencia con la que aparece en la población la enfermedad del Hidroarsenismo Crónico Regional Endémico (HACRE). (DGCyE, 2011, p. 1632)

Es parte constitutiva de la propuesta utilizar el término “Educación Hídrica” que hace referencia a la Educación ciudadana ambiental con énfasis en el tema del agua (Herrera, 2016). Asimismo, se presenta como una alternativa al problema del agua en la actual emergencia planetaria sobre el cumplimiento del derecho humano a un ambiente sano y al acceso al agua potable (Herrera, 2016).

CONTEXTO DE ESTA INVESTIGACIÓN

Esta investigación forma parte de un proyecto comparativo internacional denominado ‘The Relevance of Science Education Second’ (en adelante ROSES-2021), que es continuación de un estudio anterior realizado en 2002 (Sjøberg & Schreiner, 2019; Vázquez & Manassero, 2007). Este proyecto busca actualizar las actitudes hacia la ciencia y su educación, y el ambiente (Jidesjö et al., 2021), en jóvenes de 15 años o más y en el profesorado. Las actitudes hacia el ambiente permiten fomentar conductas profundas y cotidianas hacia la Educación para la Sostenibilidad (Manassero-Mas & Vázquez-Alonso, 2023).

El proyecto ROSES-2021 permite indagar en las actitudes ambientales, su relación con la Ciencia y la Tecnología (CyT), y el rol de las CSC en el profesorado, las deficiencias en ciertos conocimientos controversiales, como el origen de los problemas ambientales y sus relaciones con la CyT (García Ruiz et al., 2023). En materia de CSC, un estudio previo ha demostrado que el futuro profesorado aún piensa que la CyT puede resolver todos los problemas del ambiente y solo lograba establecer vínculos entre el ambiente y la tecnología, considerándola culpable de todos los problemas ambientales (García Ruiz et al., 2023).



METODOLOGÍA

Se aplicó un cuestionario planteado por el proyecto ROSES-2021 que indaga múltiples experiencias relacionadas con la CyT. En particular, fue considerada la escala “Yo y el ambiente” que presenta 13 ítems controversiales que describen diferentes aspectos actitudinales acerca del ambiente y su relación con NdC (1) (Manassero-Mas & Vázquez-Alonso, 2024). Para cada ítem, que se representa como una frase, el estudiantado debe responder la siguiente pregunta: ¿Hasta qué punto estás de acuerdo con las siguientes afirmaciones? Las respuestas se presentan sobre una escala Likert de cuatro puntos (1-desacuerdo, 2, 3, 4-acuerdo) (Manassero-Mas & Vázquez-Alonso, 2023). El resultado de las frases se expresa en términos de porcentaje de acuerdo y desacuerdo.

Como las temáticas ambientales, y en particular las CSC, se relacionan con el pensamiento crítico, como se estableció en los apartados anteriores, se utilizó el Test de Halpern relacionado al pensamiento crítico y que permite evaluar las destrezas de resolución de problemas, razonamiento verbal, prueba de hipótesis, análisis de argumentos y toma de decisiones (Halpern, 2006, 2014). Las preguntas del test que forman parte de la categoría 21-25, correspondiente a la resolución de problemas y toma de decisiones, se asocian a CSC e incluyen ejemplos relacionados al accionar profesional frente a situaciones cotidianas y ambientales. Cada situación cuenta con un puntaje tabulado a partir del desarrollo realizado por Morales (2008). Para el análisis, se aplicó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon con un 95% de nivel de confianza ($\alpha = 0,05$).

Se trabajó con una muestra de 20 docentes que han participado de una instancia de formación y actualización en temas de Educación Ambiental a través de una metodología cuasi-experimental longitudinal de pre y post aplicación de herramientas de análisis. El objetivo de la jornada era actualizar en temas de CSC para el abordaje de los ejes de la asignatura ADS.

Entre las herramientas de pre y post test, se presentó una secuencia didáctica (SD) sobre un tema de Educación Hídrica controversial: el problema de arsénico en agua. De esta forma, el grupo realizó el cuestionario ROSES-21 y los ítems del Test de Halpern en una instancia previa a la secuencia didáctica y, luego de la misma, con un intervalo de tiempo de dos meses, volvieron a realizar los cuestionarios y el test con el fin de evaluar modificaciones en su concepción sobre el ambiente y en el desarrollo del pensamiento crítico.

