

# Lectura crítica de análisis físicoquímicos de agua como práctica CTS

## Critical reading of physicochemical analysis of water as an STS practice

Damián Lampert<sup>1,2\*</sup>, Micaela Condolucci<sup>1</sup>, Leandro A. Crivaro<sup>3</sup> y Silvia Porro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad1Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes (Roque Sáenz Peña 325, Bernal).

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad Nacional de La Plata (Calle 48 582, La Plata).

\*E-mail: [damian.lampert@unq.edu.ar](mailto:damian.lampert@unq.edu.ar)

### Resumen

Se presenta una unidad didáctica desarrollada en un último año de una escuela secundaria con orientación Ciencias Naturales, en el marco de un proyecto de extensión universitaria. La unidad pretendió trabajar una temática de interés para el estudiantado, desde el enfoque CTS, e incorporar aspectos de Física, Química, Biología, Derecho y Geografía. El principal objetivo fue desarrollar competencias de pensamiento crítico. El procedimiento incluyó: la lectura e interpretación de análisis físicoquímicos de agua; el análisis geográfico de procedencia de la muestra y las técnicas de laboratorio para obtener los resultados y la lectura de este en función del marco legal nacional. La unidad fue valorada mediante una encuesta. Los estudiantes se mostraron motivados y con interés por trabajar otras propuestas CTS en el futuro.

**Palabras clave:** Extensión universitaria; Escuela secundaria; Pensamiento crítico; Lectura crítica; Análisis de laboratorio.

### Abstract

This article presents a Didactic Unit (DU) developed in a final year of secondary school with a Natural Science orientation, within the framework of a University Extension Project. The DU was developed in order to work on a topic of interest to students, from the STS approach, incorporating aspects of Physics, Chemistry, Biology, Law and Geography. The main objective was to develop critical thinking skills from the reading and interpretation of physicochemical analysis of water, from the geographic analysis of where the sample came from and the techniques used in the laboratory to obtain the results. The DU was valued with a survey in which the interest, motivation and usefulness of the same were highlighted, as well as the request of the students to work on other STS proposals in future meetings.

**Keywords:** University extension; High school; Critical thinking; Critical reading; Laboratory analysis.

## I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias naturales ha ido cambiando con el tiempo con el objetivo de disminuir el desinterés del alumnado, principalmente en asignaturas de Física y Química (Solbes, Montserrat y Furió, 2007). Tanto es así que la didáctica de las ciencias ha tomado un lugar y un lenguaje propio, como disciplina autónoma, tomando aspectos de la didáctica general, las ciencias de la educación, la filosofía e historia de las ciencias y las áreas específicas como la Física, la Química, y la Biología (Adúriz-Bravo y Izquierdo, 2002).

Para fomentar el interés del estudiantado en temas científicos, se deben incluir aspectos de naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT) que permitan entender las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS). Trabajar aspectos de NdCyT implica incluir aspectos de filosofía, sociología e historia de la ciencia y de este modo, permite en el estudiantado el desarrollo del pensamiento crítico (PC).

Según González Galli (2019), existen diversas concepciones sobre PC, que van desde “pensar bien” hasta un “pensamiento mejor”; todas tratan de mejorar la capacidad para tomar decisiones sobre qué hacer o creer y para desarrollar el PC, la enseñanza de las debe atender a cuatro criterios:

1. Perspectiva metacientífica sofisticada (modelo-teórica y socio-crítica).
2. Perspectiva teórica plural y perspectiva no excepcionalista de lo humano.
3. Abordaje directo de casos relevantes.
4. Reflexión metacognitiva sobre sesgos cognitivos y obstáculos epistemológicos.

Los puntos 1 y 2 se relacionan con la perspectiva epistemológica que implica que lo central en una teoría científica son sus modelos; el punto 3 se refiere a la necesidad de abordar de forma explícita los tópicos más relevantes, polémicos y problemáticos para el estudiantado; mientras que el punto 4, refiere a cualquier rasgo cognitivo no consciente ni intencional que influya en el aprendizaje y la toma de decisiones (González Galli, 2019).

