RIDAA
Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes

Universidad
Nacional
de Quilmes

Badino, Marta

Aportes de la didáctica de las ciencias para el trabajo en el aula : la idea de energía

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

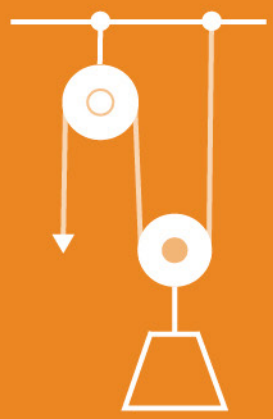
Cita recomendada:
Badino, M., Belizan, A., Capello, M. y Wainmaier, C. (2019). Aportes de la didáctica de las ciencias para el trabajo en el aula : la idea de energía. Bernal, Argentina : Universidad Nacional de Quilmes, Secretaría Académica. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/1714

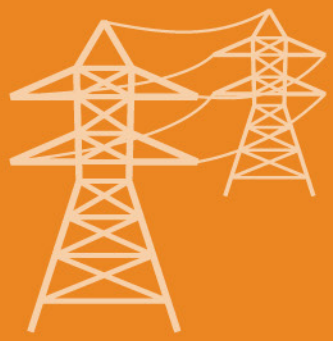
Puede encontrar éste y otros documentos en: https://ridaa.unq.edu.ar

Universidad Nacional de Quilmes
Roque Sáenz Peña 352 // Bernal
Buenos Aires // Argentina
t.: (+41 11) 4365 7100
f.: (+54 11) 4365 7101
info@unq.edu.ar

Materiales para pensar el aula

Aportes de la Didáctica de las Ciencias para el trabajo en el aula: la idea de energía

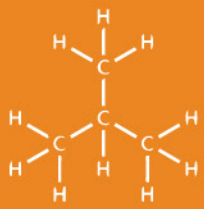




$E=mc^2$

Departamento de

Ciencia y Tecnología



Universidad Nacional de Quilmes

PROGRAMA NEXOS

Materiales para pensar el aula

Aportes de la Didáctica de las Ciencias para el trabajo en el aula: la idea de energía

Marta Badino

Alejandra Belizan

Mariana Capello

Cristina Wainmaier

Departamento de Ciencia y Tecnología

Universidad Nacional de Quilmes

NEXOS

Este material se produjo en el contexto del Programa Nexos del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología, a partir de la Secretaría de Políticas Universitarias y de la Secretaría Ejecutiva de los Consejos Regionales de Planificación de la Educación Superior.

Cómo citar este material:

Badino, M., Belizan, A., Capello, M. y Wainmaier, C. (2019). *Aportes de la Didáctica de las Ciencias para el trabajo en el aula: la idea de energía*. Colección Materiales para pensar el aula. Programa Nexos. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.

Aportes de la didáctica de las ciencias para el trabajo en el aula: la idea de energía / Marta Badino... [et al.].- 1a ed.- Bernal : Universidad Nacional de Quilmes, 2019.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga
ISBN 978-987-558-594-2

1. Educación. 2. Escuela. 3. Ciencia y Tecnología. I. Badino, Marta.
CDD 371.1024

Coordinación del proyecto:
Mg. Marina Leal

Responsable línea materiales didácticos:
Mg. Gisela Andrade

Coordinación editorial:
Bruno De Angelis y Ana Elbert

Procesamiento didáctico y corrección:
Adys González de la Rosa y María Esther Walas

Diseño gráfico:
Débora García

Primera edición: **julio de 2019**

La Universidad Nacional de Quilmes se reserva la facultad de disponer de esta obra, publicarla, traducirla, adaptarla o autorizar su traducción y reproducción en cualquier forma, total o parcialmente, por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo fotocopias, grabación magnetofónica y cualquier sistema de almacenamiento de información. Por consiguiente, nadie tiene facultad de ejercitar los derechos precitados sin permiso escrito del editor.

© Universidad Nacional de Quilmes, 2019
Roque Sáenz Peña 352, (B1876BXD) Bernal, Buenos Aires
Teléfono: (5411) 4365 7100 http://www.unq.edu.ar

Autoridades

Universidad Nacional de Quilmes

Rector
Dr. Alejandro Villar

Vicerrector
Mg. Alfredo Alfonso

Secretario Académico
Lic. Daniel Fihman

Presentación

El Programa Nexos busca articular las universidades con las escuelas secundarias a través de líneas de trabajo tendientes a fortalecer las competencias básicas y específicas que les permiten a los estudiantes el acceso a la educación superior. Asimismo, se propone desarrollar acciones destinadas a la formación de vocaciones tempranas de los jóvenes que están terminando su escolaridad obligatoria, acercando las diferentes opciones de formación tanto a los estudiantes como a las escuelas.

A partir de esta convocatoria, la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) junto con escuelas de la región llevaron adelante una serie de acciones para acercar a estudiantes y docentes de ambos niveles. En primer lugar, desde la línea de tutorías se coordinaron visitas de los distintos actores de la Universidad (directores y directoras de carreras, docentes, graduados y graduadas y estudiantes) a las escuelas. También se organizó la Primera Expo UNQ, que recibió a los y las jóvenes de las escuelas secundarias en compañía de sus profesores para conocer la oferta educativa de nuestra casa de estudios.

Por otra parte se desplegó un dispositivo de articulación que combinó la producción de materiales educativos con espacios de capacitación docente. El objetivo de estos encuentros fue avanzar en intercambios centrados en la enseñanza de saberes escolares claves y comunes a la escuela secundaria y los primeros años de la universidad. En estos espacios se reflexionó sobre actividades, problemas y propuestas que desde las aulas pueden promover la terminalidad de la escuela y garantizar el ingreso y la continuidad de estudios en la universidad. En este marco cada una de las unidades académicas de la UNQ produjo un material que compartió en espacios de formación con los profesores de las distintas escuelas participantes.

A partir de esta interacción e intercambio, se elaboraron los materiales didácticos que hoy la UNQ presenta como parte de la colección Materiales para Pensar el Aula. Cuatro módulos que se ponen a disposición de las y los docentes que quieran utilizarlos para pensar y diseñar sus propuestas de enseñanza.

- Lenguajes artísticos en el aula: las vanguardias argentinas del siglo XX (Escuela de Arte).
- Economía, territorio y desarrollo: contribuciones para pensar desde las aulas (Departamento de Economía y Administración).
- Modos de leer: los medios en nuestra vida diaria (Departamento de Ciencias Sociales).
- Aportes de la Didáctica de las Ciencias para el trabajo en el aula: la idea de energía (Departamento de Ciencia y Tecnología).

Índice

Introducción **6**
Objetivos 6

Parte 1. La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias **8**
Introducción 8
La naturaleza del conocimiento que se enseña 9
Algunos obstáculos para el aprendizaje de las ciencias 17

Parte 2. El concepto de energía en las aulas **34**
Introducción. ¿Por qué es importante enseñar energía? 34
Hacia la conceptualización de la energía 35
Concepciones de los estudiantes sobre el concepto de energía 37
Revisión de libros de texto 39
Consideraciones para la elaboración de una propuesta áulica 42

Conclusiones **48**

Referencias bibliográficas **50**

Introducción

Objetivos

» Reflexionar sobre el modo en que se aprenden las ciencias y la naturaleza del conocimiento que se enseña.
» Favorecer la comprensión de problemáticas relacionadas con el aprendizaje de las ciencias naturales y de su enseñanza.
» Ofrecer herramientas que faciliten la tarea de los docentes a la hora de tomar decisiones sobre qué enseñar y cómo hacerlo.

Para ello se propuso:

» Analizar dificultades identificadas en la enseñanza y en el aprendizaje, particularmente en el concepto de energía, mediante la presentación de diferentes recursos.

Este material se origina en el contexto de los talleres promovidos desde el Programa Nexos. En ese espacio, docentes de escuelas secundarias y de la Universidad nos vinculamos con la finalidad de aunar esfuerzos que favorezcan la articulación entre los dos niveles educativos. Asimismo, compartimos problemáticas de la enseñanza y del aprendizaje; reflexionamos sobre las prácticas docentes en ambos niveles, los objetivos que se persiguen y la naturaleza de la ciencia que se enseña. Presentamos también algunos resultados de las investigaciones que venimos realizando –particularmente en el ciclo introductorio–, entre otras cosas. Estos intercambios fueron muy enriquecedores y se los consideró a la hora de definir y organizar esta propuesta.

Tratamos aquí algunos aspectos derivados fundamentalmente del campo de la Didáctica de las Ciencias y vinculados con la enseñanza y al aprendizaje, para luego recuperar estas dimensiones de análisis en torno a la idea de energía. Elegimos esta temática porque es cen-

Marta Badino es profesora de Química y licenciada en Gestión Educativa. Es profesora universitaria en el Departamento de Ciencia y Tecnología de la UNQ y en la Facultad de Agronomía y Zootecnia en la UNLZ. Es coautora de tres libros, dos sobre educación dirigidos a maestras/os y profesores del nivel medio, y el tercero sobre la adicción al cigarrillo. Es capacitadora de talleres en el área de ciencias naturales, en el uso experimental del laboratorio, y coordinadora de charlas informativas sobre tabaquismo.

Alejandra Lorena Belizan es licenciada en Biotecnología y doctora en Ciencia y Tecnología (UNQ). Es docente investigadora de la UNQ. Ha participado en varios programas y proyectos de investigación y en proyectos de extensión universitaria relacionados con la enseñanza de las ciencias naturales. Es autora de publicaciones de divulgación científica.

Mariana Capello es licenciada en Biotecnología (UNQ). Es docente de Introducción al Conocimiento de la Física y la Química y coordina el Ciclo Introductorio del Departamento de CyT de la UNQ. Fue docente de Ciencias Naturales de la Escuela Secundaria de Educación Técnica (ESET) de la

tral en la enseñanza secundaria de todas las orientaciones y una idea estructurante en múltiples campos de conocimiento, tales como la Química, la Física y la Biología.

Los contenidos del material están organizados en dos partes. En la primera –fundamentalmente mediante el planteo de preguntas que invitan a reflexionar– se analizan posibles aportes de la "naturaleza de la ciencia" a la enseñanza y al aprendizaje, y se abre un espacio para tratar algunas ideas inapropiadas muy extendidas en torno a esta temática. Asimismo, se reconocen las múltiples variables que inciden en el aprendizaje, manteniendo particularmente la atención en los "saberes" y "creencias" que los estudiantes traen a las clases de ciencia. Estos factores inciden sobre lo que los alumnos son capaces de aprender.

En la segunda parte, el tema energía permite retomar aspectos vinculados con el modo en que se aprenden las ciencias y con la naturaleza del conocimiento que se enseña. Partimos del análisis de su tratamiento en libros de texto y del reconocimiento de concepciones alternativas a las científicas actuales en torno a esta idea. Recursos multimedia, lecturas y reflexiones para pensar las prácticas atraviesan el material y se convierten –creemos– en herramientas valiosas para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos, así como en referentes para la transposición didáctica.

Esperamos que las páginas que siguen sean útiles no solo para producir cambios fundamentados que se consideren apropiados para la realidad de cada aula, sino también para encontrarle sentido al esfuerzo de lograr que los alumnos, entre otras cosas, adquieran un aprendizaje comprensivo de las ciencias.

UNQ, y desde 2016 coordina las prácticas profesionalizantes de la orientación Tecnología de los Alimentos de la ESET, UNQ.

Cristina Wainmaier es profesora de Fisicomatemática (UNLP) y magíster en Enseñanza de las Ciencias (UNT). Profesora asociada de Física (UNQ) y adjunta de Didáctica de la Física (UNLP). Docente de posgrado (UNQ, UNLP) e investigadora en el campo de la Enseñanza de las Ciencias. Directora del Diploma de Posgrado en Enseñanza de las Ciencias en carreras científico-tecnológicas y vicedirectora del Departamento de Ciencia y Tecnología (UNQ).

1. La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias

Por Cristina Wainmaier

Introducción

Toda práctica educativa –más allá de que tengamos o no conciencia de ello, o de que se sepa o no en qué fundamentos se basa– constituye una configuración compleja e interrelacionada que proviene, en principio, de la articulación entre:

- la concepción sobre la naturaleza del conocimiento que enseñamos (fundamento epistemológico),
- la concepción sobre el modo en que el sujeto aprende el objeto de conocimiento (fundamento psicológico), y
- la concepción sobre el rol social de la apropiación del objeto de conocimiento (fundamento sociológico).

En esta parte se abordan algunas de las cuestiones centrales relacionadas con la primera de las dimensiones, a modo de invitación a la lectura sobre temáticas vinculadas con la naturaleza de las ciencias. Esto, junto con el análisis de algunos aspectos concernientes al modo en que los estudiantes aprenden, constituirá el marco para un acercamiento a la comprensión de algunos de los tantos obstáculos identificados en su aprendizaje. El desarrollo de la presentación abrirá un espacio de reflexión sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias, cuestión atinente a la tercera dimensión. Funcionalmente, se hará referencia a implicancias en la enseñanza.

