

# Preguntas investigables en una propuesta didáctica interdisciplinaria mediada por sensores

Research questions in pedagogical interdisciplinary proposal using sensors

Andrea Silvana Ciriaco<sup>1,2</sup>, Ximena Bustos<sup>3</sup>, Zoe Maldonado Vélez<sup>4</sup> y Tamara Pacheco<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup> Colegio Universitario Patagónico, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Comodoro Rivadavia, CP 9000, Chubut. Argentina.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Comodoro Rivadavia, CP 9000, Chubut. Argentina.

<sup>3</sup> Instituto Preuniversitario Escuela Industrial Domingo Faustino Sarmiento, Universidad Nacional de San Juan, CP 5400 San Juan, San Juan. Argentina.

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, CP 5000 Córdoba. Argentina.

<sup>5</sup> Instituto Superior de Educación Superior N° 813 "Prof. Pablo Luppi", Lago Puelo, CP 9211 Chubut. Argentina.

<sup>6</sup> Instituto de Formación Docente Continua CP 8430 El Bolsón, Río Negro. Argentina.

\*E-mail: [andrea.ciriaco14@gmail.com](mailto:andrea.ciriaco14@gmail.com)

Recibido el 30 de septiembre de 2022 | Aceptado el 24 de octubre de 2022

## Resumen

El trabajo plantea el primer desarrollo de una secuencia didáctica en la que se propone un trabajo experimental que parte de la generación de preguntas investigables por parte de los estudiantes. La propuesta considera la construcción colaborativa del conocimiento interdisciplinario y se apoya en la educación científica basada en las prácticas científicas. Se utilizaron sensores de intensidad sonora y análisis de datos en *Excel* para desarrollar una secuencia didáctica que involucra el trabajo grupal, experimental y guiado. Se describe la puesta en práctica de esta por parte del equipo docente, algunas posibilidades de análisis de datos, criterios de evaluación y diversificación de la propuesta.

**Palabras clave:** Indagación; Interdisciplinaria; Laboratorio; Experimentación; Sensores.

## Abstract

This paper presents a pilot application of a didactic sequence which is centered in experimental work including the generation of researchable questions by the students. The proposal considers the collaborative construction of interdisciplinary knowledge and it is theoretical based on the teaching of science from scientific practices. Sound intensity sensors and data analysis in *Excel* were used to develop the didactic sequence that involves group, experimental and guided work. The implementation of this sequence by the teaching team is described, as well as some possibilities of data analysis, evaluation criteria and diversification of the proposal.

**Keywords:** Inquiry; Interdisciplinary; Laboratory; Experimentation; Sensors

## I. INTRODUCCIÓN

El espacio áulico es un lugar atravesado por múltiples factores que ubican, a quien asume el rol de guiar y acompañar a las personas que transitan procesos de aprendizaje particulares, en un espacio de toma de decisión en el que la clase en sí misma, el accionar, las decisiones pedagógico-didácticas y propuestas metodológicas dependen, entre otros factores, del modelo que el docente tenga de cómo el estudiante organiza y desarrolla sus conocimientos. Abordar la enseñanza y el aprendizaje de conocimientos específicos, como el conocimiento científico, implica considerar el lenguaje del pensamiento que se establece a través de diversos estados y procesos mentales.

La importancia que el marco socio-constructivista ha otorgado a la interacción dialógica en el aula y al papel activo del alumnado en la construcción de conocimientos ha aumentado el interés hacia las preguntas del alumnado y su relación con la construcción de significados (Tena y Couso, 2022).

En este trabajo se pretende mostrar una propuesta didáctica que apunte a los marcos de la educación científica basada en prácticas científicas, de corte colaborativo, interdisciplinar y mediada por tecnología, específicamente por sensores de intensidad de sonido con la finalidad de evaluar la potencialidad del trabajo grupal de investigación guiada, que toma como punto de partida la elaboración de preguntas investigables.

En particular, este trabajo inicia una planificación de la enseñanza de un tema con estructura problematizadora, donde el equipo docente interdisciplinar, identificó mediante la puesta en marcha de la secuencia, las metas parciales que pueden alcanzarse y prever dificultades u obstáculos que pueden tener los alumnos para apropiarse de las ideas necesarias con el fin de avanzar en el problema para proponer un posible itinerario de enseñanza y un momento de recapitulación para evaluar el avance logrado (Osuna García, Martínez Torregosa, Carrascosa Alís y Verdú Carbonel, 2007).