Para desarrollar el PC, teniendo en cuenta esos cuatro puntos, y enseñar temas de NdCyT, es necesario incluir temáticas que sean de interés para el estudiantado y que formen parte de su realidad. Un ejemplo es el estudio de la calidad del agua a partir de la lectura crítica de análisis fisicoquímicos. Son pocas las investigaciones que incluyen las situaciones de lectura en clases de ciencias naturales, a pesar de los beneficios de la misma (Lerner, Aisenberg y Espinoza, 2010). La lectura crítica es una camino para descubrir ideas e información dentro de un texto y de esta forma, si de ese texto se evalúa la información y las ideas que permiten tomar decisiones sobre qué aceptar y creer, se estaría desarrollando el PC (Kurland, 2003). Por tal motivo, la lectura en ciencias es una herramienta fundamental a la hora de comprender y estudiar los fenómenos que nos rodean (Santelices, 1990) y de esta forma, aumentar el interés por la ciencia y la tecnología.

## II. EL MARCO DE LA EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

El proyecto de extensión universitaria Laboratorios Educativos de Agroalimentos y Zoonosis (LEAZ) tiene como objetivo acercar conocimiento de la ciencia y la tecnología de los alimentos en asignaturas de Física, Química y Biología a partir de temas cotidianos. Se han trabajado diferentes propuestas relacionadas a los biocatalizadores en la industria alimentaria, los circuitos productivos, la manipulación de alimentos en vacaciones, el arsénico en agua, la hidroponía y el derecho a la alimentación. El tópico común de estas propuestas es la incorporación de NdCyT a partir de la influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad. Las propuestas de extensión con la escuela secundaria, permiten el trabajo colaborativo entre el equipo extensionista y el profesorado de las instituciones educativas que, en palabras de Occelli y García Romano (2019) permitirían la continuidad de un trabajo autónomo para sostener los logros alcanzados.

## III. METODOLOGÍA Y PROPUESTA

En el marco del proyecto LEAZ, se realizó una unidad didáctica (UD) sobre la lectura e interpretación de los análisis de agua, con el fin de trabajar la lectura crítica y el PC desde una mirada CTS. La UD sigue la estructura de otras propuestas desarrolladas en el marco de la extensión universitaria (Lampert y Russo, 2019; Lampert *et al.*, 2020) con una metodología de investigación-acción a partir de una intervención educativa y una valoración final de la propuesta desarrollada. Para este último punto, se utilizó un modelo de encuesta desarrollado dentro del CYTPENCRI<sup>1</sup>, un proyecto internacional del cual S. Porro y D. Lampert formaron parte. Esta encuesta fue aplicada al culminar la UD, mediante la herramienta Google forms, y en la misma se incluyen diferentes preguntas sobre variables como competencias científicas, utilidad de la propuesta, motivación, intereses, dificultad y satisfacción personal. Para responder la encuesta se utilizó una escala tipo Likert en la cual el estudiantado debía seleccionar un número para cada pregunta según la valoración que desea otorgar. La escala se presenta a continuación:

---

<sup>1</sup> Proyecto EDU2015-64642-R, AEI/FEDER, UE, subsidiado por la Agencia de Investigación Estatal Española y la European Regional Development Foundation.

- 1: No/Nada muy insuficiente
- 2: Poco insuficiente
- 3: Medio insuficiente
- 4: Bastante
- 5: Si/Total
- Ns/Nc

Las preguntas de la encuesta son las siguientes:

1. ¿Crees que esta Secuencia de Aprendizaje te ha ayudado a adquirir información en tu formación ciudadana?
2. ¿Consideras útil lo aprendido con esta secuencia?
3. ¿Consideras interesante lo aprendido con esta secuencia?
4. Tu grado de motivación en la secuencia ha sido...
5. ¿Cómo valoras el tiempo dedicado a la secuencia?
6. ¿Cómo valoras el grado de dificultad de la secuencia?
7. ¿Crees que la secuencia te ha ayudado a ser una persona más crítica?
8. ¿Quieres señalar algún otro aspecto relacionado con el desarrollo de la secuencia de aprendizaje? Escribe ...