Con respecto a las perspectivas teóricas que sustentan esta propuesta, es posible señalar que se centran en los aportes de la Didáctica de las Ciencias. Este campo, aunque autónomo, integra de un modo no mecánico conocimientos de distintas disciplinas tales como la Psicología, la Pedagogía, la Lingüística, la Sociología, la Filosofía y la Historia de las Ciencias, entre otras. El cuerpo de conocimiento construido desde este ámbito ha permitido delinear pautas para la enseñanza de las ciencias que favorecen un mejor posicionamiento de los docentes a la hora de tomar decisiones sobre qué enseñar y cómo hacerlo.

La naturaleza del conocimiento que se enseña

Cuando nos preguntamos qué deberíamos saber los profesores de ciencia, todos coincidimos en que "conocer la materia a enseñar" es fundamental. Pero "conocer la materia a enseñar" implica más que dominar los contenidos (Gil Pérez, 1991). Conocer la mecánica clásica, los modelos atómicos, la teoría mendeliana de la herencia no significa solamente comprender las conceptualizaciones involucradas, sino también disponer de información sobre los modos de producción y validación de esas teorías y esos modelos, y los límites de su validez; identificar los problemas que les dieron origen y el contexto en el que fueron elaborados, entre otras muchas cosas.

Las ciencias presentan diversas perspectivas de reflexión y análisis que constituyen los llamados "estudios sobre las ciencias" o "estudios metacientíficos". Entre ellos la Epistemología (o Filosofía de la Ciencia, en el ámbito anglosajón) es una metaciencia, disciplina científica cuyo objeto de estudio lo conforman las propias ciencias (Klimovsky, 1994). Se constituye en una reflexión teórica sobre el conocimiento y la actividad científica. Por ejemplo, es posible analizar la naturaleza de los conceptos, las leyes, las teorías, los modelos, o indagar sobre la actividad científica, debatiendo sobre el llamado "método científico". Esta disciplina también trata temas más puntuales: a un epistemólogo, por ejemplo, podría interesarle analizar si los enunciados de la teoría de Mendel sobre la herencia puedan ser llamados con propiedad "leyes".

En el campo de la educación en ciencias se suele aplicar la denominación –un tanto polémica y polisémica– "naturaleza de la ciencia" (NdC, en adelante) al metaconocimiento sobre la ciencia. Este se nutre de reflexiones interdisciplinarias provenientes de la Epistemología, la Historia y la Sociología de la Ciencia. Se incluyen dentro de la NdC cuestiones tales como: qué es la ciencia, cuál es su funcionamiento interno y externo, cómo se construye el conocimiento que produce, cuáles son los métodos que emplea para validar y difundir el conocimiento, cuáles son los valores implicados en las actividades científicas, las características de su comunidad, los vínculos con la tecnología, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y los aportes de este sistema a la cultura y al progreso de la sociedad (Acevedo Díaz, 2008; Vázquez *et al.*, 2004).

Para reflexionar

¿Qué aporta a nuestra tarea docente el hecho de conocer aspectos vinculados con la NdC?

La conveniencia de este tipo de reflexión se puede justificar desde diversos puntos de vista íntimamente relacionados (Acevedo Díaz, 2008; Acevedo et al., 2013; Adúriz-Bravo, 2000, 2001; Izquierdo, 2000; Matthews, 1994, entre otros).

Hoy se reconoce la necesidad de incluir los contenidos vinculados con la NdC en los currículos de todos los niveles educativos, de modo que se los considera como un objeto de enseñanza. Se acuerda en que los

estudiantes, además de saber ciencias, deben saber sobre las ciencias: qué son y cómo se elaboran, cómo cambian en el tiempo, cómo son influenciadas por la sociedad y la cultura, qué características las diferencian de otras producciones de la humanidad, entre otras cuestiones. Existe coincidencia desde diferentes ámbitos acerca de la necesidad de educar científicamente a la sociedad. En esta perspectiva, los contenidos vinculados con la NdC constituyen un recurso que puede "fundamentar y dar estructura a las imágenes de ciencia que se consideran actualmente contenidos valiosos para la educación del 'ciudadano científicamente alfabetizado'" (Adúriz-Bravo *et al.*, 2006: 6).

Lecturas

Sugerimos leer la reflexión sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias de José Antonio Acevedo Díaz (2004).

Disponible en: https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3968 [Consulta: 04/02/2019].

La educación actual en ciencias naturales está enfocada en la llamada "alfabetización científica". Su finalidad es formar sujetos con conocimientos y estrategias científicas básicas, capaces de expresarse y participar democráticamente en la evaluación y toma de decisiones sobre temáticas de interés para la sociedad relacionadas con la ciencia y la tecnología, ejecutando una ciudadanía responsable (Gil Pérez y Vilches, 2006).

Más información

Para conocer más acerca de la idea de alfabetización científica, se puede consultar el artículo en el que Daniel Gil Pérez y Amparo Vilches (2006) ponen en discusión argumentos sobre la educación ciudadana y la alfabetización científica.

Disponible en: http://www.rieoei.org/rie42a02.pdf [Consulta: 04/02/2019].

También se viene prestando atención a los aspectos relacionados con la NdC como elemento principal para el análisis y la fundamentación de las disciplinas científicas, y como referencia obligada que debe tener el profesor en cuanto instrumento para enseñar ciencias, susceptible de clarificar en particular qué y cómo enseñar. Desde la Didáctica de las Ciencias se formulan propuestas y prescripciones diversas. Entre ellas se reconocen los aportes de la Epistemología y la Historia de las Ciencias como *herramientas valiosas para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos y como referentes en la transposición didáctica* entre los conocimientos científico y escolar (Acevedo Díaz, 2008).

La Epistemología se constituye en una guía fundamental para el diseño curricular y la concreción del currículum (Cudmani, 2003). Aporta conocimientos sobre aspectos vinculados con el razonamiento y la argumentación en ciencias –ya sea sobre temáticas estrictamente científicas o sociocientíficas– y sobre habilidades cognitivo-lingüísticas (Sanmartí, 2002). Los aportes de la Epistemología y la Historia de las Ciencias se constituyen en fuentes para la comprensión y el tratamiento en el aula de los obstáculos vinculados con lo que los alumnos "ya saben", "saben hacer" y "creen", a los que nos referiremos en el siguiente apartado. El conocimiento de los docentes acerca de aspectos vinculados con la NdC, así como la implementación de estrategias didácticas que posibiliten incorporar funcionalmente en el aula reflexiones sobre este cuerpo de conocimiento, pueden favorecer que los estudiantes adquieran conocimientos y modos de pensar apropiados para dar respuestas a preguntas y problemas vinculados con la ciencia escolar. Se trata de que los estudiantes reconozcan las diferencias sustanciales entre los saberes y las formas de pensar que se construyen en la ciencia y en el ámbito de lo cotidiano, cuando se pretenden interpretar fenómenos y hechos tales como el movimiento de un auto, la ebullición del agua o el color de la piel de las personas.

Tenemos que considerar además que, cuando enseñamos los modelos atómicos o las leyes de Newton, por ejemplo, transmitimos también una cierta imagen de las ciencias. Diversas investigaciones muestran que los docentes hemos construido ideas inadecuadas sobre estas; tales ideas están siendo cuestionadas por las actuales disciplinas metacientíficas y tienen efectos negativos sobre la enseñanza y el aprendizaje (Adúriz-Bravo y Meinardi, 2000; Fernández et al., 2002; Rodríguez Pineda y López y Mota, 2005).

Pensar las prácticas

Por ejemplo, si transmitimos o no cuestionamos la tan extendida idea de que los científicos del campo de las ciencias naturales son genios –unos superdotados– podemos favorecer la idea de que estas ciencias son difíciles y aumentar el desinterés por ellas, ya que los estudiantes que no se consideran geniales pensarán que son inaccesibles. Si promovemos a través de la enseñanza que la ciencia consiste en una colección de explicaciones verdaderas y definitivas de los fenómenos, difícilmente favorezcamos que los estudiantes analicen, comparen e integren diferentes puntos de vista respecto de un mismo fenómeno (Fourez, 2008: 13).

Lecturas

Sugerimos leer el Capítulo 2 del libro *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?*, de Gil Pérez et al. (2005), que trata sobre las visiones de la ciencia y de la actividad científica que tenemos y transmitimos los docentes. Disponible en: https://www.oei.es/historico/decada/139003S.pdf [Consulta: 7/5/2019].

A su vez, aportes derivados de la Epistemología y de la Historia de las Ciencias se emplean desde el campo de la investigación educativa en ciencias como herramienta para comprender las problemáticas de la enseñanza y del aprendizaje, a tal punto que constituyen *una fuente teórica de la Didáctica de las Ciencias* (Adúriz Bravo, 2001). Así, por ejemplo, se han utilizado –no sin grandes discusiones y críticas– modelos epistemológicos para caracterizar los modelos de ciencia implícitos o explícitos en profesores y estudiantes. También se ha apelado a recursos epistemológicos para plantear problemáticas de aprendizaje de los alumnos y del modelo de cambio conceptual (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Si bien el análisis de las ciencias es relevante por los motivos a los que aludimos, de ninguna manera es simple identificar y sintetizar los rasgos peculiares que caracterizan a las ciencias fácticas –puntualmente, a ciencias tales como la Física, la Química, la Biología, comprendidas dentro de las ciencias naturales–, menos aún reconociendo que existen controversias respecto de su caracterización y sus particularidades epistemológicas propias. No obstante, resulta interesante abrir un espacio de reflexión y centrar la atención en algunos aspectos que constituyen una parte central de la NdC, pero respecto de los cuales tanto docentes como estudiantes tienen visiones inadecuadas o limitadas.

El Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires propone, para diferentes niveles educativos, la incorporación funcional de aspectos vinculados con la NdC y el trabajo científico. Se promueve que los estudiantes, a partir de una educación científica de calidad, construyan un cuadro de la ciencia contemporánea donde se incluyan ideas acerca de su provisionalidad, su carácter social y comunitario, las estrategias comunicativas de las que se vale, las relaciones que ella mantiene con la tecnología y la sociedad, entre otras. En el *Diseño Curricular para la Educación Secundaria, 5º año ES, Orientación Ciencias Naturales* (DGCyE, 2011), por ejemplo, se abre un espacio concreto que alude el tratamiento de la imagen que se tiene de la ciencia, donde se enumeran características inapropiadas instaladas en el imaginario social y se hace explícita la idea de ciencia que se promueve construir en el trabajo con los estudiantes. Se señala que la ciencia no es un cuerpo acabado de conocimientos; se cuestiona la existencia del "método científico"; se hace

énfasis en que el valor de la observación no es absoluto, sino relativo y dependiente de la teoría que orienta al observador; también se hace hincapié en que la investigación científica no representa la realidad sino que la interpreta. El diseño curricular se detiene de modo muy específico en referencias sobre los modelos en la ciencia y explicita la necesidad de poner énfasis en el trabajo con estos. Considerando la importancia de esta temática y las controversias que inspira, sugerimos escuchar una conferencia al respecto.

Multimedia

Dr. Agustín Adúriz-Bravo, "Reflexiones sobre los modelos científicos para las clases de Ciencias". CFE, ANEP, Uruguay, 2017.

https://www.youtube.com/watch?v=1oNPH0y8ep8 [Consulta: 29/04/2019]

En relación con la NdC y la implicancia en la enseñanza, quisiéramos detenernos en algunas cuestiones vinculadas con los conceptos, con vistas a reflexionar y plantear la necesidad de profundizar la vigilancia epistemológica (Bachelard, 1972) en el aula. Aportes provenientes de la Epistemología, que entre otras cuestiones se detienen a caracterizar la naturaleza de los conceptos científicos, ofrecen criterios que favorecen su tratamiento en las clases de ciencia. Ocurre que en torno a los conceptos es posible plantear diferentes preguntas.

En principio, tal como señalan Wainmaier (2003) y Wainmaier *et al.* (2005, 2014) –que recuperan desde diferentes perspectivas aportes sobre la naturaleza de los conceptos científicos y su implicancia en la enseñanza y en el aprendizaje–, conviene destacar la búsqueda, por cierto nada fácil, de claridad y precisión de los conceptos científicos y la dependencia de su significado respecto del contexto al que pertenecen. En particular se señala que, si un término usado por la ciencia es recogido del lenguaje ordinario, se lo transforma y precisa, incluyéndolo en esquemas teóricos (Bunge, 1980); asimismo, la Historia de las Ciencias muestra que los conceptos atraviesan estados de evolución (Toulmin, 1977).

Para reflexionar

¿Tienen igual significado los términos que se comparten en las ciencias y en la vida cotidiana?