PROBLEMA EN CUESTIÓN Y DESARROLLO DE LA SD

CSC: EL AGUA EMBOTELLADA Y EL ARSÉNICO EN AGUA FRENTE A LA EXPANSIÓN DE LAS CIUDADES

El arsénico (As) es un elemento químico que se encuentra en el agua, suelo y aire. La presencia de As en agua genera una Enfermedad de Transmisión Hídrica (ETH) conocida como



Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE), que suele manifestarse mediante lesiones cutáneas y causar patologías de gravedad luego de un tiempo prolongado de exposición al agua contaminada (Lampert, 2022).

La calidad del agua envasada y comercializada en la República Argentina se regula mediante una normativa federal, el denominado Código Alimentario Argentino (Cáceres & Minaverry, 2020). Allí, se representa la definición de agua potable, agua envasada y agua mineral y el límite establecido para diferentes parámetros físicos, químicos y microbiológicos (Tabla 2).

Tabla 2
Definición de agua potable, envasada y mineral según CAA

Tipo de agua	POTABLE	ENVASADA	MINERAL
Artículo del CAA	Artículo 982	Artículo 982	Artículo 985
Definición	Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente.	El agua de bebida envasada o agua potabilizada envasada es agua de origen subterráneo o proveniente de un abastecimiento público, agua que se comercialice envasada en botellas, contenedores u otros envases adecuados, provistos de la rotulación reglamentaria.	El agua mineral natural es un agua apta para la bebida, de origen subterráneo, procedente de un yacimiento o estrato acuífero no sujeto a influencia de aguas superficiales y proveniente de una fuente explotada mediante una o varias captaciones en los puntos de surgencias naturales o producidas por perforación.
Límite de As	Se admite el valor máximo de As de 0,01 mg/l.	Se admite el valor máximo de As de 0,01 mg/l.	El máximo de As permitido es de 0,05 mg/l.

Fuente: Elaboración propia a partir de información recuperada del CAA. Al tratarse de una normativa de constante actualización se informa que la última vista de dichos rangos fue el 6 de octubre de 2024. Se recomienda al profesorado ingresar a la página del CAA para utilizar los datos actuales en sus SD (https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo_xii_aguas_actualiz_2024-04.pdf)

En función de estas tres definiciones y los límites de As presentados, se plantean los siguientes interrogantes: ¿El agua mineral natural es potable? ¿Por qué su límite de As es superior al del agua potable y el agua envasada?

Por otro lado, no es menor relacionar la presencia de As en agua con el proceso de urbanización que avanza hacia la periferia o áreas marginales e inundables de la ciudad con posibilidad de expansión y generación de ganancias extraordinarias. Esos espacios, siguiendo a Lasta y Jaureguizar (2006), involucran las zonas acuático-terrestre (humedales),



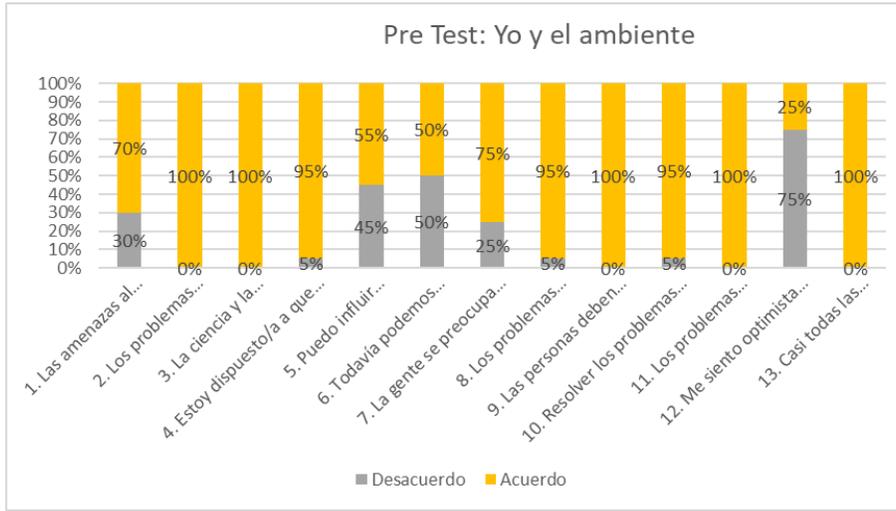
en las cuales se produce el encuentro del agua, la tierra, la atmósfera, las aguas subterráneas y el lecho del río y donde ocurren una gran cantidad de funciones ecosistémicas (Minaverry, 2020). El proceso para ser posible involucra una diversidad de transformaciones, como movilización de suelo, rellenos y construcción de polders o terraplenes, para evitar que la urbanización quede expuesta a inundaciones. Pero al realizar este tipo de modificaciones en áreas de extrema fragilidad ambiental como lo son los humedales, su función de filtrado se ve comprometida y la población tiene un mayor riesgo de contaminación. Esto, a su vez, se produce de manera silenciosa y poco visible, ya que, con el aumento de la urbanización, las aguas subterráneas son las más expuestas a la contaminación. ¿De qué manera? Al aumentar los pozos para extracción de agua, cambia el flujo frente al aumento del bombeo, produciendo que el agua contaminada se dirija hacia el agua potable (Daigle, 2016). Lo cual nos permite introducir otro aspecto de debate, tendiente a pensar de qué manera el proceso de urbanización permite a la ciudadanía el acceso a agua potable.