La UD tuvo una duración de 3 horas reloj, de forma sincrónica por medio de la plataforma Google Meet, y otras 3 horas de forma asincrónica con el trabajo del profesorado de las diferentes asignaturas. La propuesta se presentó en el último año de la escuela secundaria con orientación en Ciencias Naturales para un total de 19 estudiantes. La selección del curso tenía como objetivo que el estudiantado cuente con los conocimientos necesarios de las múltiples áreas para tomar decisiones con relación a la temática. De acuerdo a los diseños curriculares, en 4.º y 5.º año se presenta Geografía mundial y argentina; en 5.º año se presenta en Física todo lo relacionado a óptica, en Fundamentos de Química de 5.º año se presenta el agua potable y en Biología y Salud y Adolescencia de 4.º año, aquellos microorganismos que pueden causar enfermedades.

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de muestras de agua son un tema propiamente CTS que permite abordar la caracterización fisicoquímica e hidrogeológica del agua y de esta forma, desarrollar “competencias para la acción” que son capacidades para involucrarse en acciones y contra-acciones responsables basadas en el pensamiento crítico (Murillo, 2007). Además, la lectura de los análisis permite relacionarlos con aspectos legales y de derechos humanos en torno a la inocuidad del agua desde una mirada CTS (Lampert, Crivaro, García Lázaro y Condolucci, 2021).

*Aspectos de derechos humanos:* el agua constituye un derecho humano esencial de carácter universal, cuya satisfacción es imprescindible para el adecuado ejercicio de otros derechos asociados a la realización de las necesidades básicas más urgentes en la región (Naciones Unidas, 1999). Por tal motivo, es importante la presencia del agua como derecho dentro de la Constitución Nacional y en la observación general N.º 15 (2002) del Comité de derechos económicos, sociales y culturales del Consejo Económico y Social de la ONU. Por eso se incluyen en la UD preguntas vinculadas a los niveles de desigualdad social, con relación al acceso y a la calidad del agua, a modo de introducción a la inocuidad alimentaria.

*Consideraciones de inocuidad:* la inocuidad hace referencia a la ausencia de contaminantes físicos, químicos y biológicos en agua y alimentos, para no ocasionar daños en la salud de los consumidores. La inocuidad involucra un sinnúmero de disciplinas y, por ello, es importante la interpretación de aquellos contaminantes que se presentan en un análisis de agua.

*Implicaciones legales:* el Código Alimentario Argentino (CAA) es un instrumento legal en el cual se encuentran las regulaciones oficiales de los productos alimenticios y establecimientos productores, elaboradores y comercializadores de alimentos, envases, equipos y accesorios. Está organizado en 22 capítulos, en permanente actualización, que establecen las disposiciones higiénico-sanitarias, bromatológicas y de identificación comercial de los productos. El capítulo XII, denominado, bebidas alcohólicas, bebidas hídricas, agua y agua gasificada, estipula las características físicas, químicas y microbiológicas que debe cumplir el agua.

La propuesta de la UD se centra en tomar al análisis fisicoquímico del agua para desarrollar diferentes contenidos de Física, Química, Biología, Derecho y Geografía. Plantea metas de comprensión sobre la identificación y caracterización de fenómenos y contenidos de las diferentes disciplinas que inciden en la calidad del agua y que permiten obtener e interpretar los resultados de un análisis. Los contenidos se presentan a continuación:

- Contenidos de Química: metales pesados en los alimentos, oxígeno disuelto, pH, fosfatos, nitratos, demanda biológica de oxígeno (DBO).
- Contenidos de Física: turbiedad, color, técnicas para el análisis de las propiedades físicas y químicas. Unidades de medida.
- Contenidos de Biología: microorganismos contaminantes del agua, enfermedades transmitidas por el agua.