Con frecuencia se afirma que la definición es el procedimiento óptimo para asignar significados a los conceptos. ¿Es suficiente este procedimiento para dotarlos de significado?

Por otra parte, en respuesta a la segunda pregunta, autores como Bunge (1980), Chalmers (1984) y Kuhn (1990) reconocen que el significado de un concepto no se reduce a su definición. Se coincide en señalar que se enriquece cuando se lo inserta en un sistema teórico, de modo que las leyes en que intervienen los conceptos, el establecimiento de diferencias y relaciones con otros conceptos, además de las definiciones y los ejemplos en los que aparecen, son elementos fundamentales para la asignación de significados.

Pensar las prácticas

En relación con lo que venimos diciendo es importante, en las clases de ciencias, no limitarnos a asignar significados a los conceptos solo a través de una definición. Es necesario explicitar que las leyes en las que ellos intervienen, además de las definiciones y ejemplos, son elementos fundamentales a considerar para la atribución de significados. Kuhn (1990) afirma que es imposible aprender el término "fuerza" si no se lo vincula con nociones como "masa" o "peso" y recurriendo, por ejemplo, a las leyes de Newton sobre el movimiento. Los conceptos de fuerza y masa que figuran en la segunda ley de Newton difieren de los que eran habituales antes de la introducción de esa ley: ella misma fue esencial para su definición.

Si centramos la atención de manera especial en la enseñanza de la Física, podemos ver que la forma puramente operativista en que se introducen los conceptos –sin ninguna aproximación a las ideas cualitativas subyacentes– los desprovee de significado físico. Por ejemplo, ¿qué significado pueden atribuir los estudiantes a la idea de "trabajo de una fuerza" si nos limitamos a decir que el trabajo se define como "fuerza por distancia"? No nos debe extrañar si, luego de esta definición, los estudiantes le otorgan un significado similar al de "esfuerzo" o afirman que "es la fuerza que se hace a lo largo de una distancia".

Pensar las prácticas

Creemos que las expresiones matemáticas pueden aportar a la comprensión de las conceptualizaciones si no se las vacía de significado. Siguiendo con la idea de trabajo y la asignación de significados, la ley $W = \Delta Ec$ –que relaciona el trabajo (W) con la variación (Δ) de la energía cinética (Ec)– enriquece el significado otorgado por su definición: permite vincularlo a un proceso de transferencia que cambia la energía cinética del objeto en estudio (es decir, por el cual varía el módulo de la velocidad).

Finalmente, si bien se trata de un tema que ha inspirado múltiples aportes al campo de la Epistemología y a la enseñanza de las ciencias, quisiéramos hacer una breve referencia al problema de la correspondencia entre realidad y representación, entre teoría y hechos, o entre conocimiento y evidencia (Bunge, 1985; Chalmers, 1984).

Durante mucho tiempo se consideró que el conocimiento científico provenía de la observación directa de la naturaleza. Pozo y Gómez Crespo (1998: 24) señalan que: "Para descubrir una ley, solo se requería observar y recoger datos de forma adecuada: de ello surgía inevitablemente la verdad científica". Los autores agregan que esta concepción *positivista* se caracteriza por entender la ciencia como una colección de hechos objetivos regidos por leyes que pueden extraerse directamente si se observan esos hechos con una metodología adecuada. Esta mi-

rada, que algunos epistemólogos caracterizan como realismo ingenuo (Chalmers, 1984), supone que todos los términos teóricos (tales como fuerza, campo, energía, orbital) constituyen una referencia a entidades con existencia propia en la "realidad", se refieren a objetos del mundo.

Por ejemplo, la teoría cinética de los gases describe qué son realmente los gases, afirmando que están compuestos de moléculas que se mueven al azar y que chocan entre ellas y contra las paredes del recipiente que las contiene. En forma similar, desde el punto de vista realista, la teoría electromagnética clásica es interpretada como una afirmación de que existen realmente en el mundo campos electromagnéticos que cumplen con las leyes de Maxwell y partículas con cargas que obedecen a las ecuaciones de Lorentz (Chalmers, 1984). Visiones como estas se han visto superadas por otras más actuales.

Una renovada mirada realista reconoce que las entidades de la ciencia son creaciones intelectuales que toman sentido en el contexto socio-cultural del que surgen. Pero se impone que esas entidades han sido moldeadas por la operación del intelecto sobre la propia realidad. Así, el mundo pensado de la ciencia es el resultado de dos factores: nuestro sistema conceptual y el mundo real (Mosterín, 1984: 12).

> [...] parece asumirse hoy que la ciencia no es un discurso sobre "lo real" sino más bien un proceso socialmente definido de elaboración de modelos para interpretar la realidad. [...]. No es la voz cristalina de la Naturaleza la que escucha un científico cuando hace un experimento; lo que escucha más bien es el diálogo entre su teoría y la parte de la realidad interrogada mediante ciertos métodos o instrumentos (Pozo y Gómez Crespo, 1998: 24).

Pensar las prácticas

Deberíamos tener en claro, como docentes, la distinción entre los hechos y las ideas para interpretarlos. Así, no vemos la energía cuando una pelota se mueve: percibimos su movimiento y a ese hecho lo interpretamos asociando energía a la pelota –también podríamos asociarle la idea, para nada familiar, de cantidad de movimiento. Del mismo modo, no vemos la gravedad cuando cae una manzana: percibimos su caída, que interpretamos vinculándola con la fuerza gravitatoria, aunque también se puede vincular –en el marco de teorías distintas de la newtoniana– con la idea de campo o como una consecuencia de la geometría curva del espacio-tiempo.

Lecturas

Sugerimos la lectura del libro de Alan Chalmers (1984), *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, que aborda temáticas relevantes vinculadas con la naturaleza de la ciencia de una manera simple y considerando aportes permanentes de la Historia de las Ciencias.

La inclusión de nociones relacionadas con la NdC no solo conlleva adecuar contenidos, estrategias didácticas, materiales y textos, sino también acercar los contenidos correspondientes a los profesores en formación y/o en ejercicio ya que, en general, prácticamente están ausentes en la formación docente. Como hemos señalado, diversas investigaciones dan cuenta de que los profesores sostienen ideas inadecuadas respecto de las concepciones actuales sobre la ciencia.

Por ejemplo, creen que el conocimiento científico se desarrolla en diferentes estadios (hipótesis, teorías y leyes) y que es definitivo, estático, verdadero y absoluto por corresponder a hechos. Consideran que este saber se genera aplicando un método universal, único, de etapas estandarizadas, que alcanza para probarlo y está libre de interferencias contextuales. Piensan que los científicos se limitan a aplicar el método, a registrar hechos que hablan por sí mismos y a organizar el conocimiento, sin apelar a la creatividad o la imaginación, ni al marco teórico previo, ni a la interpretación de las observaciones y los hechos.

Fernández *et al.* (2002), a partir de un análisis de múltiples trabajos, destacan diversas visiones deformadas de la actividad científica: la empiro-inductivista y ateórica; la algorítmica, exacta, infalible; la aproblemática y ahistórica; la individualista, descontextualizada y socialmente neutra, entre otras.

Más información

Para profundizar en los aspectos vinculados con los conceptos, las relaciones entre conceptos y las visiones de docentes al respecto, sugerimos leer el trabajo de Wainmaier, Speltini y Fleisner (2014).

Disponible en: https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/9810 [Consulta: 20/04/2019].

Si bien existen posturas superadoras en torno a las ciencias desde hace tiempo, siguen vigentes, en los medios de comunicación, en las aulas y en particular en los libros de texto, visiones inadecuadas (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Más información

Para conocer más acerca de las visiones de las ciencias en libros de textos de Física de gran difusión en nuestro país, sugerimos la lectura de Luna y Carreri (2011).

Disponible en: http://www.scielo.org.ar/pdf/reiec/v6n2/v6n2a03.pdf [Consulta: 20/04/2019].

Respecto de lo que venimos señalando, Wainmaier *et al.* (2005) afirman que en las clases tradicionales, en general, los estudiantes son meros receptores de conceptos poco familiares (entropía, gen, electrón), cuya introducción les resulta arbitraria. Otras veces, de conceptos familiares (fuerza, energía) que no terminan de diferenciar de los que se usan en la vida cotidiana. Con frecuencia se presentan los conceptos de la ciencia como obvios, portadores de sentido común, o con un formalismo extremo a través de una definición cerrada y/o con "fórmulas". También, con el afán de volverlos asequibles, se los vincula con ideas cotidianas sin establecer las diferencias sustanciales que existen entre los significados de las conceptualizaciones según el ámbito. Gran parte de los esfuerzos de un docente están puestos en lograr que los estudiantes reconozcan la conexión del conocimiento científico con los fenómenos y los hechos. Se debería considerar, además, que los conceptos de la ciencia trascienden los hechos, no surgen de la observación del mundo. Podemos favorecer esta comprensión planteando, por ejemplo, que las ideas cambian con el tiempo. La historia de la ciencia brinda muy buenas referencias al respecto.

Lecturas

Diversos trabajos dan cuenta de las limitaciones epistemológicas que presentan los libros de textos. Recomendamos leer el artículo de Wainmaier y Wolhein (2017).

Disponible en: http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/viewFile/337520/428342 [Consulta: 20/04/2019].

Algunos obstáculos para el aprendizaje de las ciencias

Entendemos el aprendizaje de las ciencias desde una perspectiva compleja, en la que inciden múltiples variables internas y externas al sujeto que aprende. No obstante, en este apartado mantenemos particularmente la atención en aspectos relacionados con el modo en que el sujeto aprende el objeto de conocimiento, considerando que los "saberes" que los estudiantes traen a las clases de ciencia inciden fuertemente en lo que son capaces de aprender. Coincidimos con Talanquer (2010) en que:

> [...] el éxito de las estrategias didácticas que se diseñen para implementar cualquier agenda educativa dependerá del nivel de comprensión que tengamos sobre los alcances y limitaciones del conocimiento y formas de pensar de nuestros estudiantes. De poco servirán las listas de estándares o competencias educativas que consideremos más deseables si no prestamos atención a los factores cognitivos que tanto apoyan como restringen el aprendizaje en el aula (Talanquer, 2010: 166).

Para reflexionar

¿Por qué los estudiantes tienen dificultades para el aprendizaje de las ciencias?

Las ideas previas de los estudiantes

Lo que los estudiantes **saben**

Los docentes e incluso los investigadores en el campo de la enseñanza de las ciencias nos preocupamos durante mucho tiempo casi exclusivamente por las dificultades que tienen los estudiantes para la resolución de problemas o para realizar los trabajos de laboratorio. Sin embargo, investigaciones como la presentada en la tesis de Laurence Viennot (1979) atrajeron la atención sobre serios "errores" de los estudiantes cuando se enfrentan a preguntas como las que siguen (Wainmaier, 2005) y que les proponemos formulen a los estudiantes.

Para considerar en el aula

Se arroja verticalmente hacia arriba una pelota, como se muestra en la figura.

a. Describe el movimiento de la pelota, indicando si la velocidad aumenta, disminuye o permanece constante. Justifica la respuesta.

b. Representa, aproximadamente en escala, la o las fuerzas que se ejercen sobre la pelota, en las siguientes situaciones. Justifica las representaciones.

b1. cuando está subiendo y se halla más o menos a mitad de camino;

b2. cuando alcanza la altura máxima;

b3. cuando está bajando.

Considera un sistema de referencia fijo en el suelo y que el rozamiento con el aire es despreciable.

Nuestra práctica docente, en coincidencia con otras muchas investigaciones, nos muestra que estudiantes del nivel medio e incluso universitarios al dar respuesta al ítem b afirman incorrectamente y con total seguridad que "cuando el cuerpo está subiendo se ejerce una fuerza en el sentido del movimiento". Atribuyen esa fuerza a quien la lanzó, o al movimiento, o al propio cuerpo.

Los profesores durante muchos años nos desempeñamos –y aún persiste en algunas aulas esta perspectiva– como si las mentes de nuestros alumnos fuesen recipientes vacíos, transmitiendo los conocimientos con la mayor claridad posible, sin considerar que los alumnos construyen ideas sobre los fenómenos y los hechos. Hoy se sabe que los estudiantes llegan a las clases de ciencias con una experiencia fuerte y profunda, recogida de vivencias personales que han configurado en

ellos ciertas ideas –en general erróneas– y una forma de pensamiento para interpretar el funcionamiento de la naturaleza, capaces de interferir con las ideas científicas que pretendemos que aprendan. Ellos, así como cualquier otra persona, interpretan distintos fenómenos desde los conocimientos previos, desde su física, su química, su biología personal o intuitiva (Pozo y Gómez Crespo 1998: 94). Esas ideas son generalmente útiles para comprender el comportamiento de diferentes fenómenos y compiten, a veces con ventaja, con aquello que se les enseña. Contradictorias con los conocimientos científicos vigentes, tales ideas han recibido una multiplicidad de nombres en la literatura referida al tema: preconcepciones, ideas previas, concepciones erróneas, concepciones espontáneas, ciencia intuitiva, concepciones alternativas, teorías ingenuas, entre otros.