Se muestran aquí: la secuencia, una propuesta de evaluación por rúbrica y los resultados obtenidos a partir de la práctica del equipo docente.

## II. MARCO TEÓRICO

La educación científica es una meta educativa prioritaria para la formación de ciudadanos competentes y reflexivos. Esta meta reconoce a los estudiantes como consumidores constantes de ciencia y tecnología (NRC, 2012) y considera la formación en ciencias clave para enfrentar muchos de los desafíos actuales y futuros, pero es necesario convenir en que los tiempos institucionales para abordar las cuestiones que la abarcan en su integralidad son escasos. La enseñanza científica se suele basar en clases expositivas, experimentaciones demostrativas y reproducciones de información (Furman, 2018), con este panorama nos preguntamos ¿cómo lograr una educación científica integral? ¿Qué alternativas de educación científica se pueden plantear en las escuelas?

Para comenzar a trabajar científicamente en la escuela partimos de distinguir una realidad escolar correspondiente al sistema educativo nacional: materias divididas de manera disciplinar con tiempos áulicos separados. Esta situación limita a los docentes la posibilidad de trabajar con propuestas que tengan en cuenta la interdisciplinariedad, que en palabras de Lorenzo (2020), es la posibilidad de plantear tejidos entre disciplinas “donde sus conceptos, sus procedimientos metodológicos, técnicas, y su aplicación conduce a vínculos de complementariedad” como si estuviéramos armando un circuito en el que necesitamos interconectar los conocimientos propios de cada disciplina en un todo.

Ahora bien, reconociendo que la interdisciplinariedad es la confección de un entretejido entre disciplinas es posible diseñar actividades de investigación escolar donde los estudiantes puedan crear conocimiento científico a través de trabajo en primera persona, donde se puedan poner en juego las competencias necesarias para una construcción adecuada del conocimiento científico. Las propuestas interdisciplinares tienen que diseñarse cuidadosamente para no caer en actividades o trabajos prácticos experimentales con actividades descriptivas o ilustrativas, de transmisión de conocimiento, con énfasis en la demostración y la manipulación instrumental y protagonismo del objeto, es decir el típico trabajo áulico en el que ya sabemos la respuesta, que según Domènech Casal (2013) es lo cotidiano. Los docentes deben actuar como promotores de la problematización de situaciones, delimitar el camino en situaciones investigables (Barolli *et al.*, 2010) y serán los alumnos sujetos activos en la construcción del conocimiento, promoviendo de esta forma aprendizajes en el sentido amplio, incorporando los aspectos afectivos y emocionales, las relaciones interpersonales, las capacidades de inserción y actuación social, el desarrollo cognitivo, ético y estético (UNESCO, 2002) y favoreciendo el desarrollo del lenguaje del pensamiento. Este se encuentra presente en toda acción educativa que se desarrolle con intencionalidad. Tal como señalan Perkins y Thisman (2011) el mismo se constituye a través de diversos estados y procesos mentales. En la búsqueda por hacerlo visible, se pueden considerar diversas formas para describirlo, conocerlo y promover un aprendizaje eficaz.

Asimismo, este es el enfoque de las prácticas científicas para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias que tiene un gran reconocimiento (Crujeiras Pérez y Jiménez Aleixandre, 2018; Osborne, 2014) y muestra la posibilidad de presentar cuestiones abordables desde múltiples puntos de vista.

Las herramientas y estrategias metodológicas del trabajo docente tienen que plantear prácticas donde la actividad de investigación presente una progresión paulatina y gradual tanto en el contenido a trabajar (Domènech y Casal, 2013) como en las habilidades requeridas de los estudiantes. Teniendo en cuenta cada contexto escolar en particular, los docentes debemos sostener reflexiones constantes sobre la práctica experimental, creando situaciones de aula que favorezcan el contacto de cada estudiante con los instrumentos de medición, con sus compañeros de equipo y con el docente, donde se manifiesten preguntas, se propongan diseños y protocolos que puedan ser llevados a la práctica. De esta manera, con guía docente, surgen las preguntas investigables, preguntas que relacionan diferentes factores o fenómenos que pueden ser investigados, que se pueden responder recogiendo y analizando datos (Ferrés-Gurt, 2017). Las preguntas investigables guían al desarrollo de propuestas de investigación escolar sencillas, plausibles, abordables en los tiempos institucionales con todas las cuestiones típicas de cada contexto escolar y donde cada uno de los estudiantes tiene un rol protagónico en su proceso de aprendizaje.