- Contenidos de Derecho: normativa nacional e internacional sobre el derecho al agua. Marco legal: Constitución de la Nación Argentina; Convención Americana de los Derechos Humanos; Observación general N.º 15 (2002) del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales - Consejo Económico y Social de la ONU; CAA.
- Contenido de Geografía: variables ambientales y socioculturales que podrían afectar a los resultados sobre la calidad del agua.

La UD se dividió en cinco momentos: en el primero, se realizó una presentación sobre la comprensión de la dimensión social de los Derechos Humanos y su difuso campo normativo. En el segundo momento, se presentaron los organismos encargados del control de los alimentos: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) y el Instituto Nacional de Alimentos (INAL). Para luego presentar al CAA y brindar las indicaciones sobre cómo leerlo. El tercer momento consistió en la lectura de un análisis microbiológico y fisicoquímico de agua de Sierra de los Padres (tabla I):

**TABLA I.** Análisis de agua presentado al estudiantado.

<b>Agua Fisicoquímico</b>	<b>Resultados</b>
Color	Incolora
Turbiedad	1 NTU
Olor	Inolora
pH	8.2
Sólidos Disueltos Totales	784 mg/l
Dureza Total ( en $\text{CaCO}_3$ )	30 mg/l
Alcalinidad Total ( en $\text{CaCO}_3$ )	550 mg/l
Cloruros	90 mg/l
Sulfatos	24 mg/l
Calcio	5 mg/l
Nitrato	15 mg/l
Nitritos	<0.05 mg/l
Amonio	<0.1 mg/l
Arsénico	0.20 mg/l
Fluoruros	3 mg/l
Sodio	318 mg/l
Magnesio	4 mg/l
<b>Agua Bacteriológico</b>	<b>Resultados</b>
Bacterias Aerobias Heterótrofas	40 UFC/ml
Bacterias Coliformes Totales	<3 NMP/100ml
Escherichia coli	<3 NMP/100ml
Pseudomonas aeruginosas	Ausencia/100 ml
Cloro residual total	<0.1 mg/ml

En el segundo momento, se realizó la comparación de los resultados del análisis con la normativa. Por ejemplo, si el análisis brinda como color 7 en la escala platino-cobalto y el CAA establece un límite menor. Luego, se procedió al análisis de los resultados. Por ejemplo, ¿Es una zona de suelos *loésicos* que puede presentar niveles elevados de arsénico el agua? ; ¿Se presenta algún tipo de contaminación por agroquímicos?

El cuarto momento consistió en un cierre sobre la temática y la posibilidad de continuar el abordaje en las diferentes asignaturas de 6.º año: Ambiente, Desarrollo y Sociedad; Física Clásica y Moderna y Química del Carbono.

Por último, se realizó la encuesta presentada anteriormente para la valorización de la UD.

## IV. RESULTADOS

Los resultados cuantitativos de la encuesta se presentan en los siguientes gráficos:

1. ¿Crees que esta UD te ha ayudado a adquirir información en tu formación ciudadana?

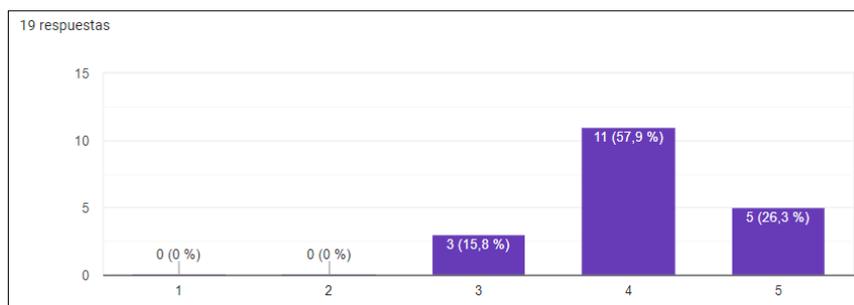


FIGURA 1. Respuestas de la pregunta uno.