Desde hace prácticamente cuatro décadas se vienen publicando cientos de artículos, en diferentes campos del conocimiento, acerca de errores conceptuales de los estudiantes y sobre las ideas o concepciones alternativas a las científicas actuales que inducen a cometerlos. Entre dichas concepciones son conocidas la estrecha asociación entre la fuerza y el movimiento de los cuerpos en el tratamiento de la mecánica de Newton, que conduce de manera incorrecta a pensar que necesariamente debe haber una fuerza en la dirección del movimiento (como ocurre con la pelota que está subiendo). También con frecuencia los estudiantes transfieren las propiedades macroscópicas de las sustancias a los átomos, o creen que las plantas verdes durante el día respiran consumiendo dióxido de carbono y expulsando oxígeno, mientras que durante la noche lo hacen al revés.

Más información

Es posible consultar numerosos trabajos al respecto, en diversos campos, en la revista *Enseñanza de las Ciencias* de acceso libre.

Disponible en: http://ensciencias.uab.es [Consulado el 20/5/2019]

Si bien se trata de construcciones personales y propias de cada individuo, existen muchas más semejanzas que diferencias entre ellas, lo que ha permitido identificar algunos esquemas comunes en estudiantes de países y sistemas educativos distintos. Estas ideas –que afectan a un gran número de estudiantes al menos al comienzo de sus trayectorias– tienen además un carácter implícito (muchas veces, el sujeto no es consciente de que mantiene concepciones sobre los fenómenos científicos), lo que dificulta su detección y superación. En algunos casos son tan persistentes que apenas se modifican tras largos años de instrucción, más aún si no se las considera muy especialmente en el aula. Entre los resultados más notables de las investigaciones sobre la temática, es de destacar cierto paralelismo entre algunas ideas de los estudiantes y determinadas teorías científicas de otras épocas. Por ejemplo, el concepto aristotélico

de fuerza, o la idea de que los elementos tienden espontáneamente a moverse hacia su lugar natural, o el concepto de heredabilidad de caracteres definido por Lamarck. Algunos autores señalan que esta semejanza no es casual sino que corresponde a un modo similar de interrogar la naturaleza (Carrascosa, 2005).

Más información

Para profundizar en este tema sugerimos leer el trabajo de Carrascosa (2005, Parte I) y el de Pozo y Gómez Crespo (1998, Capítulo IV).

https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/16288/Carrascosa_2005A.pdf

www.terras.edu.ar/biblioteca/6/TA_Pozo_Unidad_3.pdf

Para reflexionar

¿Cuáles son los orígenes de las concepciones alternativas?

Si bien resulta de sumo interés conocer las concepciones alternativas de los estudiantes en diversos campos, es necesario avanzar hacia el conocimiento de un marco más bien interpretativo, que abra un espacio para dar respuesta a qué hacer con estas ideas en el aula.

Desde un punto de vista general, las dificultades para un aprendizaje comprensivo de las ciencias están vinculadas con la interacción entre la forma en que los alumnos aprenden y las características propias de la naturaleza del conocimiento que se enseña, que tiene diferencias sustanciales con el conocimiento cotidiano. Pozo y Gómez Crespo (1998) señalan que las concepciones alternativas son el resultado de la desconexión entre el conocimiento que los estudiantes generan para dar sentido al mundo que los rodea y el conocimiento científico, plagado de extraños símbolos y conceptos abstractos referidos a un mundo más imaginario que real. Estos autores afirman:

> Mientras que el conocimiento que los alumnos traen al aula, y con él sus actitudes y procedimientos, se refiere al mundo cotidiano, un *mesocosmos* trazado por las coordenadas espacio-temporales del aquí y ahora, la ciencia que se les enseña se mueve más en la "realidad virtual" del *microcosmos* (células, partículas y otras entidades mágicas y no observables) y del *macrocosmos* (modelos idealizados, basados en leyes, no vinculados a realidades concretas; cambios biológicos y geológicos que se miden en miles, sino millones de años, sistemas en interacción compleja, etc.). Solo una relación entre estos diferentes niveles de análisis de la realidad, basada precisamente en su diferenciación, puede ayudar a los alumnos a comprender el significado de los modelos científicos y, desde luego, a interesarse por ellos (Pozo y Gómez Crespo, 1998: 97).

Investigadores como Pozo y Gómez Crespo (1998) y Carrascosa (2005) reconocen como fuente de las concepciones alternativas un *origen sensorial,* uno *cultural* y otro *escolar*.

En relación con el *origen sensorial*, Carrascosa (2005: 192) señala que a lo largo de toda la vida las personas estamos sometidas, a través de la

interacción de nuestros sentidos con el medio que nos rodea, a diversas y reiteradas experiencias físicas que contribuyen a la formación de ideas o concepciones para interpretar los fenómenos de la naturaleza. Por ejemplo, construimos la idea de que para mantener la velocidad constante se necesita una fuerza constante (idea bajo la cual subyace la concepción alternativa que vincula a la fuerza con el movimiento, en lugar de relacionarla con el cambio del movimiento), o que los gases no pesan. El carácter sensorial y directo de las experiencias y el uso del pensamiento común como recurso habitual para interpretarlas llevan a interiorizar determinadas explicaciones como evidencias incuestionables: el pensamiento está dominado por la percepción. Como veremos cuando hagamos referencia a lo que los estudiantes saben hacer –en el apartado que sigue–, las concepciones alternativas suelen estar guiadas también por reglas de conocimiento simplificadoras.

El *origen social* de las concepciones de los estudiantes se relaciona con creencias socialmente inducidas sobre numerosos hechos y fenómenos (las representaciones sociales), que se han construido en interacción con el entorno cultural y social. Por ejemplo, la creencia muy extendida en la sociedad según la cual resulta peligroso dormir en una habitación si dentro hay alguna planta. Tales ideas también suelen estar guiadas por reglas de conocimiento simplificadoras, aunque tienen un origen más cultural y lingüístico (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Son frecuentes en las áreas de la salud, la nutrición, la reproducción, el medio ambiente, el cambio climático, entre otros. Estas ideas se difunden por diferentes vías de comunicación y se instalan en la sociedad. Estos medios de difusión, además, brindan con frecuencia información que tiene errores conceptuales; ofrecen, por ejemplo, ruidosas guerras galácticas en el espacio vacío interestelar, donde el sonido no se propaga.

A estas problemáticas debemos sumarles otras cuestiones asociadas al lenguaje. Muchos de los nombres con los que se designan los conceptos científicos fueron tomados de términos que ya eran utilizados en el lenguaje cotidiano, antes de que tales conceptos fuesen definidos en el ámbito científico de manera precisa, otorgándoles un significado diferente al insertarlos en un marco teórico específico (Bunge, 1980). Este es el caso de conceptos como trabajo, calor, fuerza, sustancia, vacío, velocidad, aceleración, etc. Cuando el estudiante escucha del profesor o lee esos términos en los libros de texto, como le resultan tan familiares –por el uso reiterado en el lenguaje cotidiano–, en forma más o menos consciente intenta transferir el sentido que se le da en la vida diaria a su significado científico. Por ejemplo, vincula incorrectamente en las clases de ciencia la idea de fuerza con esfuerzo. En la vida cotidiana también utilizamos términos científicos como si fueran sinónimos. Por ejemplo, empleamos como sinónimos ideas como fuerza y velocidad: solemos decir “la pelota iba muy fuerte” en lugar de “muy rápido”. En el mismo sentido se utilizan indistintamente las ideas de temperatura y calor.

Pensar las prácticas

El hecho de que el significado de las palabras no sea el mismo en el ámbito científico no debe considerarse algo negativo. Tampoco es pertinente considerar que el verdadero significado es el que le asigna la ciencia, ya que este depende del contexto en el que se aplica, tal como vimos en el apartado anterior. Si quisiéramos hablar en la vida cotidiana como se hace en el campo de la ciencia resultaría algo restrictivo y complicado.

Coincidimos con lo que señala Carrascosa (2005: 194): "[…] lo grave no es que alguien diga que 'el Sol sale por detrás de aquellas montañas' o 'cierra la puerta que se escapa el calor', lo preocupante sería que realmente creyese que eso es así, después de haber estudiado los conocimientos científicos".

Más información

En relación con el origen y la persistencia de determinadas ideas alternativas, sugerimos la lectura de Carrascosa (2006), que muestra errores en artículos de prensa, novelas, cómics e incluso libros de texto. También se plantea la posibilidad de usar estos mismos medios como recurso para trabajar la temática de las concepciones alternativas en el aula.

https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3883/3458

Retomando ideas de Pozo y Gómez Crespo (1998) y de Carrascosa (2005), las concepciones alternativas también reconocen como fuente el *origen escolar*, muchas veces asociadas a transposiciones didácticas inadecuadas que se originan en la falta de consideración de las características distintivas del objeto de conocimiento que se enseña y del modo en que los alumnos aprenden. Presentaciones deformadas, simplificadas o incorrectas derivadas de los libros de texto o de la enseñanza recibida favorecen una comprensión errónea e inapropiada de la ciencia escolar. El desconocimiento o la falta de atención al lenguaje como mediador del aprendizaje en las clases de ciencias, el establecimiento de diferencias sustanciales entre el lenguaje cotidiano y el científico por parte del profesor o los libros de texto, el empleo de analogías inadecuadas (por ejemplo, la analogía de la corriente eléctrica como un fluido) pueden inducir a incomprensiones.

Por ejemplo, en el campo de la Biología, Meinardi (2010: 147) señala que la representación de la célula como dos círculos concéntricos semejantes al "huevo al plato" (o "huevo frito") puede obstaculizar la comprensión de la importancia de la relación superficie/volumen en la fisiología y las diferenciaciones celulares, entre otras cosas. Otras veces, con la idea de disminuir la dificultad de los contenidos y ponerlos "a la altura del alumno" con el supuesto fin de ayudar a su comprensión conceptual se realizan transposiciones didácticas inapropiadas que aluden a electrones que se quedan quietos, cuando se quieren caracterizar los

conductores en ausencia de corriente eléctrica (Galagovsky *et al.*, 1998) o, como se ha identificado en libros de texto, se define la fuerza como "un empuje o un tirón (jalón)" (Wolhein, 2018).

Más información

Para profundizar sobre algunos problemas en las clases de ciencia vinculados con el lenguaje y la comunicación en el aula, sugerimos la lectura de Galagovsky *et al.* (1998).

https://ddd.uab.cat/record/1402

Retomando las cuestiones de diferencias entre los conocimientos científico y cotidiano, Pozo y Gómez Crespo (1998: 102) hacen referencia a que, a menudo, el docente en las clases de ciencias no presenta el conocimiento científico como un saber diferente de otras formas de saber. Esto conduce a que los estudiantes tiendan a asimilar esos conocimientos escolares, por analogía, a sus otras fuentes de conocimiento sensorial y social. En otras palabras, los modelos científicos se mezclan con referentes comunes y su claridad disminuye. El alumno concibe como análogos el conocimiento cotidiano y el científico.

Web

Juan Ignacio Pozo brinda una riquísima conferencia sobre psicología cognitiva y aprendizaje científico, en la que explica la relación que existe entre la educación científica y las experiencias cotidianas de las personas.

Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=R0Ar-f1XujDE [Consultado el 20/5/2019]

Los resultados de la investigación educativa en ciencias sobre las concepciones alternativas de los estudiantes son coherentes con una visión psicológica constructivista del aprendizaje. Desde esta perspectiva se entiende el aprendizaje ya no como una acumulación de información, sino como la reconstrucción de los conocimientos o representaciones previas que tienen las personas en un dominio (Pozo, 2018). Diversos autores coinciden en señalar, entre otras cosas, que los estudiantes no son recipientes de información, sino activos constructores de sus conocimientos, aunque se advierten diferencias en cómo se los construye (Ausubel *et al.*, 1978; Vygotski, 1973; Piaget, 1972). De esto resulta que quien aprende comprensivamente ciencia no es un consumidor pasivo de los conocimientos científicos (conceptos, leyes, actitudes, criterios metodológicos, valoraciones) presentados por el profesor o los libros. Por el contrario, participa de manera activa en los procesos de construcción del conocimiento elaborando sus propias interpretaciones, realizando inferencias, atendiendo a ciertos aspectos que selecciona e ignorando otros.

Por otro lado, desde una perspectiva constructivista, uno de los principales factores que influyen en el aprendizaje de una nueva información es el "conocimiento previo" que ha construido el que aprende. Ausubel *et al.* (1978: 389) identifican el conocimiento previo como un factor determinante del aprendizaje, por lo que afirman: "Averígüese esto [lo que el alumno ya sabe] y enséñese consecuentemente". Existen algunos precedentes que, con notable antelación, llamaron la atención sobre la importancia de la prehistoria del aprendizaje (Vygotski, 1973), o se

refirieron a la existencia de barreras epistemológicas señalando que "se conoce en contra de un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal adquiridos o superando aquello que, en el espíritu mismo, obstaculiza a la espiritualización" (Bachelard, 1972: 15), o que plantearon el rastreo del origen psicológico de las nociones hasta estadios precientíficos (Piaget, 1972).