Una vía de trabajo interdisciplinar que considere el diseño y mejora de preguntas investigables, no es un producto de generación espontánea y no tiene que ver con cuánto sabe conceptualmente el estudiante, sino que es un planteo áulico que conlleva un proceso iterativo donde en cada ciclo las preguntas se complejizan o adecuan (Tena y Couso, 2022) permitiendo a los estudiantes orientarse empíricamente para establecer relaciones de cambio y entre variables e involucrarse con el proceso de indagación, recogida, análisis de datos y extracción de conclusiones (Ferrés-Gurt, 2017) todas prácticas científicas que contribuyen a una educación integral.

En relación con las tecnologías de la información y la comunicación, el alto nivel de conectividad que se tiene actualmente y el acceso a instrumental portátil para el desarrollo de las tareas propias de las ciencias permite su aplicación en los procesos de enseñanza y en los procesos de aprendizaje (Carranza *et al.*, 2013; Alegre Buj y Cuetos Revuelta, 2021) aunque no deja de representar un reto la creación de situaciones donde aplicarlas y sacarles provecho.

Una de las posibilidades que pueden darse en el aula para el desarrollo de diseños de investigación escolar es la incorporación del uso de sensores. Los sensores son elementos que se emplean para medir alguna magnitud de la Física o Química, o para detectar la presencia de alguna sustancia o material en algún sistema (Carranza *et al.* 2013), esta forma de adquisición de datos es cada vez más utilizado en los laboratorios (Alegre Buj y Cuetos Revuelta, 2021) y puede utilizarse para mejorar la calidad de las mediciones en el ámbito escolar. Los sensores utilizados en contextos de investigaciones escolares guiadas ayudan a promover en los estudiantes la comprensión de los aspectos abstractos de los fenómenos o conceptos que estudian (Fornari, Culzoni, Alegre y Cabaña, 2019) por lo que los consideramos una fuerte herramienta a incorporar en las prácticas áulicas.

### III. DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

La propuesta didáctica que planteamos se planificó en el marco del curso Experiencias Prácticas de Laboratorio: uso educativo de sensores (2022) correspondiente a la Maestría en Educación en Ciencias Experimentales y Tecnología de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

La actividad se pensó en primer lugar para los espacios curriculares de Ciencias Experimentales de 4.º año de la escuela secundaria obligatoria (Física, Química y Biología) pero pueden incorporarse muchos otros espacios al abrir el abanico de aspectos a investigar. También es posible adecuarla para otros años o modalidades educativas. La flexibilidad de la propuesta es una característica potente de este trabajo.

La secuencia se puso en marcha para identificar las ideas y razonamientos espontáneos que puedan dificultar el itinerario de avance previsto y que deben, por tanto, ser tenidos en cuenta en la enseñanza (Osuna García *et al.*, 2007).

#### A. Objetivos de la propuesta

La secuencia didáctica propuesta se elaboró a partir de los siguientes objetivos:

- Integrar prácticas científicas con trabajo colaborativo basadas en situaciones contextualizadas.
- Diseñar posibles resoluciones de situaciones problemáticas contextualizadas utilizando sensores.
- Valorar la importancia del trabajo interdisciplinar en dinámicas colaborativas.

#### B. Planificación

Se propone una secuencia por pasos donde el primero corresponde a la presentación de una situación problemática, luego se solicitará al estudiantado que analice el problema planteado por el/los docentes, se elabore grupalmente una

pregunta investigable y proponga un diseño experimental. La metodología de trabajo en clase se plantea a través de organización en pequeños grupos de trabajo con el apoyo del cuerpo docente. Será preciso el trabajo de todo el grupo clase por lo que se pretende coordinación, organización, la división de tareas para establecer roles de manera que cada integrante pueda hacer su aporte.

En un segundo momento se solicitará a cada grupo que presente el protocolo experimental que hayan logrado diseñar y que permita dar respuesta a las preguntas planteadas. Puede solicitarse una búsqueda bibliográfica preliminar a la experimentación. Todo este recorrido será acompañado por los docentes permitiendo la aproximación progresiva al planteo de la pregunta investigable y al protocolo experimental.

Se destinará el tiempo para la experimentación, recogida de datos, análisis de los mismos y finalmente se pondrán en común los resultados obtenidos, las cuestiones relevantes resultantes de la búsqueda bibliográfica y se intentará elaborar una solución a las problemáticas planteadas.