2. ¿Considera útil lo aprendido en esta UD?

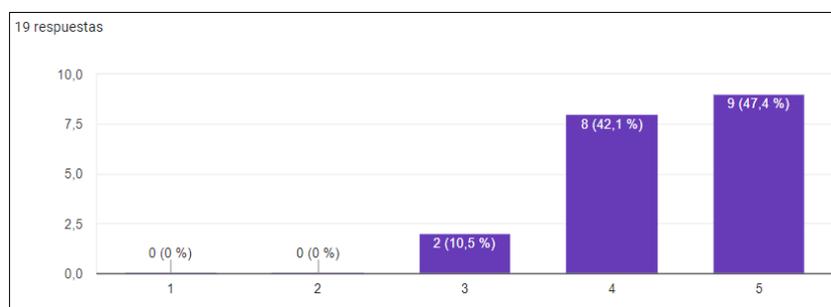


FIGURA 2. Respuestas de la pregunta dos.

3. ¿Consideras interesante lo aprendido en esta UD?

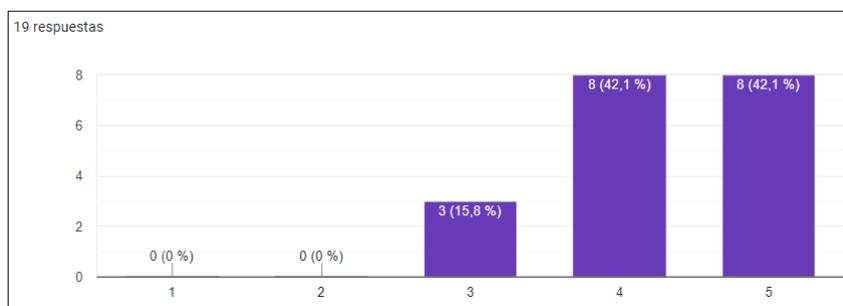


FIGURA 3. Respuestas de la pregunta tres.

4. Tu grado de motivación ha sido...

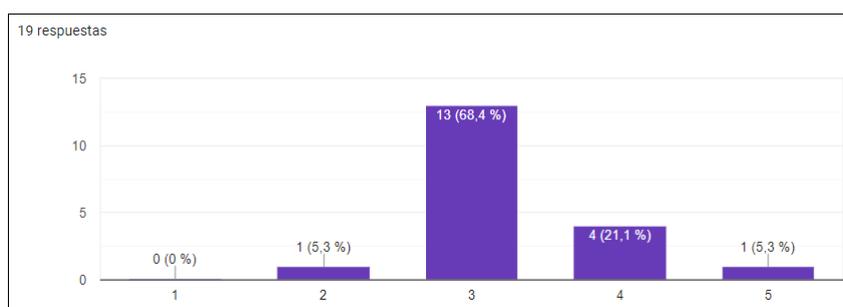


FIGURA 4. Respuestas de la pregunta cuatro.

5. ¿Cómo valorarías el tiempo dedicado a la UD?

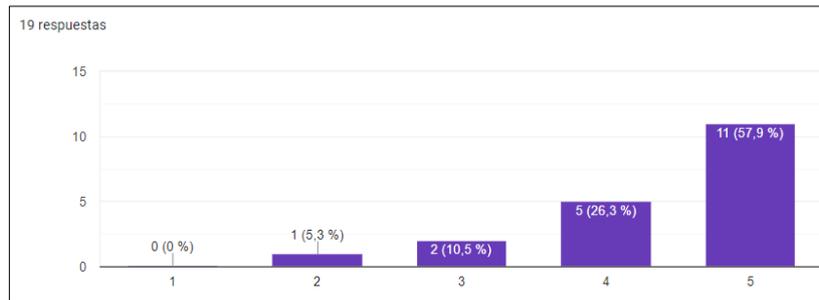


FIGURA 5. Respuestas de la pregunta cinco.