Pensar las prácticas

La forma en que incide en el aprendizaje aquello que los alumnos "ya saben" cuestiona una vez más la enseñanza tradicional, basada en la transmisión verbal de conocimientos conceptuales. Desde este modelo de enseñanza se plantean actividades que se limitan a la resolución de numerosos ejercicios de mera aplicación de casos tipo y promueve la memorización repetitiva de conocimientos teóricos, a través del planteamiento de preguntas orientadas a la recuperación y reproducción de información.

Las preguntas son fundamentales en las ciencias y en las aulas donde se enseñan. Deben interpelar cognitivamente a los alumnos, a los fines de promover diferentes niveles de desarrollo de pensamiento y generar actitudes positivas hacia las ciencias. Se trata de plantear preguntas orientadas a que los estudiantes realicen descripciones, establezcan relaciones y comparaciones, ofrezcan explicaciones causales, argumenten, justifiquen, busquen evidencias, tomen posición, elaboren juicios valorativos, entre otras cosas (Lapasta, 2017).

Multimedia

En el siguiente video, la Dra. Melina Furman nos invita a reflexionar sobre la importancia de las "Preguntas para pensar".

https://www.youtube.com/watch?v=LFB9WJeBCdA

Lecturas

Recomendamos leer el artículo de Sardà *et al.* (2006), quienes proponen diferentes tipos de preguntas para promover, en este caso, distintos niveles de lectura de textos.

Disponible en: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART5_Vol5_N2.pdf [Consultado el 20/5/2019]

Los profesores de ciencias debemos contar con que nuestros estudiantes *ya* poseen un conocimiento científico alternativo. Estas ideas de los estudiantes ya no son vistas como algo negativo sino como estructuras cognitivas que interaccionan con la información que llega del exterior y juegan un papel importante en el aprendizaje (Driver, 1986). Diferentes autores sugieren posibles actitudes de los docentes frente a esas ideas

Para reflexionar

¿Qué hacer con las ideas previas de los estudiantes?

con las que los estudiantes llegan al aula (De Vecchi y Giordan, 1989; Pozo y Gómez Crespo, 1998).

En principio, si queremos favorecer un aprendizaje comprensivo de las ciencias no debemos ignorar o evitar el tratamiento en el aula de las concepciones alternativas. Tampoco se trata de utilizarlas como instrumento didáctico, refutarlas al cuestionarlas, sin hacer nada más. Cabría pensar en plantear estrategias de enseñanza para superarlas. Desde estas perspectivas se han propuesto modelos para la enseñanza basados en el llamado "cambio conceptual" sin mucho éxito, de modo que se cuestiona también tomar como posición apoyarse en ellas para transformarlas, para suprimirlas. Por un lado, el hecho de pedir a los estudiantes que expliciten sus ideas y luego cuestionarlas puede generar en ellos una actitud de incomodidad. Por otro, tal como veremos más adelante, se advierte una falta de consideración en la enseñanza de otros saberes con los que los alumnos llegan al aula (Furió *et al.*, 2006). En tal sentido, cabe destacar que para la reconstrucción del conocimiento conceptual se requiere, por ejemplo, de actitudes científicas (tales como la búsqueda de coherencia, de generalidad), lo que no parece ser de primordial importancia en el conocimiento común. Las estrategias educativas de aprendizaje por cambio conceptual están presuponiendo esta y otras condiciones metodológicas, epistemológicas, valorativas, que parecen no darse en los estudiantes.

Desde otras perspectivas, en cambio, no se propone sustituir unas ideas por otras. Se promueve tomarlas como punto de partida para favorecer el hecho de que los estudiantes se den cuenta de su campo de aplicación y se sostiene la necesidad de una diferenciación e integración jerárquica entre distintos tipos de conocimientos, concebidos como representaciones alternativas de un mismo problema y dependientes del contexto (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Adherimos a esta última perspectiva y coincidimos con Pozo (2018: 33) cuando afirma que "los estudiantes no usan los conocimientos científicos, no se contagian de ellos, porque tienen otras representaciones muchas veces más creíbles, de las que ni siquiera son conscientes"; de esto deriva la importancia de ayudar a los estudiantes a que las reconozcan.

La investigación educativa en ciencias ha centrado la atención en las ideas previas de los estudiantes, haciendo énfasis en las estructuras cognoscitivas que procesan y ordenan las percepciones (Driver y Easley, 1978). No obstante, diversos estudios dan cuenta de que estos traen a las clases de ciencias no solo sus puntos de vista acerca del mundo que construyeron en interacción con la naturaleza y la sociedad, sino también sus propias estrategias, sus propias ideas acerca de lo que constituyen explicaciones adecuadas, sus propias perspectivas sobre la ciencia y la forma en que se la aprende, entre otras cosas. Algunos autores sostienen que dichas estructuras cognoscitivas implican conocimientos que van más allá de cuestiones conceptuales. Salinas *et al.* (1995: 354) señalan

que: “Por estructura cognoscitiva se entiende el conjunto de conocimientos conceptuales, analogías y metáforas, ideales explicativos, concepciones metafísicas y epistemológicas, valoraciones, etc., que intervienen en la construcción de conocimiento por parte del que aprende”.

Más allá de las ideas previas de los estudiantes

Lo que los estudiantes **saben hacer**

Las investigaciones educativas en ciencias vienen señalando que los estudiantes tienen dificultades pasibles de asociarse con las estrategias de razonamiento que utilizan cuando se enfrentan a determinadas preguntas o problemas. Les proponemos que presenten la actividad que sigue a los estudiantes, tomada de Campanario (1998: 440).

Para considerar en el aula

Considera las dos situaciones siguientes. En ambas interviene el mismo cuerpo A, la misma superficie horizontal, la misma cuerda y la misma polea. En la primera situación se cuelga un cuerpo B del extremo de la cuerda (ver Figura 1). En la segunda situación, un estudiante tira del extremo de la cuerda (ver Figura 2). El peso del cuerpo B es igual (en intensidad, en dirección y en sentido) a la fuerza que ejerce el estudiante. ¿Es igual la aceleración del cuerpo A en ambas situaciones? Justifica la respuesta.

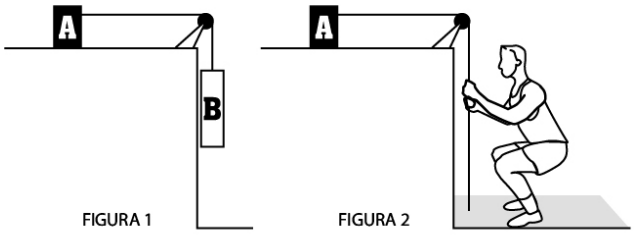


FIGURA 1 FIGURA 2

Nuestra experiencia docente y estudios sistemáticos con estudiantes universitarios (Wainmaier, 2003) y del nivel secundario (e incluso con profesores) nos permiten advertir que, enfrentados a esta situación, la mayoría afirma, incorrectamente y sin dudar, que la aceleración del cuerpo A es la misma en ambas situaciones. Justifican la respuesta señalando que el peso del cuerpo B y la fuerza que ejerce el estudiante sobre el cuerpo A son idénticos. Predomina esta respuesta sin un tratamiento cualitativo previo del problema, sin una representación de las fuerzas que se ejercen sobre cada cuerpo. También está ausente toda referencia a posibles simplificaciones (masa de la cuerda y de la polea despreciable, soga inextensible, etc.). Consideramos que esta respuesta incorrecta tan extendida no es azarosa sino que puede estar asociada a que los estudiantes abordan la situación simplificando acríticamente el problema, suponiendo *a priori* y sin control que la respuesta depende

de una sola variable (en este caso la fuerza). En la situación planteada, la relación entre variables –que permite dar una respuesta correcta a la pregunta– es múltiple. En la justificación no se advierte que la aceleración de un sistema en estudio (en este caso el cuerpo A) no depende solo de la fuerza neta aplicada, sino que la masa del sistema bajo estudio también debe ser considerada. Detrás del error tan generalizado subyace un modo de razonar muy extendido que algunos autores denominan "reducción funcional" (Viennot, 2002).

El obstáculo que subyace detrás del error tan general que terminamos de presentar claramente no puede vincularse con la temática de las concepciones alternativas (lo que los estudiantes ya "saben" cuando llegan al aula), abordadas anteriormente, sino más bien con lo que "saben hacer". Una línea importante de investigaciones está centrada en la identificación de obstáculos asociados a pautas de pensamiento y a razonamientos que recurrentemente emplean los estudiantes. Se ha demostrado que las personas tendemos a realizar inferencias sobre diversos fenómenos haciendo uso de razonamientos no rigurosos, "razonamientos de sentido común". Estos tienen como base suposiciones o principios intuitivos sobre el funcionamiento del mundo y/o están asociados a procesos heurísticos de razonamiento que simplifican la toma de decisiones y la construcción de inferencias (Furió *et al.*, 2006; Pozo y Gómez Crespo, 1998).

En diversos campos se han identificado diferentes suposiciones o principios intuitivos sobre el funcionamiento del mundo que nos rodea, los que parecen guiar y restringir la construcción de modelos y explicaciones generados por los estudiantes (Pozo y Gómez Crespo, 1998; González Galli, 2011; Talanquer, 2005, 2010). Debido a estos principios, por ejemplo, conceptos como energía, calor, fuerza, tienden a pensarse como entidades materiales, a sustancializarse o materializarse (sustancialismo). Por otra parte, el finalismo o principio teleológico (en la naturaleza todos los cambios ocurren para satisfacer algún propósito o fin determinado) es una forma de pensar que también funciona como obstáculo. Por ejemplo, en Biología conduce a ideas erróneas tales como que las bacterias se acostumbran a los antibióticos o que las cucarachas mutan para hacerse resistentes a los insecticidas (Meinardi, 2010). En Química estos principios permitirían comprender posibles causas de afirmaciones incorrectas dadas por los estudiantes, como que "los átomos ceden electrones para satisfacer la regla del octeto" (Talanquer, 2005).

Pozo y Gómez Crespo (1998) y Talanquer (2005), entre otros, indican que las personas recurrentemente hacemos uso de atajos en el razonamiento, denominados "reglas heurísticas" (o procesos heurísticos). El empleo de este modo de razonar (estrategias de pensamiento de sentido común) conduce a generar explicaciones rápidas de los fenómenos naturales sin mucha reflexión, basados en la intuición y en generaliza-

ciones inapropiadas. Esta forma de razonamiento simplifica la complejidad de los problemas que se enfrentan y es muy útil en la vida cotidiana, ya que brinda respuestas efectivas sin mucho requerimiento cognitivo, sin mucho esfuerzo. Sin embargo, también es responsable de graves errores sistemáticos, como los que cometen los estudiantes en las clases de ciencias.

En las ciencias naturales, el razonamiento causal ocupa un lugar importante en el análisis de procesos y eventos. La búsqueda de respuestas a problemas que requieren la identificación de causas y la predicción de efectos recurre con frecuencia a reglas como la reducción funcional, como terminamos de ejemplificar. Pozo y Gómez Crespo (1998: 100) brindan ejemplos de la utilización de reglas simplificatorias también en la formación de concepciones alternativas. Entre ellas las asociativas básicas, como la semejanza y la contigüidad.

- Los átomos de cobre tendrán el mismo color que el metal: rojizo (semejanza entre causa y efecto).
- Las lamparitas más cercanas a la pila en un circuito en serie lucirán con más intensidad que las más alejadas (contigüidad espacial).
- Si me duele la cabeza o el estómago, se deberá a lo último que hayamos hecho o comido (contigüidad temporal).

Más información

Para profundizar sobre el tema sugerimos la lectura del trabajo de Furió *et al.* (2006), que trata entre otras cosas problemas vinculados con los modos de razonar en diferentes áreas. También proponemos otros más específicos como el de Talanquer (2005) en el área de Química y González Galli y Meinardi (2015) en Biología.

https://www.uv.es/jsolbes/documentos/Alambique_2006%20Furio,Solbes,Carrascosa.pdf

http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66092/58004

http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320150010007

Pensar las prácticas

En las clases de ciencia, recurrentemente advertimos la tendencia de los estudiantes a contestar con rapidez, a dar respuestas precipitadas fundamentadas desde lo que les parece (no desde el marco teórico en el que se están interpretando los fenómenos y hechos). En forma reiterada observamos que se enfrentan a actividades sin analizar el enunciado del problema o con una comprensión superficial de las preguntas; sin efectuar un análisis preciso y sistemático de las distintas variables que intervienen o cómo pueden influir. Estos procedimientos inadecuados y este modo de hacer está muy extendido entre los estudiantes de diferentes niveles educativos y no es casual: se corresponde con ciertos hábitos metodológicos de

sentido común a los que algunos autores han denominado "metodología de la superficialidad" (Carrascosa y Gil, 1985). En las clases de ciencia es fundamental explicitar las limitaciones de estos hábitos y preparar actividades especialmente diseñadas para que estas particularidades se hagan evidentes.