### C. Materiales

Sensores de intensidad de sonido *PasPort*, computadora con interfaz *DataStudio* y celulares con la aplicación *Spark Vue*. Materiales diversos como madera, *Telgopor*, cartón, cinta, escuadra, trincheta, etc.

### D. Descripción de la propuesta

#### D.1. Planteo de la situación problema inicial

“Manu llegó preocupado a la escuela: en su casa le respondieron que NO al pedido de usar su habitación como sala de ensayo. Eso significaba que la banda de *heavy metal* que estaba en formación se iba a quedar sin espacio”. Los argumentos que la familia dio fueron:

- Hay una ley que regula los sonidos que puede haber y que no en un barrio residencial.
- No sería posible la convivencia en la casa con tanto ruido.
- Los vecinos se podrían quejar generando problemas para la convivencia.

Quienes formaban parte de la banda escuchaban con atención y luego de la exposición de argumentos comenzó la discusión. Había quienes afirmaban que era posible acustizar el espacio para poder usarlo, había quienes decían que podían probar, pero no estaban completamente conformes con las sugerencias que planteaban.”

#### D.2. Generación de preguntas investigables

Se propone una interacción del cuerpo docente con el estudiantado con el fin de indagar qué piensan con respecto a la pregunta disparadora: ¿Será posible acustizar el cuarto de una casa para ensayar sin problemas?

A continuación, se solicita que se elabore una pregunta investigable. Se enfatizará considerar que, para dar respuesta a esa pregunta, será preciso considerar las variables para poder realizar el planteo del diseño experimental. Posible pregunta investigable: ¿Cuál será la mejor forma de acustizar un espacio para que funciones como sala de ensayo en un barrio residencial?

#### D.3. Elaboración del diseño experimental

Se pedirá a los grupos de trabajo realizar el diseño experimental que permita obtener los datos necesarios para dar respuesta al interrogante planteado. Para ello se indicará:

- Anotar los materiales necesarios.
- Enumerar los pasos a seguir.
- Llevar adelante el diseño de experimentación.
- Elaborar un registro de los resultados obtenidos.

#### D.4. Exposición de resultados

Se solicitará a los estudiantes la elaboración de un análisis de los datos obtenidos y el planteo de una conclusión.

## E. Propuesta de evaluación

La evaluación esta en todo momento la misma es relevada a través de diarios de clases, por otro lado, también se diseñó una rúbrica que considera la heterogeneidad de los equipos de trabajo por tanto se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

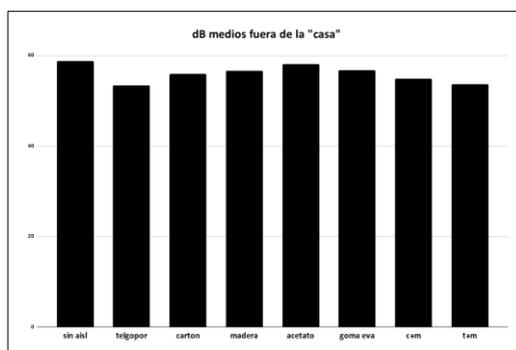
**TABLA I.** Rúbrica de evaluación del proceso de investigación guiada.

Crterios de evaluación	Proceso satisfactorio	Proceso satisfactorio que requiere ajustes	Proceso iniciado con necesidades de ajuste mayores
<b>Presentación</b>	La exposición final grupal se ajustó en tiempo y forma a lo estipulado.	La exposición final grupal se ajustó a la fecha establecida. Requiere ajustes de formato y presentación.	Se realizó un trabajo grupal pero no se logró cumplimentar con el formato establecido ni con los plazos.
<b>Participación en el grupo</b>	Cada integrante cumple un rol y sus aportes son necesarios para el trabajo final.	Aún no se establecen con claridad los roles y el trabajo se observa un tanto desbalanceado.	Aún no hay gestión en la grupalidad que favorezca la participación de todos los integrantes.
<b>Aporte individual</b>	Los aportes son sistemáticos y favorecen al desarrollo del trabajo.	Los aportes son esporádicos, aunque posibilitan la presentación del trabajo final.	Los aportes son escasos y esporádicos.
<b>Comprensión de las consignas</b>	El informe final da cuenta de la comprensión integral de las consignas.	El informe final da cuenta de la elaboración de las consignas, pero no se observa con claridad la comprensión integral de las mismas.	El informe final no refleja un proceso de comprensión integral. Se sugiere buscar la vinculación de los datos obtenidos con la teoría en el contexto planteado.
<b>Análisis e interpretación de los resultados</b>	Existe una vinculación entre los datos obtenidos, su análisis e interpretación que permiten explicaciones vinculadas al problema	Se realiza un registro y análisis de los resultados, aunque debe profundizar su interpretación.	Hay registro de los datos, aunque no es preciso el análisis e interpretación.
<b>Argumentación</b>	La interpretación de los datos es usada en la construcción de los argumentos que permiten dar una respuesta a la pregunta problema.	Se interpretan los datos, aunque el proceso de vinculación con los argumentos se debe profundizar.	Se observa registro de los datos, no se observa la utilización de estos en el proceso de argumentación.