Un aporte interesante para llevar la problemática al aula a través de secuencias didácticas interdisciplinarias se presenta en dos capítulos del libro *Educación, Ciencia, Tecnología y Sociedad* (Lampert et al., 2020b) Uno presenta las generalidades de los humedales y su función ecosistémica en la potabilización del agua (Cortizas & Jeannerot, 2020), mientras que el otro desarrolla la problemática del As en agua, retomando los aspectos socio-territoriales del capítulo anterior e incluyendo el marco normativo (Condolucci et al., 2020).

RESULTADOS

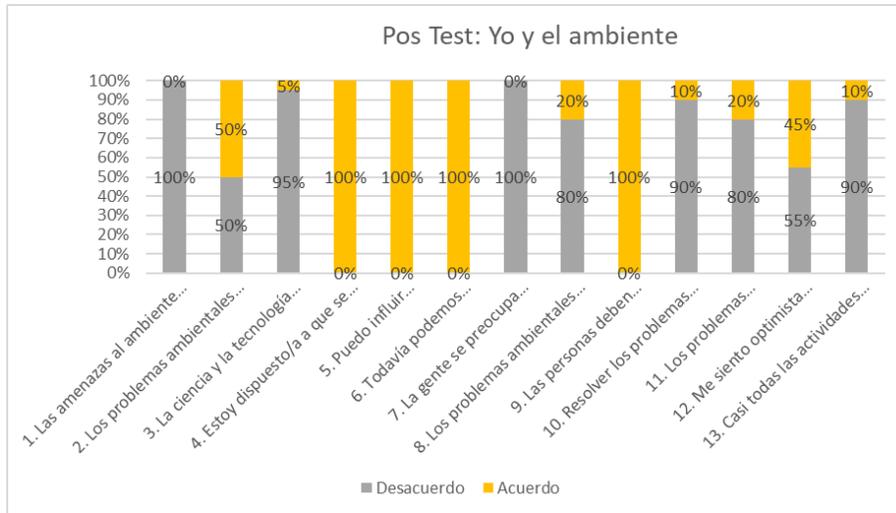
A partir del cuestionario ROSES, se pudo identificar la concepción del profesorado en relación a los temas ambientales. En el pre test del cuestionario del proyecto ROSES (figura 2), se puede apreciar que la mayoría del profesorado (70%) no cree que los temas ambientales sean su asunto. Sin embargo, luego de la aplicación de la SD (figura 3), el 100% del profesorado se presenta en desacuerdo con la afirmación de que las amenazas del ambiente no son asuntos de ellos/as. El segundo ítem, sobre cómo influyen en el futuro los problemas ambientales, el 100% de la muestra indicó que el futuro se vería sombrío y desesperanzado. Pero, después de la SD, hubo un 50% en desacuerdo con esa perspectiva negativa sobre el ambiente. En relación al rol de la ciencia y la tecnología, en una primera instancia el 100% consideró que la ciencia y tecnología deben resolver todos los problemas. Sin embargo, esa concepción se modificó en el pos test. A su vez, ese ítem está relacionado con el reconocimiento por parte del profesorado del rol de los seres humanos en el ambiente.

Figura 2
Pre Test de la aplicación del cuestionario ROSES



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3
Post Test de la aplicación del cuestionario ROSES



Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo con la lectura de los datos obtenidos, el ítem 4 ha llamado la atención ya que, tanto en el pre test como en el post, la pregunta sobre si el profesorado está dispuesto a prescindir de ciertas actividades para solucionar problemas ambientales, obtuvo la misma respuesta. En relación a la influencia de las personas en lo que sucede en el ambiente, se obtuvo en el pos



test un 100% de acuerdo. Lo llamativo de ese punto es que ocho profesoras señalaron, en palabras textuales “podemos influir de forma positiva, con educación al estudiantado, o de forma negativa”.