6. ¿Cómo valoras el grado de dificultad de la UD?

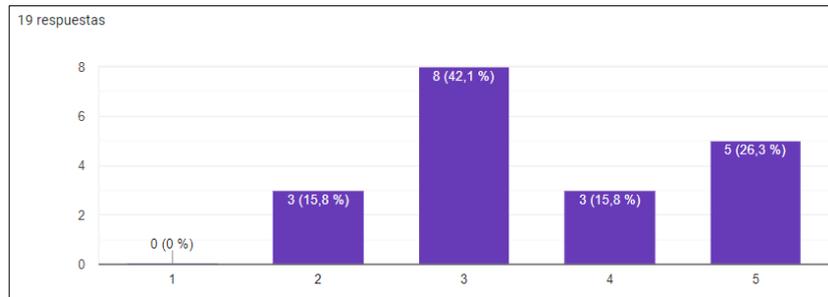


FIGURA 6. Respuestas de la pregunta seis.

7. ¿Crees que la UD te ha ayudado a ser una persona más crítica?

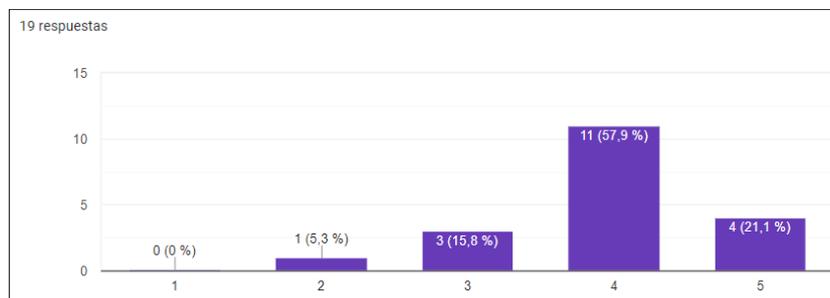


FIGURA 7. Respuestas de la pregunta siete.

8. Con relación a la respuesta de la pregunta ocho, se incluyen las siguientes:

*“Yo creo que la secuencia de aprendizaje, está más que bien desarrollada y explicada”*

*“Estuvo muy bien desarrollada la secuencia”*

*“Fue interesante que explicara el sistema de utilización del agua según la región.”*

*“Me gustaría ver cómo ayuda el agua en todo el tema de tratamientos sobre enfermedades o medicamentos para saber su composición”*

*“Por ahora no quiero señalar nada, me gustó lo que se explicó y me pareció interesante.”*

*“El desarrollo de esta secuencia de aprendizaje me sirvió porque fue de un tema que no vemos seguido al estar en la rama naturales (por tratarse de derechos jurídicos-sociales)”*

*“Es genial integrar la Química y la Física a las Ciencias Sociales”*

*Con relación a la temática del agua, me interesaría abarcar la parte de las enfermedades “causadas por el agua”*

*“Me gustaría trabajar a futuro Derecho de alimentos”*

*“Me gustaría trabajar, como la pandemia “afectó” o como la pandemia “mejoró” el tema del agua o si básicamente no hubo cambios”*

*“Me gustaría abarcar el tema de la tala de árboles (selva, bosques) para incrementar actividades agrícolas/plantación de algún sustento económico”*

*“Me interesaría trabajar algún tema relacionado con el derecho a la alimentación”*

*“Estaría bueno que se incluya en Física temas más cotidianos”*

Como puede apreciarse a partir de los resultados cuantitativos, el interés del estudiantado, la motivación y la utilidad, se resaltan en los datos cuantitativos. Asimismo, la pregunta ocho muestra el interés por la temática y la integración. La propuesta abrió la posibilidad de que el estudiantado presente propuestas de su interés para futuras charlas. Estos resultados son insumos que permiten diagramar y desarrollar próximas UD para la escuela secundaria.