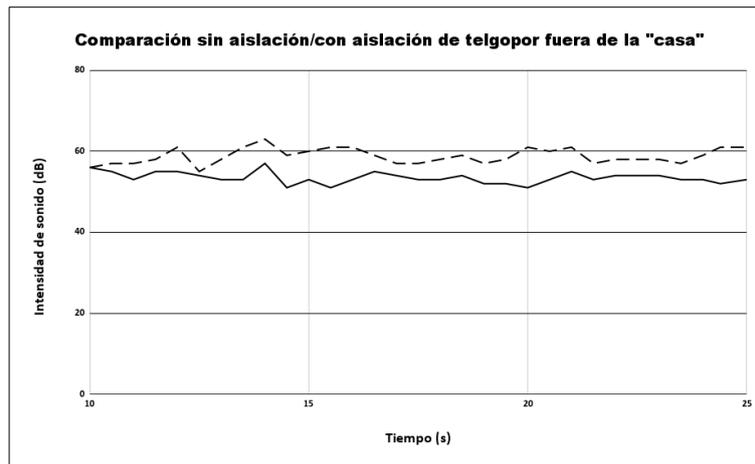
## F. Resultados

Con el fin de evaluar la viabilidad de la propuesta didáctica, se realizó un modelo de casa utilizando una caja de cartón en la que se simuló un espacio acustizado con diferentes materiales (madera balsa, *Telgopor*, acetato y cartón, goma eva y combinaciones). Se utilizó un celular como fuente y un sensor *PasPort* para registrar la intensidad de sonido en el exterior del modelo de casa.

Se registraron los datos durante 30 segundos en cada material. Los datos obtenidos se trabajaron en *Excel*. Se presentan en las figuras 1 y 2 algunos de los resultados mostrando las posibilidades de análisis. En la figura 1 se muestran las intensidades medias y en la figura 2 la intensidad de sonido fuera de la "casa" sin aislación o con aislación de *Telgopor* en función del tiempo.



**FIGURA 1.** Análisis de datos: intensidad de sonido media en dB fuera del modelo sin aislamiento de habitación y con diferentes materiales aislantes de sonido.



**FIGURA 2.** Registro de dB fuera del modelo sin aislamiento contra aislamiento con *Telgopor* en función del tiempo.

La posibilidad de ampliar el análisis hacia otros contenidos es posible y plantear preguntas con respecto a la estructura del oído, vinculación con el sistema nervioso, umbral del dolor, contaminación auditiva, legislaciones vigentes, convivencia, estilos musicales, estadística, etc. También consideramos viables otros momentos de trabajo a partir del planteo de situaciones problemáticas que se deriven de la situación inicial, por ejemplo, el tiempo que los integrantes de la banda podrían pasar en un espacio sin ventilación o con cierta y determinada temperatura sin que ello afecte la salud integral de los adolescentes.

#### IV. CONCLUSIONES

La propuesta didáctica experimental con sensores diseñada abordó el trabajo interdisciplinar utilizando tecnologías mediante el trabajo colaborativo de manera coherente y responde al enfoque constructivista basado en prácticas científicas a través de preguntas investigables. La situación problemática inicial encaró una práctica experimental que requiere diseñar dispositivos, probarlos, cambiarlos, mejorarlos a fin de obtener datos analizables se encontró consistencia entre los resultados presentados y aquéllos que se encuentran en la literatura, específicamente los resultados de Andrés, Pesa y Meneses (2006) de involucrar a los estudiantes en la toma de decisiones en los desarrollos experimentales dejándoles que analicen y reflexionen las interrelaciones entre lo modelizado y el experimento propiamente dicho ; que decidan cómo procesar los datos permitiendo el surgimiento de resultados discrepantes para presentar una discusión argumentativa sobre los resultados obtenidos. Se demostró por tanto que la propuesta es factible de realizar en el espacio áulico con materiales que se tengan a la mano y con los tiempos áulicos acotados.