En relación al ítem 6, nuevamente se produjo un cambio de actitud hacia los temas ambientales modificando un 55% de acuerdo a un 100%. Mientras que el ítem 7, referido a la preocupación de la ciudadanía en los problemas ambientales mostró que un 75% de las personas encuestadas estaban de acuerdo con que la gente se preocupa demasiado. Pero luego de la SD, el 100% se presentó en desacuerdo con dicha afirmación.

La afirmación del ítem 8, presenta la posibilidad de modificar los problemas ambientales sin cambiar grandes aspectos de la vida de la sociedad. En el pre test la mayoría de las personas encuestadas estuvieron de acuerdo con dicha afirmación. Sin embargo, luego de la intervención, el 80% se manifestó en desacuerdo con la afirmación.

Los ítems 9, 10 y 11 implican el rol de diferentes actores sociales en los problemas ambientales. Para el caso del rol de la ciudadanía, tanto en el pre test como en el post test, el 100% del profesorado opinó que debían ocuparse de los asuntos ambientales. Por otro lado, sí se produjo una modificación en relación al rol de los países ricos en la solución de problemas ambientales. Primeramente, se consideró que mayoritariamente estos países debían ocuparse de las cuestiones ambientales, pero luego el porcentaje de acuerdo bajó significativamente y coincide con lo expresado en el ítem anterior acerca de que todas las personas deben ocuparse de estos asuntos. Una situación similar estadísticamente, se presentó en el ítem 11 para resaltar el rol de los expertos.

En relación al último punto, que indica que casi todas las actividades humanas influyen en los problemas ambientales, si bien inicialmente había un 100% de acuerdo, luego se observó una disminución. Esto se relaciona con la SD dado que, justamente, se presenta una nueva concepción de la contaminación a partir de los contaminantes de origen geológico y natural.

En cuanto al pensamiento crítico, en la comparación entre el Pre y post test, se obtuvieron diferencias significativas con p-valor cercano a 0,001. Para la situación 21(S21) $p=0.003$, para la situación 22(S22) $p=0.001$, para la situación 23 (S23) $p=0.001$, para la situación 24 (S24) $p=0.002$ y para la situación 25 (S25) $p=0.001$. Estos resultados permiten indicar que la aplicación de la propuesta con CSC ha fomentado el desarrollo de habilidades de toma de decisiones y resolución de problemas en el profesorado.

En relación al análisis cualitativo, las personas participantes del encuentro opinaron positivamente sobre el uso de CSC, en especial la problemática de As en agua. Resaltaron en la totalidad de los casos los siguientes aspectos:

- . Motivación del estudiantado hacia un tema de poco conocimiento, pero de gran importancia social.
- . Desarrollo de habilidades críticas en el estudiantado para la resolución de problemas, toma de decisiones y argumentación.
- . Integración en una asignatura del último año de aspectos de Derecho, Geografía, Química, Física, Biología y Ciencias de la Tierra.
- . Transversalidad de la propuesta, ya que al trabajar el As en agua y su relación con el avance de la urbanización en zonas hídricas, se articulan los ejes de agua, suelo y biodiversidad, teniendo en cuenta la pérdida de las funciones ecosistémicas de los humedales y su influencia en la salud.

Resaltando estos ítems señalados podemos mencionar que, más allá de los resultados obtenidos en los Test aplicados al profesorado, la CSC presentada es una propuesta de integración, motivación y con enfoque CTS que permite desarrollar habilidades críticas.

Para la presentación de la mirada del profesorado, se citan algunos fragmentos de testimonios de cinco profesoras (una de Biología, una de Química, una de Geografía y dos de Ciencias Naturales). Los testimonios fueron seleccionados al azar y son un reflejo de la variedad de docentes que pueden dictar la asignatura ADS: profesorado de Química, Física, Biología, Geografía y Ciencias Naturales, entre otros.

La problemática de arsénico en agua, desde la perspectiva presentada, permite trabajar diferentes controversias en torno al tema, teniendo en cuenta la perspectiva legal sobre lo que informa el Código Alimentario Argentino y, además, los intereses de diferentes actores sociales que están involucrados en este problema ambiental. Lo cual permite abordar la problemática en el desarrollo de un posterior conflicto ambiental. No es menor indicar que se trata de una problemática que afecta a toda la provincia de Buenos Aires y que, desde nuestro rol docente, no podemos hacer oídos sordos en las clases de ciencia.