Asimismo, de acuerdo a lo dicho en la introducción, el abordaje de estos temas de relevancia social implica que el estudiantado pueda asociarlos con otros y aumentar su interés en la ciencia y la tecnología. Otro punto de interés de los resultados cualitativos es que una persona indicó su satisfacción por el abordaje en Física de temas cotidianos. Esto es importante para incentivar al estudiantado en temas científicos y fomentar la alfabetización científica.

## V. CONCLUSIONES

La propuesta permitió el abordaje de una temática cotidiana y el trabajo conjunto (transversal a varias asignaturas de las Ciencias Naturales) para el desarrollo del PC del estudiantado. Asimismo, leer críticamente un análisis de agua permite tomar múltiples decisiones no solo sobre su consumo sino acerca de cómo tratarla y qué hacer con ella.

Esta propuesta ha sido adoptada por el profesorado para seguir trabajándola en los años posteriores como proyecto transversal dado que permite una integración de todo el ciclo superior de la escuela secundaria. Cabe señalar la importancia de la extensión-acción ya que es una forma de acercar aquellos conocimientos teóricos-prácticos desarrollados en la universidad con la escuela secundaria, para mejorar el trabajo colaborativo entre ambos niveles.

Los resultados afirman la importancia de enseñar en ciencia contenidos de significación para el estudiantado, que les permitan comprender el mundo que los rodea y aumentar su curiosidad por los fenómenos tecnológicos.

Por último, a partir del interés del estudiantado, el equipo del PEU "LEAZ" continúa en constante trabajo interdisciplinario para el desarrollo de nuevas propuestas para el trabajo en las escuelas secundarias.

## REFERENCIAS

Adúriz-Bravo, A., y Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 1(3), 130-140.

González Galli, L. (2019). Enseñanza de la Biología y pensamiento crítico: la importancia de la metacognición. *Revista De Educación En Biología*, 22(2), 4-24.

Kurland, D. (2003). *Lectura crítica versus pensamiento crítico*. Eduteka. <http://www.eduteka.org/LecturaCriticaPensamiento2.php>, consultado en 20-04-2013.

Lampert, D., Crivaro, L., Condolucci, M., García Lázaro, R. (2021). *Seguridad Alimentaria*. Buenos Aires: Aula Taller.

Lampert, D., Porro, S., Praconovo, Y., y Vázquez, F. (2020). Hacia una interpretación integral del Patrimonio en Quilmes desde la educación CTS. *Divulgatio. Perfiles académicos de posgrado*, 5(13), 212-231.

Lampert, D., y Russo, M. (2019). Un enfoque CTS en el abordaje de anatomía y fisiología animal en la escuela secundaria. *Indagatio Didactica*, 11(2), 727-736.

Lerner, D., Aisenberg, B., & Espinoza, A. (2010). La lectura y la escritura en la enseñanza de Ciencias Naturales y de Ciencias Sociales. Una investigación en didácticas específicas. J. Castorina y V. Orce (Coords.). *Anuario del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación*. Buenos Aires: FFyL. UBA.

Murillo, J. I. (2007). Nuevos contenidos educativos sobre el agua y los ríos desde una perspectiva CTS. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 6, 714-728.

Naciones Unidas. (1999). El derecho a una alimentación adecuada (art. 11): 12/05/99. E/C.12/1999/5, CESCR (General Comments) Observación General 12, del 12 de mayo de 1999. Recuperado de: <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2001/1450.pdf>

Occelli, M., y García Romano, L. (2019). Ciencias, Lenguas y TIC en la escuela secundaria: aportes desde la extensión universitaria. *Revista Facultad De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 6(1), 91-101.

Solbes, J., Montserrat, R., y Más, C. F. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (21), 91-117.