Desde el campo de la investigación educativa en ciencias se señala que, enfrentados a problemas numéricos, con frecuencia los estudiantes están centrados en buscar fórmulas en las que puedan usar todos los datos y en las que figure la incógnita, limitándose a realizar cálculos inmediatamente con el fin de llegar a un resultado numérico lo antes posible. Está ausente todo el análisis de los resultados y del campo de validez de las expresiones o relaciones matemáticas que utilizan. Se observa que los estudiantes aplican fuera del ámbito de validez diferentes expresiones matemáticas (como la conocida expresión $v = d / t$) y/o establecen relaciones de proporcionalidad directa entre variables, cuando esta relación es inválida para la situación planteada (Furió *et al.*, 2006).

Lo que los estudiantes **creen**

Los alumnos de diferentes niveles educativos también mantienen concepciones y creencias propias sobre la naturaleza de la ciencia y del conocimiento científico, y, además, sobre sus propios procesos y productos del aprendizaje. Es decir, los alumnos tienen sus propias concepciones epistemológicas.

Al respecto se advierten posturas de los estudiantes que se asimilan a un realismo ingenuo (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Talanquer, 2005) y se constituyen en verdaderos obstáculos para el aprendizaje. Estas pueden llevarnos a comprender problemáticas que subyacen detrás de las concepciones alternativas. Si los alumnos consideran que las leyes de la Física, por ejemplo, provienen de mirar al mundo, no nos debería extrañar que reiterada e incorrectamente sostengan "que es necesaria una fuerza constante para que un cuerpo mantenga una velocidad constante".

Por nuestra parte, hemos identificado visiones inapropiadas de los estudiantes de diferentes niveles educativos en torno a la naturaleza de los conceptos y las relaciones entre conceptos, las que podrían traducirse en un obstáculo para el aprendizaje. Les proponemos presentar en el aula la pregunta que sigue, adaptada del trabajo de Wainmaier *et al.* (2011).

Para reflexionar

¿Cuáles son las ideas de los estudiantes sobre los conceptos que se utilizan en ciencias?

Para considerar en el aula

Muchas veces en la vida cotidiana empleamos términos que se utilizan en Física (por ejemplo: movimiento, fuerza, presión, calor, energía, trabajo). ¿Tienen igual significado dichos términos en la Física y en la vida cotidiana? Justifica la respuesta y brinda ejemplos que ilustren tu posición.

El análisis de las respuestas brindadas por los estudiantes de nivel secundario e ingresantes a la Universidad da cuenta de que la mayoría no reconoce la dependencia crucial del significado de los conceptos respecto del contexto al que pertenecen. Mayoritariamente responden que ideas como movimiento, fuerza y energía tienen igual significado en el ámbito científico y cotidiano. Al analizar los ejemplos que presentan se advierte una indiferenciación de conceptos tales como fuerza-energía: "Fuerza es la energía necesaria para realizar trabajo". También se observa que les otorgan a los conceptos que se utilizan en Física el significado asignado en la vida cotidiana. Por ejemplo, la idea de fuerza está asociada a la idea cotidiana de "esfuerzo", "empujar", "levantar", "mover". El trabajo es conceptualizado como "esfuerzo a lo largo de un desplazamiento". Parecería ser que al intentar buscar un correlato fáctico se vincula la idea de trabajo con la idea cotidiana de esfuerzo.

Más información

Para profundizar en este tema sugerimos leer sobre algunas limitaciones epistemológicas de los estudiantes que ingresan a la Universidad, identificadas por Wainamier *et al.* (2011), en torno a los conceptos y las relaciones entre conceptos.

https://www.researchgate.net/publication/228622170_Conceptos_y_relaciones_entre_conceptos_de_la_mecanica_newtoniana_en_estudiantes_que_ingresan_a_la_universidad

Los resultados de este estudio –en convergencia con los de otras investigaciones– refuerzan, a nuestro criterio, la importancia de incorporar aspectos de índole epistemológica en las clases de ciencias y en la formación de los profesores. No estamos proponiendo que la enseñanza de las ciencias se convierta en una sucesión o alternancia de actividades "con contenidos de ciencias" y "con contenidos de Epistemología", sino que estamos pensando en una educación en la que el proceso de aprendizaje de las ciencias esté constituido por el tratamiento científico, orientado por el formador, de situaciones que tengan sentido e interés para los aprendices, y en las que se incorporen explícita y funcionalmente reflexiones sobre la naturaleza y construcción del conocimiento enseñando (Gil Pérez, 1993). Particularmente, el paso de las ideas intuitivas a otras coherentes con las ciencias (ya sea las de la ciencia escolar o aquellas correctas pero incompletas) implica mucho más que interpretar un concepto, una ley o un modelo. Involucra un cambio en los principios implícitos, entre ellos los epistemológicos, que guían inadvertidamente la manera en que se interpretan, conciben y explican los fenómenos (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

En este apartado hemos recuperado un conjunto de causas que constituyen obstáculos para el aprendizaje comprensivo de las ciencias. Se trata de lo que los estudiantes saben (ideas previas), saben hacer (estrategias de razonamiento) y creen (concepciones epistemológicas). Tam-

bién podríamos referirnos a otras causas, tales como lo que creen que saben (metacognición).

Más información

Para ampliar acerca de esta temática, se recomienda el trabajo de Campanario y Otero (2000).

Disponible en: https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21652

Enlaces utilizados

Acevedo Díaz, J. A. (2004). "Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la Ciudadanía". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1 (1), pp. 3-16. Recuperado de <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm> [Consulta: 01/08/2018].

Adúriz-Bravo, A. (26 de julio de 2017). "Reflexiones sobre los modelos científicos para las clases de Ciencias" [Archivo de video]. CFE, ANEP, Uruguay. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=1oNPH-0y8ep8> [Consulta: 29/04/2019].

Campanario, J. y Otero, J. (2000). "Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos en ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), pp. 155-169. Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21652> [Consulta: 28/04/19]

Carrascosa, J. (2005). "El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (2), pp. 183-208. Recuperado de <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/16288/Carrascosa_2005A.pdf>

Carrascosa, J. (2006). "El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (1), pp. 77-88. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3883/3458>

Furió, C., Solbes, J. y Carrascosa J. (2006). "Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación". *Revista Alambique*, 48, pp. 64-77. Recuperado de <https://www.uv.es/jsolbes/documentos/Alambique_2006%20Furio,Solbes,Carrascosa.pdf> [Consulta: 29/04/2019].

Furman, M. (2015). "Preguntas para pensar" [Archivo de video]. TEDxRiodelaPlataED. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=LFB9WJeBCdA> [Consulta: 29/04/2019].

Galagovsky, L., Bonan, L. y Adúriz Bravo, A. (1998). "Problemas con el lenguaje científico en la escuela: un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales". *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), pp. 315-321. Recuperado de <https://ddd.uab.cat/record/18?ln=ca> [Consulta: 29/04/2019].

Gil Pérez, D. y Vilches, A. (2006). "Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades". *Revista Iberoamericana de Educación*, (42), pp. 31-53. Recuperado de <http://www.rieoei.org/rie42a02.pdf>

Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (eds.). (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años.* Santiago de Chile: OREALC/UNESCO. Recuperado de <https://www.oei.es/historico/decada/139003S.pdf>

González Galli, L. y Meinardi, E. (2015). "Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina". *Ciênc. Educ.*, Bauru, v. 21, n. 1, pp. 101-122. Recuperado de <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132015000100007&lng=es&tlng=es> [Consulta: 29/04/2019].

Luna, M. y Carreri, C. (2011). "Supuestos epistemológicos en libros de texto de Física para nivel medio. Aspectos de su discurso pedagógico regular". *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 6 (2), pp. 38-52. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/reiec/v6n2/v6n2a03.pdf>

Pozo, J. I. (marzo de 2017). "Psicología cognitiva y aprendizaje científico" [Archivo de video]. IX Congreso Iberoamericano de Educación Científica, Uncuyo. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=R0Arf1XujDE>

Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata. Recuperado de <www.terras.edu.ar/biblioteca/6/TA_Pozo_Unidad_3.pdf>

Revista Enseñanza de las Ciencias. <http://ensciencias.uab.es>

Sardà, A., Márquez Bargalló, C. y Sanmartí, N. (2006). "Cómo promover distintos niveles de lectura de los textos de ciencias". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.* 5 (2), pp. 290-303. Recuperado de <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART5_Vol5_N2.pdf> [Consulta: 20/05/2019].

Talanquer, V. (2005). "El químico intuitivo". *Educación química,* 16(4), pp. 540-547. Recuperado de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66092/58004> [Consultado el 20/05/2019].

Wainmaier, C., Speltini, C. y Fleisner, A. (2014). "Conceptos métricos y enunciados en física: ideas de los docentes". *Revista de Enseñanza de la Física*, 26, (número extra, diciembre), pp. 295-307. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/9810>

Wainmaier, C., Speltini, C. y Salinas J. (2011). "Conceptos y relaciones entre conceptos de la Mecánica Newtoniana en estudiantes que ingresan a la Universidad". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), pp. 133-151. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/228622170_Conceptos_y_relaciones_entre_conceptos_de_la_mecanica_newtoniana_en_estudiantes_que_ingresan_a_la_universidad> [Consulta: 20/05/2019].

Wainmaier, C. y Wolhein, A. (2017). "La naturaleza epistemológica de los conceptos científicos en libros de textos de la educación secundaria". *Enseñanza de las Ciencias*, número extraordinario, pp. 3859-3864. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/viewFile/337520/428342>

Por Marta Badino, Alejandra Belizan y Mariana Capello

2. El concepto de energía en las aulas

Por Marta Badino, Alejandra Belizan y Mariana Capello

Introducción. ¿Por qué es importante enseñar energía?

La construcción de un currículo para las ciencias debe considerar la selección de aquellos conceptos que sean básicos y útiles en las diferentes materias y posicionarlos de manera relevante. La energía es uno de esos conceptos que corresponde enseñar por diversos motivos (Hierrezuelo Moreno y Montero Moreno, 1988).

En primer lugar, "energía" es un término que se utiliza en diferentes contextos y situaciones de la vida cotidiana y del ámbito científico. Por ejemplo, los medios masivos de comunicación lo usan con distintas acepciones y fines: ahorro de energía, energías alternativas, etc. (Gil Pérez *et al.*, 1995).

En la educación secundaria, por otro lado, el concepto de energía es relevante debido a que permite abordar las explicaciones de los fenómenos naturales (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Además, tiene un gran impacto en la problemática relacionada con Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) (Furió Gómez *et al.*, 2006).

El conocimiento científico-tecnológico se ha convertido en uno de los principales factores del cambio social; por lo tanto, las limitaciones para el acceso a esos conocimientos se traducen en desigualdades sociales. Pensando en particular en Latinoamérica, la producción, distribución y apropiación de los saberes científicos y tecnológicos constituyen un problema estratégico para el desarrollo económico-social. Este es un aspecto fundamental en la construcción de políticas científicas, tecnológicas y educativas adecuadas (Massarini, 2011).

Entonces, teniendo en cuenta los enfoques CTSA, resulta necesario pensar qué aspectos de la enseñanza de la energía se deben profundizar si aspiramos a la formación de ciudadanos capaces de tomar decisiones en torno a sus problemáticas. A partir de las conversaciones con docen-

tes acerca de por qué enseñar y cómo enseñar el concepto de energía, Gil Pérez *et al.* (1995) afirman que "se nos plantea un auténtico desafío: realizar un estudio que no caiga, ni en el operativismo ciego de ecuaciones sin significado, ni en la simple charla de café".

La importancia de enseñar energía está clara. No obstante, existen factores determinantes en la enseñanza y en el aprendizaje del concepto de energía; entre ellos, las concepciones alternativas de los alumnos y profesores, la manera en que los libros de texto introducen esta noción (Domínguez y Stipcich, 2010) y la forma en que los docentes retoman sus aspectos básicos.

En ocasiones, en las aulas se busca llegar a una definición; sin embargo, como vimos en la Parte 1, una definición no agota el significado de la conceptualización, sino que depende del contexto en el cual se construye. Por tanto, es complejo construir una única definición que se considere completa y válida para los diferentes contextos en los que se utiliza el concepto de energía. Pero independientemente de la idea que se intente trabajar en el aula, se debería reflexionar acerca de por qué se quiere enseñar ese concepto y qué enseñar. Y sobre todo abordarlo de manera integral, debido a que es una idea central desde el punto de vista de los fenómenos físicos, químicos y biológicos, tal como afirman Doménech *et al.* (2003).