Si bien se trata de un problema de gran importancia para nuestro país y en particular para la provincia de Buenos Aires, la forma en la cual fue presentada la secuencia didáctica permite desarrollar diferentes habilidades más allá de los contenidos conceptuales. Por ejemplo, argumentar, establecer un juicio, tomar una decisión y, sobre todo, leer diferentes fuentes.

En el profesorado siempre me presentaron controversias asociadas a la genética y la biotecnología. En este caso particular es una propuesta que engloba no solamente un tema ambiental sino también la alimentación y la salud de las personas. Asimismo, presentar el marco jurídico del tema permite trabajarlo como parte de una política educativa.

Como docentes, necesitamos más de estas propuestas que articulan más de un problema ambiental. Y que permiten, justamente, que el estudiantado adquiera un rol activo. Saliendo de la clase convencional del docente común expositor sino, un estudiante activo que pueda leer fuentes y armar sus propias decisiones en función de criterios. La manera en la cual enseñamos ciencias debería modificarse y comenzar a utilizar este tipo de estrategias, ya que las controversias nos permiten que el estudiantado pueda generar habilidades críticas.

Una carencia que encuentro en mi formación y que esta capacitación me ha permitido comenzar a cambiarlo es la forma en la que leo los diseños curriculares. Desde el profesorado nos enseñaron a centrarnos en el contenido. Sin embargo, al trabajar en esta jornada de Ambiente, Desarrollo y Sociedad, he podido darme cuenta que esa asignatura va más allá de los contenidos. Propone otra serie de prácticas con los estudiantes. Por ello, creo que el tema de arsénico es esencial para eso: es una propuesta CTS, permite fomentar el pensamiento crítico (incluso yo también había cosas que no sabía y las pude comprender y me ayudó a decidir qué comprar y cómo) y, además, trabajar un juego de roles. Es decir, estamos desde el lado de la gente o de las empresas sobre la urbanización.



DISCUSION DE LOS RESULTADOS

La aplicación de la SD, no solo ha permitido que el profesorado adquiriera nuevos contenidos que son transversales para la asignatura ADS, sino también cambiar la concepción de Ndc relacionada a la educación ambiental. En una primera instancia, el profesorado presentaba una actitud negativa, y hasta incluso egoísta, por el ambiente, donde se resaltaba el rol de la ciencia y la tecnología como causante y solución de los temas ambientales. Luego de la aplicación de la SD, cambió la percepción hacia un enfoque más optimista, constructivista y crítico.

En relación al pensamiento crítico, los resultados obtenidos, a partir del uso de un test validado, han mostrado diferencias significativas en torno a la resolución de problemas y la toma de decisiones. Asimismo, el interés en ese aspecto del pensamiento crítico es presentado en las entrevistas realizadas al profesorado.

CONCLUSIONES

La SD sobre As en agua permitió formar al profesorado de una forma comprometida en un proceso colectivo de desarrollo, orientada a brindarle al estudiantado acciones formativas sobre CSC. El profesorado resaltó su rol activo y señaló la importancia de la investigación-acción en sus prácticas docentes, tal como proporciona el diseño curricular de ADS.

Esta propuesta motivó a la transversalidad, la interdisciplina y el trabajo colectivo, en proyectos, problematizando los contenidos del diseño curricular para generar mayor interés y curiosidad. Se impulsó a la transferencia de lo aprehendido desde el aula a la comunidad, para que el aprendizaje no quede en el espacio áulico, sino que se pueda informar a la población sobre los riesgos para prevenir, se busquen soluciones o acciones de mitigación, y hasta - ¿Por qué no? - generar intercambios con los verdaderos tomadores de decisiones a escala local (diálogos con funcionarios, profesionales, técnicos).

El uso de CSC trajo consigo la co-construcción de conocimiento, el reconocimiento de las causas y consecuencias, y la búsqueda de acciones de mitigación para la gestión ambiental del territorio, tal como lo establece la Ley de EAI.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Lampert: Conceptualización, metodología y redacción del borrador original, a partir de su investigación como parte de la beca postdoctoral; Lampert, Porro y Cortizas: Validación; Lampert y Porro: Análisis formal e Investigación; Porro y Cortizas: Redacción y revisión; Cortizas: edición.



AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i PID2020-114191RB-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/

REFERENCIAS

- Acevedo-Díaz, J. A., Aragón-Méndez, M. D. M., & García-Carmona, A. (2018). Comprensión de futuros profesores de ciencia sobre aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en cuatro controversias de historia de la ciencia. *Revista científica*, (33), 344-355.
- Acevedo-Díaz, J. A., & García-Carmona, A. (2016). Uso de la historia de la ciencia para comprender aspectos de la naturaleza de la ciencia: fundamentación de una propuesta basada en la controversia Pasteur versus Liebig sobre la fermentación. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 11(33), 203-226.
- Acevedo Díaz, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A., & Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42-66.
- Adúriz-Bravo, A. (2005a). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores deficiencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 23-33.
- Adúriz-Bravo, A. (2005b). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A. (2007). A proposal to teach the nature of science (NOS) to science teachers: The 'structuring theoretical fields' of NOS. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 1(2), 41-56.
- Adúriz Bravo, A., & Izquierdo Aymerich, M. (2021). Tres concepciones educativas sobre el pensamiento crítico: notas útiles para la enseñanza de las ciencias de la vida y la salud. *Epistemología e innovación en medicina*, 117.
- Alters, B. J. (1997). Whose nature of science? *Journal of research in science teaching*, 34(1), 39-55.
- CAA. (s/f). *bebidas analcohólicas: bebidas hídricas, agua y agua gasificada* (Capítulo XII). https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/CAA/Capitulo_12.php
- Cáceres, V., & Minaverri, C. (2020). Regulación jurídica del agua embotellada y del arsénico en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Anales de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la UNLP*, 17(50), 034. <https://doi.org/10.24215/25916386e034>
- Carballo, C., Lampert, D., & Cortizas, L. (2023). Aportes de la universidad en la formación y actualización docente. Experiencias y resultados del trayecto "Educación Ambiental y conflictos urbanos", Quilmes, Argentina. *Revista Estudios Ambientales*, 11(1), 24-37.



- Condolucci, M., Porro, S., & Lampert, D. (2020). ¿Geología en los alimentos? La presencia de arsénico en agua. In D. Lampert, C. Arango & S. Porro (Comp.), *Educación, Ciencia, Tecnología y Sociedad* (pp. 45-56). Aula Taller.
- Congreso de la Nación Argentina. (2021). Ley 27.621: Ley para la implementación de la Educación Ambiental Integral en la República Argentina. *Boletín Oficial de la República Argentina*. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-27621-350594>
- Cortizas, L., & Jeannerot, M. (2020). Transformaciones socio-territoriales en áreas de riesgo hídrico. El caso de los humedales urbanos argentinos. In D. Lampert, C. Arango & S. Porro (Comp.), *Educación, Ciencia, Tecnología y Sociedad* (pp. 37-44). Aula Taller.
- Daigle, K. (2016). Arsénico en el agua. La contaminación por arsénico en los pozos afecta a millones de personas en la India y otros países. *Investigación y ciencia*, (474), 32-41. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5594813>
- Diseño General de Cultura y Educación (DGCyE). (2011). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria | 6º año ES. Orientación Ciencias Naturales*. <http://servicios2.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/secundaria/sexta/orientadas/naturales/ambiente.pdf>
- Duso, L. (2017). Discussões de controvérsias sociocientíficas e projetos integrados: perspectivas para o ensino de ciências. *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*—XI ENPEC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
- Gandolfi, H. E. (2024). (Re)considering Nature of Science Education in the Face of Socio-scientific Challenges and Injustices. *Sci & Educ*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00536-w>
- García-Ruiz, M., Magaña, S., & Vázquez-Alonso, A. (2023). Caracterização das atitudes ambientais dos futuros pedagogos a través do projeto ROSES. *Indagatio Didactica*, 15(1), 73-88. <https://doi.org/10.34624/id.v15i1.32123>
- Gray, D., Colucci-Gray, L., & Camino, E. (Eds.) (2009). *Science, Society and Sustainability: Education and Empowerment for an Uncertain World*. Routledge Research.
- Halpern, D. F. (2006). Is intelligence critical thinking? Why we need a new construct definition for intelligence. In P. Kyllonen, I. Stankov & R. D. Roberts (Eds.), *Extending intelligence: Enhancement and new constructs* (183-196.). Erlbaum Associates.
- Halpern, D. (2014). *Pensamiento crítico en todo el currículo: Una breve edición de pensamiento y conocimiento*. Routledge.
- Herrera, C.C. (2016). Propuesta de educación hídrica ciudadana. *Tecné, Episteme y Didaxis* (TED), 1214-1223.
- Jidesjö, A., Oskarsson, M., & Westman, A-K. (2021). Trends in Student's Interest in Science and Technology: Developments and Results from the Relevance of Science Education Second (Roses) Study. *IOSTE Conference 2020*, Daegu, Korea. https://conf.ioste2020korea.kr/cms/index.php/2021/02/01/ioste2020_op_210/