El grado de apertura que promueve la generación de posibles soluciones y diseños experimentales acordes a esos inconvenientes, pone al estudiante en situación de trabajo de laboratorio real y encararlo con una propuesta interdisciplinaria muestra el proceso iterativo de complejización de trabajo que pueden alcanzar. El trabajo colaborativo permite profundizar las posibles alternativas para sortear los inconvenientes que se van presentando, permitiendo así, llevar a cabo una evaluación constante y en actividad de los estudiantes. Se consideró que poner en primer plano el trabajo de investigación guiada de los alumnos es la forma de generar un interés genuino hacia los procedimientos de la construcción del conocimiento científico, posibilitando el acercamiento a las prácticas que pueden incentivar futuros estudios en ciencias y facilitando un ambiente donde se aprenda integral, colaborativa y reflexivamente favoreciendo el desarrollo de habilidades de pensamiento y su expresión (Perkins y Tishman, 2011).

Finalmente, reconocemos que es necesario lograr la instancia de concreción de esta propuesta en el espacio áulico, para poner a prueba su validez mediante el registro de las oportunidades que genera para aprender, las actitudes que promueve y los conocimientos que ponen en juego los estudiantes.

#### REFERENCIAS

Alegre Buj, M. S. y Cuetos Revuelta, M. J. (2021). Sensores y equipos de captación automática de datos en los trabajos prácticos de Física y Química de secundaria y bachillerato: el uso de Arduino. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias* 18(1), 1201. [http://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1202](http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1202)

Andrés Z., M. M., Pesa, M. A. y Meneses, J. (2006). La actividad experimental en física: visión de estudiantes universitarios. *Paradigma*, 27(1), 349-363. Recuperado en 02 de septiembre de 2022, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1011-22512006000100003&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1011-22512006000100003&lng=es&tlng=es).

Barolli, E., C. E. Laburú y V. M. Guridi (2010). Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 88-110.

Carranza, P., Gianna, V., Gomez, M., Larrosa, N., Lopez, A., Marin, A., Martinez, M., Martinez Riachi, S., Melchiorre, M., Penci, C., Ribotta, P., Saldís, N., Severini, H., Vaca Chavez, J. y Yorío, D. (2013). Sensores multiparamétricos y aula virtual en un contexto interdisciplinar de la ingeniería. Programa de Educación a Distancia. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.

Crujeiras Perez, B. y Jiménez Aleixandre, M.P. (2018). Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza de las ciencias* 36(2), 23-42. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2241>

Domènech Casal J. (2013) Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias* 31(3), 249-262. *Revista Enseñanza de la Física* 31, 341-347.

Ferrés Gurt, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias* 14(2), 410-426. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2017.v14.i2.09](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.09) <http://reuredc.uca.es>

Fornari, J., Culzoni, C., Alegre, L. y Cabaña A. (2019). Propuesta de implementación de sensores en experimentos de laboratorio para la enseñanza de física universitaria.

Furman, M. (2018). La educación científica en las aulas de América latina. En L. Matas, M. Albornoz, R. Barrere, J. Sokil, L. Osorio y C. Polino (Eds.), *El estado de la ciencia*, (47-72). Buenos Aires, Argentina: Altuna.

Lorenzo, M. G. (2020). Abordaje interdisciplinar para la enseñanza de las ciencias y la actualización de profesores. *Revista Educación en Ciencias Biológicas, RECB*, 5(1), 1-9. <https://doi.org/10.36861/RECB.5.1.2>

National Research Council 2012. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>

Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura (2002). Propuesta de proyecto regional de educación para América Latina y el Caribe. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000188974>

Osborne, J. (2014). Teaching Scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education* 25, 177–196. DOI 10.1007/s10972-014-9384-1

Osuna García, L., Martínez Torregosa, J., Carrascosa Alís, J. y Verdú Carbonel, R. (2007). Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias* 25(2), 277-294.

Perkins, D. y Tishman, S. (2011). El lenguaje del pensamiento. *Revista de renovación pedagógica*, 236, 46-58. <http://www2.escuelascaticas.es/pedagogico/Documents/Art%EDculo%20David%20Perkins%20y%20Shari%20Tishman.pdf>

Tena, E. y Couso, D. (2022). El diseño de preguntas investigables en el ciclo superior de primaria. *Enseñanza de las ciencias (en prensa)*, 1-23. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5573>