> El estudio de la energía constituye uno de los núcleos básicos en todo currículo de educación científica [...]. Ese estudio resulta imprescindible para la comprensión de los procesos de unificación, auténticos hitos del desarrollo científico, que han mostrado los vínculos entre campos aparentemente inconexos; imprescindible también para la comprensión del funcionamiento de las máquinas e instrumentos que impregnan nuestra vida y, muy particularmente, para la adquisición de pautas de comportamiento ante los problemas ambientales y desequilibrios sociales que caracterizan la actual situación de emergencia planetaria (BYBEE, 1991), estrechamente asociada, entre otros, a las crecientes necesidades de recursos energéticos, al uso de los combustibles fósiles, etc. (Doménech *et al.*, 2003: 286).

Hacia la conceptualización de la energía

Hierrezuelo Moreno y Molina González (1990) mencionan la existencia de dos posturas para introducir el concepto de energía. Una, partidaria de definirla como la capacidad de un sistema para realizar trabajo. Esta es la postura adoptada ampliamente por los libros de texto universitarios y de nivel medio, como se retomará posteriormente en "Revisión de libros de texto". Tal vez sea la más generalizada porque evita el gran problema de la definición de una magnitud abstracta como es la energía (Hierrezuelo Moreno y Montero Moreno, 1988). En cambio,

el trabajo es una magnitud de la cual se puede dar una definición operacional y que se puede calcular, por lo tanto origina cierta tranquilidad. La otra postura está en desacuerdo con la definición operacional de la energía y se vuelca por una definición descriptiva, a la que se le incorporen atributos mediante un proceso gradual hasta completar el significado conceptual. Así, una definición descriptiva de la energía la concibe como una propiedad o asociada a los cuerpos, y en virtud de la cual estos pueden transformarse, modificando su estado, o pueden actuar sobre otros, originando en ellos procesos de transformación, de acuerdo con Hierrezuelo Moreno y Molina González (1990). A continuación se mencionan algunos de los atributos más relevantes definidos por estos autores:

a) La energía es una propiedad asociada a los sistemas, manifestada a través de las transformaciones.
b) Esta propiedad es transmisible y transferible de un sistema a otro.
c) La energía se degrada en los procesos de transformación.
d) La cantidad total de energía se mantiene, el efecto práctico es como si se perdiera.
e) La propiedad puede manifestarse en formas diferentes.

Pensar las prácticas

Por ejemplo, en muchos textos se ofrecen definiciones similares a: "La energía es la propiedad de un sistema que le permite realizar trabajo". En este tipo de definición, aparece en forma implícita el uso de la ley $W = \Delta Ec$. Sin embargo, una aplicación más consistente con el abordaje de energía para la Química o la Biología estaría basada en la segunda ley de la termodinámica: $W + Q = \Delta E_{interna}$ (o $\Delta U = W + \Delta Q$).

Para ampliar este punto se recomienda la lectura de Furió-Gómez *et al.* (2007).

Bunge (1999: 53) reflexiona sobre las posturas que existen en torno al tema de la energía.

> El concepto general de energía es algo oscuro mientras se lo confina a la física, ya que cada capítulo de ésta define su propio concepto particular de energía. El concepto general se aclara si se lo relaciona con los conceptos hipergenerales (filosóficos) de cosa concreta y de mutabilidad. Así se logra construir una miniteoría que identifica la energía con la posibilidad de cambio, y que hace de ella, así como de su conservación, la propiedad universal de las cosas concretas. Moraleja: físicos y filósofos pueden aprender unos de otros.

Concepciones de los estudiantes sobre el concepto de energía

La Parte 1 de este material se ha ocupado de las concepciones alternativas de los estudiantes relacionadas con la construcción del conocimiento científico. Estas concepciones alternativas, que interfieren de manera significativa entre el lenguaje cotidiano y el científico, se originan en las experiencias y observaciones de la vida cotidiana, en las concepciones transmitidas por los docentes en la educación formal, en las ideas desarrolladas en los materiales educativos y en las enunciadas por los medios de comunicación, entre otras. Además, tales concepciones no son exclusivas de los estudiantes sino que se verifican en los profesores en formación (Rodríguez y Díaz- Higson, 2012) y constituyen obstáculos epistemológicos en el aprendizaje de la ciencia (Furió Gómez *et al.*, 2006).

Respecto de lo dicho anteriormente, no debe olvidarse que el hecho educativo se produce en un contexto de relaciones e interacciones entre varios actores, y que el aprendizaje de las ciencias en particular implica acciones por fuera del plano individual. Los conocimientos que denominamos "cotidianos" están constituidos por representaciones sociales, conocimientos prácticos de sentido común que nos permiten comprender y explicar los hechos y las ideas sobre el mundo, dar sentido al entorno y a lo que allí ocurre (Mazzitelli y Aparicio, 2010; Pozo y Gómez Crespo, 1998). Estos conocimientos cotidianos –desde la perspectiva psicosocial– constituyen procesos de socialización primaria. Por otro lado, el conocimiento científico es un tipo de proceso secundario, que el estudiante se ve forzado a internalizar mediante prácticas pedagógicas (Mazzitelli y Aparicio, 2010).

Retomando el concepto de energía no se escapa de las preconcepciones construidas –como se mencionó antes–, y esto se debe a que es utilizado en la vida cotidiana con significados alejados del que le atribuye la ciencia: crisis energética, fuentes de energía, energías alternativas, "estoy sin energía", etc. Dado esto, los estudiantes tienden a explicar fenómenos sin hacer referencia a la energía (Herrizuelo Moreno y Montero Moreno, 1988), y todo se vuelca a los aspectos observables. En general, se asocia la energía con los seres vivos, con el combustible, como algo material almacenado o relacionado con el movimiento o la actividad.

Se puede afirmar que los estudiantes no tienen dificultades para incorporar la palabra "energía" al lenguaje y pueden utilizarla sin inconvenientes; no obstante, sustancializan el concepto atribuyéndole propiedades materiales. En ocasiones los estudiantes recurren a significados ligados a teorías antiguas, como es el caso del concepto de calor. Algunos de ellos consideran que el calor es una sustancia capaz de pasar de un cuerpo a otro y que existe otra sustancia (de propiedad opuesta) capaz de neutralizarlo: el frío (Pozo y Goméz Crespo, 2006).

Como se ha visto en la Parte 1, el sustancialismo mencionado anteriormente se debe a la tendencia –que todos tenemos– a realizar inferencias sobre fenómenos, utilizando el "razonamientos de sentido común". Este tipo de razonamiento termina por restringir la construcción de modelos y explicaciones por parte de los estudiantes.

Un estudio realizado por Silvina Cordero y col. (2003) –Grupo de Didáctica de las Ciencias, Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos, Universidad Nacional de La Plata– mostró que el 40 % de los estudiantes vincula la idea de energía con el trabajo, un 22 % la nombró como fuerza, el 12 % mencionó tipos de energía y otro 12 % se refirió a la energía como causa o consecuencia de movimiento. Solo un 6 % asoció el concepto de energía con los procesos vitales. Este trabajo es interesante porque indaga sobre las concepciones alternativas en dos niveles educativos diferentes: en la Escuela Secundaria Básica y en el universitario.

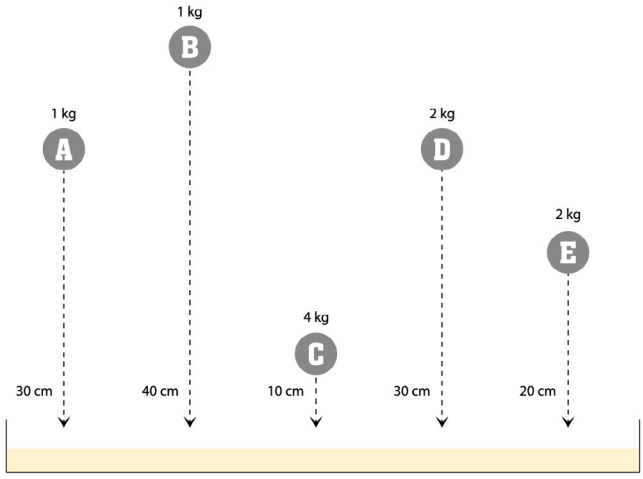
Más información

Furió Gómez *et al.* (2006) hacen una síntesis de algunas concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el concepto de energía, tales como las dificultades para diferenciar las nociones de temperatura, calor o energía, o la caracterización sustancial del calor (o de la energía).

https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2151232.pdf

Para considerar en el aula

Se dejan caer esferas sobre una caja con arena, tal como se muestra en la figura. Establece qué esfera genera el mayor agujero al caer. Justifica la respuesta.



Esta actividad se planteó a estudiantes de nivel secundario que habían abordado el tema de energía potencial en su curso. En coincidencia con lo citado por Pozo y Gómez Crespo (1998), nos permite advertir que aparecen respuestas incorrectas: mayoritariamente los estudiantes tienden a centrar la atención en el efecto de la altura, sin tener en cuenta el valor de la masa. El problema fundamental radica en que, en la situación planteada, la relación entre variables –que permite dar una respuesta a la pregunta– es múltiple. La energía potencial depende de tres variables: la masa (m), la aceleración de la gravedad (g) y la altura desde la que se deja caer cada esfera (h). Aunque la actividad dada permite establecer como supuesto que la aceleración de la gravedad (g) es la misma para todos los casos, seguirá siendo función de dos variables (m, h). Los estudiantes tienden a prestar atención solo a una; se trata de un modo de razonar muy extendido que algunos autores denominan "reducción funcional" (Viennot, 2002).

Hasta acá, es posible pensar en una manera de abordar este concepto desde distintas perspectivas, ya que un trabajo con ejemplos puede complementarse con un problema de aplicación. Esto, con el fin de lograr un contexto adecuado, que permita el abordaje del concepto de energía sin caer en definiciones incompletas y poco útiles a la hora de utilizarlo en áreas diferentes como la Física, la Química o la Biología.

Revisión de libros de texto

Si bien en las aulas existen diferentes recursos, los libros de texto siguen siendo una herramienta muy importante para docentes y estudiantes. Según Bañas *et al.* (2004), hay una gran coincidencia entre las concepciones alternativas de los estudiantes y el modo en que algunos textos presentan la información sobre el concepto de energía.

En diferentes trabajos, el grupo de investigación de Furió Gómez plantea que se puede dificultar el entendimiento de la noción de energía en los libros de texto. Esto ocurre cuando se presenta el tema sin un contexto histórico o desde una perspectiva aproblematizada, relacionada con una visión rígida e infalible de la ciencia, donde, por ejemplo, no se muestran los límites de validez de las leyes y los conceptos. También se destaca como una dificultad la presentación temprana de las fórmulas matemáticas sin antes hacer una conceptualización (Furió Gómez e*t al.*, 2006; Barlet y Mastrot, 2000).

¿Qué dicen los libros de texto sobre la energía?

Como se mencionó anteriormente, un factor importante en la construcción de concepciones alternativas son los textos utilizados tanto en el nivel superior como en la escuela secundaria.

Si se da una mirada al tratamiento de la energía en libros de química de nivel universitario, generalmente se introduce cuando se aborda el tema de cambio químico y se la define como "la capacidad de realizar trabajo" (Burns, 2003: 25), como "una medida de la capacidad de realizar trabajo" (Atkins y Jones 2012: F10) o como "la capacidad de la materia para realizar trabajo (Hein y Arena, 1997: 73H). En su libro *Química*, Raymond Chang conceptualiza la energía de una manera más completa.

> "Energía" es un término muy utilizado para representar un concepto bastante abstracto. De hecho, cuando nos encontramos muy cansados decimos que no tenemos energía; y leemos sobre la necesidad de encontrar fuentes de energías alternativas a las energías renovables. A diferencia de la materia, la energía es conocida y se identifica a través de sus efectos. No puede verse, no puede tocarse, no puede pesarse u olerse (Chang, 2002: 206).

Por otro lado, Brown, Lemay y Bursten en el libro *Química. La ciencia central*, inician el capítulo del estudio de la termodinámica especificando la importancia de distinguir conceptualmente los términos "energía", "trabajo" y "calor".

> Nuestro tratamiento de la termodinámica se basará en los conceptos de energía, trabajo y calor. Aunque estos términos nos son muy conocidos, necesitaremos definiciones precisas para nuestro análisis. En particular, tendremos que examinar las formas en que la materia puede poseer energía y cómo esa energía se puede transferir de una porción de materia a otra [...] (Brown, Lemay, Bursten. 2004: 154).

Los textos empleados en la escuela secundaria también utilizan las definiciones observadas en los textos universitarios y preuniversitarios; la energía se asocia con la capacidad para producir trabajo (o cambios) y para "poner en movimiento a los objetos" (*Química*, Serie Huellas, Estrada, 2014; y *Fisicoquímica 3*, Serie Huellas, Estrada, 2014). También aparecen ideas asociadas a la conservación de la energía y a la transformación de diferentes maneras.