- Kötter, M., & Hammann, M. (2017). Controversy as a Blind Spot in Teaching Nature of Science. *Science & Education*, 26(5), 451-482.
- Lampert, D. (2022). De la tabla periódica a la mesa: un nuevo mapeo del arsénico en agua en la Provincia de Buenos Aires. *Química Viva*, 21(3). http://hdl.handle.net/20.500.12110/quimicaviva_v21_n03
- Lampert, D., Arango, C., Porro, S., Vázquez Alonso, A., Manassero-Mas, M. A., Cortizas, L., Jeannerot, M., Condolucci, M., Coma, M. E., Castañeda, S., Vázquez, F., García Lázaro, R., Ayosa, J. M., Vega Di Nezio, M., Russo, M., Uzquiza, G., Fernández Varela, R. & Lewkowicz, E. (2020b). *Educación, Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Aula Taller.
- Lampert, D., & Porro, S. (2020). La enseñanza de las enfermedades transmitidas por alimentos y el desarrollo del pensamiento crítico. *Tecné, Episteme y Didaxis (TED)*, (48), 55-73.
- Lampert, D., Porro, S., Cortizas, L., Condolucci, M., & Crivaro, L. (2022). Desastres rápidos y lentos, y la generación de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) y zoonosis en el antropoceno. *Divulgatio*, 6(17), 51-66. <https://doi.org/10.48160/25913530di17.204>
- Lampert, D., Salica, M., & Porro, S. (2020a). La Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología en el tratamiento de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) en las asignaturas de "Salud y Adolescencia", "Fundamentos de Química" y "Ambiente, Desarrollo y Sociedad". *Indagatio Didáctica*, 12(4), 405-502. <https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21826>
- Lasta, C. A., & Jaureguizar, A. J. (2006). Ordenamiento ecosistémico del Litoral Bonaerense. In F.I. Isla & D. A. Lasta (Eds.), *Manual de manejo costero para la Provincia de Buenos Aires* (pp. 71-84). EUDEM.
- Manassero-Mas, M. A., & Vázquez-Alonso, A. (2017). ¿Hay contenidos de naturaleza de la ciencia y la tecnología y pensamiento crítico en los currículos (españoles) actuales? *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, (Extra), 509-514.
- Manassero-Mas, M. A., & Vázquez-Alonso, A. (2020a). Evaluación de destrezas de pensamiento crítico: Validación de instrumentos libres de cultura. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (47), 15-32. <https://www.redalyc.org/journal/6142/614270238002/html/>
- Manassero-Mas, M. A., & Vázquez-Alonso, A. (2020b). Celebrando 50 años de educación científica con enfoque ciencia-tecnología-sociedad: las aportaciones del pensamiento crítico (y científico). In D. Lampert, C. Arango & S. Porro (Eds.), *Educación, Ciencia, Tecnología y Sociedad* (pp. 13-34). Aula Taller.
- Manassero-Mas, M. A., & Vázquez-Alonso, A. (2023). Uma análise da mudança de atitudes gerais em relação ao ambiente da juventude espanhola. *Indagatio Didactica*, 15(1), 369-388. <https://doi.org/10.34624/id.v15i1.32279>
- Manassero-Mas, M. A., & Vázquez-Alonso, A. (2024). La vocación científica de los jóvenes: algunas claves para el profesorado de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (55), 69-73.



- Minaverry, C. M. (2020). ¿Sostenibilidad fuerte o débil? Perspectivas de la protección jurídico-ambiental y ecosistémica de los humedales. El caso del Partido de Lobos, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Derecho global. Estudios sobre derecho y justicia*, 6(16), 201-226.
- Morales, P. (2008). *Estudio de los efectos de la implementación de la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) sobre los logros en el tercer nivel de la estructura de conocimiento, pensamiento crítico y motivación, en cursos pertenecientes a una malla curricular de ingeniería*. (Tesis doctoral). Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Occelli, M., García-Romano, L., & Valeiras, N. (2018). La enseñanza de la biotecnología y sus controversias socio-científicas en la escuela secundaria: un estudio en la ciudad de Córdoba (Argentina). *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (43), 31-46.
- Pabon, T., Muñoz, L., & Vallverdú, J. (2015). La controversia científica, un fundamento conceptual y metodológico en la formación inicial de docentes: una propuesta de enseñanza para la apropiación de habilidades argumentativas. *Educación química*, 26(3), 224-232.
- Porro, S. (2022). Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la Química... y más. *Nuevas Perspectivas. Revista De educación en Ciencias Naturales Y tecnología*, 1(1). <https://orcid.org/0000-0003-3515-1856>
- Porro, S. (2023). Formação de professores em tempos de emergência. *Indagatio Didactica*, 15(1), 151-172. <https://doi.org/10.34624/id.v15i1.32198>
- Presley, M. L., Sickel, A. J., Muslu, N., Merle-Johnson, D., Witzig, S. B., Izci, K., & Sadler, T. D. (2013). A framework for socio-scientific issues based education. *Science Educator*, 22(1), 26.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socioscientific issues*. McGraw-Hill Education.
- Reis, P. (2009). Ciência e controversia. *Revista de Estudos Universitários*, 35(2), 9-15. <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/4615>
- Reis, P. (2014). Acción socio-política sobre cuestiones socio-científicas: reconstruyendo la formación docente y el currículo. *Uni-pluriversidad*, 14(2), 16-26.
- Sadler, T. D. (2011). *Socio-scientific Issues in the Classroom*. Springer.
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2019). ROSE (The Relevance of Science Education). *The development, key findings and impacts of an international low cost comparative project. ROSE Final Report, Part 1*. University of Oslo. [https://www.academia.edu/40272545/The ROSE project. The development key findings and impacts of an international low cost comparative project Final Report Part 1 of 2](https://www.academia.edu/40272545/The_ROSE_project._The_development_key_findings_and_impacts_of_an_international_low_cost_comparative_project_Final_Report_Part_1_of_2)
- Tala, S. (2009). Unified View of Science and Technology for Education: Technoscience and Technoscience Education. *Science & Education*, 18(3-4), 275-298.

- Van Rooy, W. (1997). *Controversial Issues and the Teaching of A-Level Biology: Possibilities and Problems*. (PhD. Thesis). Oxford University, United Kingdom <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED434007.pdf>
- Vázquez Alonso, Á., & Manassero-Mas, M. A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (II): evidencias empíricas derivadas de la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 417-441.
- Vázquez Alonso, A., & Manassero Mas, M. A. (2019). Un modelo conceptual y taxonómico para estructurar el campo ciencia-tecnología-sociedad (o naturaleza de la ciencia y tecnología, o como se llame). *Indagatio Didactica*, 11(2), 121-139.
- Vilouta Rando, N. (2019). *Conceptualización y abordaje de controversias sociocientíficas en la materia Biología, Genética y Sociedad*. *Divulgatio. Perfiles académicos de posgrados*, 3(8), 1-29. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/2806>
- Vilouta Rando, N. (2020). *Controversias Sociocientíficas en la escuela secundaria de la provincia de Buenos Aires: Un análisis del diseño curricular, las capacitaciones y las clases de la materia Biología, Genética y Sociedad*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Quilmes, Argentina.
- Zilio, M. C., & D'Amico, G. M. (2022). El Antropoceno: el precio de la tecnología. In M. C. Zilio, G. M. D'Amico & S. Báez (Coords.), *Volcán antropogénico. Una mirada geográfica sobre procesos geológicos y geomorfológicos* (pp. 33-53). Edulp.

*

Received: June 29, 2024

Revisions Required: October 1, 2024

Accepted: October 17, 2024

Published online: October 31, 2024



ANEXO 1

CUESTIONARIO ROSES “YO Y LOS DESAFÍOS AMBIENTALES”

Edad: _____

Género: _____

Por favor, seleccione la respuesta apropiada para cada concepto colocando una cruz (X) en función del grado de acuerdo o desacuerdo con el tema propuesto.

	1 Desacuerdo	2	3	4 Acuerdo
1. Las amenazas al ambiente no son asunto mío				
2. Los problemas ambientales hacen que el futuro del mundo se vea sombrío y desesperanzado				
3. La ciencia y la tecnología pueden resolver todos los problemas ambientales				
4. Estoy dispuesto/a a que se resuelvan los problemas ambientales, incluso si esto significa prescindir de muchas cosas				
5. Puedo influir personalmente en lo que suceda al medio ambiente				
6. Todavía podemos encontrar soluciones a nuestros problemas ambientales				
7. La gente se preocupa demasiado por los problemas ambientales				
8. Los problemas ambientales pueden resolverse sin grandes cambios en nuestra forma de vivir				
9. Las personas deben preocuparse más por proteger el ambiente				
10. Resolver los problemas ambientales del mundo es responsabilidad de los países ricos				
11. Los problemas ambientales deben dejarse a los expertos				
12. Me siento optimista respecto al futuro				
13. Casi todas las actividades humanas perjudican al ambiente				