Es interesante el modo en que aborda el concepto de energía Mautino (2004), en el libro *Física y Química*. Este autor introduce el tema, describiendo diferentes acciones que se realizan en la vida cotidiana, como encender la luz, comer chocolate, estudiar el tema de la clase, bombear constantemente la sangre por parte del corazón, levantar un objeto del suelo, andar en bicicleta: todas son actividades que requieren una cierta

cantidad de energía. Sin embargo, termina concluyendo sin ningún análisis posterior que "a partir de estas observaciones, se puede dar la siguiente definición: Energía es la capacidad que tiene un cuerpo para producir un trabajo" (Mautino, 2004).

Por otra parte, en textos de Biología la forma más utilizada para definir la energía también se refiere a la capacidad de hacer trabajo, en lo que se incluye la síntesis de moléculas, mover objetos y generar calor y luz (Audesirk *et al.*, 2008: 100). Otros autores también la relacionan con el trabajo, pero hacen la salvedad de que para la Biología o la Bioquímica representa capacidad de cambio (Purves *et al.*, 2006). Esta tendencia se refleja en libros escolares como *Biología 4*, de Puerto de Palos, donde emplean el concepto para abordar, por ejemplo, los nutrientes y la energía presente en los alimentos; sin embargo, al momento de definirla se hace referencia a la "capacidad de generar trabajo (movimiento)".

Un estudio realizado por Machado y D´Alessandro Martínez (1994), en el cual se revén textos de Física de nivel universitario y de los últimos años de la escuela básica, muestra que no se define "energía" de manera explícita a pesar de que el término sí se utiliza: energía cinética, energía potencial, etc. Además, este análisis también señala que en los libros correspondientes a los niveles superiores de la escuela básica el significado asignado es la capacidad de realizar trabajo, idea que es rebatida por otros autores (Machado y D´Alessandro Martínez, 1994).

En algunos casos, los libros de texto de diferentes niveles tienden a relacionar la energía con los combustibles, el calor, el movimiento, el funcionamiento, etc., relegando el concepto de energía química (Bañas *et al.*, 2004) y el de energía potencial. Según lo que analizamos en algunos textos, y en concordancia con otros autores (Bañas *et al.*, 2004; Machado y D´Alessandro Martínez, 1994), es común encontrar al comienzo de las secciones, incluso destacada en el texto, la definición de la energía en función de la capacidad de producir un trabajo, aunque esa definición no esté relacionada con los contenidos que se abordan y sea criticada por diferentes autores.

Lectura recomendada

Para ampliar el breve análisis realizado en este material sobre los libros de textos se propone la lectura de "La enseñanza de la energía en la educación secundaria. Un análisis crítico", de Doménech *et al.,* (2001).

https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/15998

De este brevísimo pasaje por diferentes textos de uso en la escuela secundaria y en la Universidad queda claro que la definición más utilizada de energía es aquella que se relaciona con el trabajo. Pese a esto, es posible aprovecharla de manera fructífera y tomar esta definición como punto de partida para comenzar el estudio de los cambios.

Pensar las prácticas

A la hora de plantear el tema de la energía, es preciso recordar que una característica de la actividad científica es realizar simplificaciones de situaciones que de otra manera serían inabordables. En este contexto, queda un poco más claro por qué al trabajo (w) se lo asocia con una de las transformaciones más elementales, que es el desplazamiento. De esta manera, se puede lograr una definición operativa del trabajo asociada a la fuerza. Es interesante tomar esta definición como una hipótesis o como un proceso intelectual de "invención de conceptos" (Gil Perez *et al.*, 1995). En este caso, el trabajo expresa la medida de un cambio y debe asociarse a la energía, entendida como la capacidad de un sistema para experimentar cambios o producirlos a otros sistemas. Esta primera aproximación puede ir reformulándose, por ejemplo, cuando se aborda el tema del calor.

Consideraciones para la elaboración de una propuesta áulica

La Didáctica de las Ciencias brinda un marco adecuado para comenzar a preparar una clase o una secuencia didáctica. Desde hace tiempo, en las revistas de investigación especializadas en este campo hay una gran cantidad de artículos que analizan la enseñanza y el aprendizaje de conceptos científicos, como el de energía, en sus diferentes niveles. Este cuerpo de conocimientos pone de manifiesto distintas problemáticas de la enseñanza tradicional asociadas a limitaciones conceptuales, epistemológicas y axiológicas (Furió Goméz *et al.*, 2006).

Desde la perspectiva positivista, el conocimiento científico es un conjunto de derivaciones lógicas y contrastaciones empíricas que tienen coherencia interna y que se corresponden con las construcciones formales de los hechos reales. Pero, como sabemos, la realidad no puede ser pensada independientemente de la historia ni del ámbito social en el cual se desarrolló el sujeto. Tal como lo expresa Torres Salas (2010: 133):

> El conocimiento científico posee una insoslayable dimensión institucional y como institución social la ciencia se encuentra sometida a la complejidad de relaciones condicionantes entre las diversas instituciones del sistema social, es decir, el sujeto y la sociedad investigan influidos por paradigmas y plataformas cognoscitivas históricamente gestadas y socialmente condicionadas dentro de un sistema de relaciones.

En numerosas ocasiones, y tal como se mencionó en la Parte 1 de este material, las problemáticas mencionadas son persistentes (Gil, 1991) y se deben a las visiones deformadas que existen entre los profesores sobre la construcción del conocimiento en ciencia y su naturaleza (Mellado y Carracedo, 1993; Solbes y Traver, 2003).

La enseñanza del concepto de energía, al igual que otros conceptos científicos, puede ser más útil si se lo aborda contextualizado, problematizado y estudiado de manera integral. Para hacerlo, se requiere destinar el tiempo y la profundidad necesarios para que los estudiantes puedan enriquecer los conceptos previos que tienen sobre el tema, permitiendo la generación de relaciones entre diferentes ideas, la aplicación en distintos campos y su articulación. Siguiendo las líneas de las investigaciones actuales en Didáctica de las Ciencias, se puede abordar la energía teniendo en cuenta una perspectiva histórica (Furió-Gómez *et al.*, 2006), que apunte a una ciencia en permanente construcción, actualización y cambio.

Si ponemos el énfasis en que la enseñanza de las ciencias tiene como objetivo básico formar futuros ciudadanos y ciudadanas conscientes de que vivimos en un mundo cada vez más necesitado de energía y de que nos estamos acercando a una situación de emergencia planetaria (Vilches y Gil, 2003), entonces es necesario afianzar los aspectos conceptuales para no obstaculizar aprendizajes.

La enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en las aulas suponen emplear estrategias capaces de mostrar de qué manera se construye conocimiento científico, enfrentando a los estudiantes con los problemas que se pretende resolver mediante una introducción, y buscando hacer explícita la evolución de los conceptos, a medida que los emplea para resolver los problemas planteados (Doménech *et. al.*, 2013). Es importante dar a conocer los límites de validez de los conceptos para evitar que se produzcan generalizaciones falaces. El trabajo con las concepciones alternativas en el aula resulta de interés para hacer algunas distinciones y conexiones, por ejemplo, con el calor o la temperatura (Furió Gómez, 2006; Doménech *et al.*, 2013).

Una buena intervención en el aula para usar en forma activa el conocimiento consiste en proponer un caso concreto de resolución bajo la aplicación de lo aprendido. Por ejemplo, Domènech Casal (2018) realiza una investigación en la que se describe la aplicación de una actividad de aprendizaje basado en proyectos en torno al concepto de energía, en la que los alumnos estudian los cambios energéticos con el objeto de construir un globo aerostático.

El propósito del proyecto es la construcción individual de un globo aerostático para participar en una competencia escolar final. Tal diseño

implica distintos tipos de energía (química, cinética, potencial), involucra diferentes procesos de cambio energético, en especial la transformación, la degradación y la conservación de la energía. Asimismo, promueve la integración de la energía con otros conceptos científicos, como el concepto de densidad, y supone el trabajo con artefactos, permitiendo el desarrollo de actividades prácticas y mediadas por simuladores.

Para considerar en el aula

Una primera dificultad se presenta cuando se introducen los conceptos de manera arbitraria (Furió Goméz *et al.*, 2006), ya que esta visión aproblemática de la ciencia lleva a los estudiantes a realizar asociaciones confusas para poder diferenciar conceptos tales como calor, temperatura y energía (Pintó, 1991; Martínez y Pérez 1997), impidiendo la integración de una enseñanza acorde con la posibilidad de extrapolación a situaciones concretas. La dificultad que deriva de tal banalización se evidencia en el momento de trasladar los conocimientos adquiridos a las situaciones cotidianas, dado que los conceptos no se pueden diferenciar con fundamento.

Un interesante trabajo de investigación describe claramente la confusión que se produce en los estudiantes al relacionar la energía con el calor y la temperatura, cuando se les pregunta "¿qué aporta más energía a tu organismo: un vaso de café muy caliente o un helado?" (Gallastegui Otero y Lorenzo Barral, 1993). Al no poder discriminar de qué tipo de energía se trata, las respuestas dan cuenta de que "energía" y "temperatura" terminan siendo utilizadas como sinónimos.

A partir de los intercambios generados en encuentros de trabajo con docentes, se analizó de qué manera se articula este contenido en las diferentes materias del diseño curricular de la educación media. En gran parte de los casos, "energía" atraviesa distintas asignaturas –desde Biología hasta Fisicoquímica–; sin embargo, este concepto no se profundiza y se lo aborda de manera general.

Asimismo, se identificaron algunas formas en las que es posible disminuir las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el tema de la energía. Por ejemplo, es importante que en el diseño y la implementación de las actividades áulicas los docentes, además de definir el término "energía", puedan explicitar el contexto en el cual esa definición tiene sentido.

Por otro lado, se establece la necesidad de enriquecer los recursos para complementar el concepto de energía mediante el uso de ejemplos en los que se implique la energía o, también, a través de lecturas que relacionen el concepto abordado en distintas disciplinas para que refuercen el aprendizaje.

Se hizo evidente en diferentes mesas de trabajo que hemos llevado a cabo con docentes de secundaria del conurbano bonaerense que los docentes, de manera más o menos explícita, suelen darse cuenta del conflicto existente para abordar este tema en las aulas. Asimismo, se dio un lugar importante a la complejidad del trabajo diario en clase, haciéndose énfasis en la diversidad de información a la que los estudiantes se encuentran expuestos. En este sentido, es importante recordar que, si se hace un abordaje desde CTSA, es posible utilizar la información que cada estudiante trae a partir de su relación con el medio que lo rodea, y distinguir conceptos. Por ejemplo, diferenciando la energía que "se tiene" respecto de la energía que llega a los distintos hogares.

Los recursos didácticos que más utilizan los profesores de las asignaturas relacionadas con las ciencias naturales son los cuestionarios de preguntas sobre la energía. Con estos instrumentos se obtiene, por ejemplo, información acerca de los conocimientos previos que poseen los estudiantes, lo que les sirve de base para programar tanto actividades como procesos de enseñanza.

No obstante, la problemática continúa cuando se concluye la actividad de preguntas y respuestas. Las respuestas sobre "¿qué es la energía?" son tan dispares que desencadenan un torbellino de información, en la mayoría de los casos errónea, incluso de parte de estudiantes que en años anteriores han trabajado sobre el tema. En este sentido, la información que hemos recabado hasta el momento, sigue lo descripto anteriormente, acerca de lo confuso de utilizar únicamente definiciones, o intentar conseguir la mejor de ellas.

El abordaje del concepto o de su aplicación en cada asignatura sugiere tal desvinculación que la energía adquiere diferentes significados según qué o quién lo emplee. Es decir, se manifiesta una manipulación del concepto que vuelve casi imposible homogeneizar cualquier seguimiento pedagógico sobre su enseñanza.

Puede pensarse una propuesta para trabajar en el aula a partir de una investigación realizada con diferentes estudiantes sobre las concepciones acerca de la energía química. Este trabajo –concretado por el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Santiago–, llevó a cabo una investigación entre estudiantes de distintos niveles educativos. Como compartimos anteriormente, en una de las etapas del trabajo se interrogó a los estudiantes con una pregunta que responde a los esquemas representativos de cada uno de los fenómenos: "¿Qué crees que aporta más energía a tu organismo: un vaso de café muy caliente o un helado? Explícalo" (Gallastegui Otero y Lorenzo Barral, 1993).

El planteo se propone a través de un interrogante abierto. De esta manera, los estudiantes tienen la posibilidad de desarrollar la respuesta más adecuada mediante la asociación entre los posibles tipos de energía y la valoración del aporte energético al organismo.

Esta propuesta de aplicación sobre los conceptos aprendidos resulta más rica que la mera definición o categorización de algunos de los tipos de energía. Es por eso que para poder responder al interrogante los estudiantes deben asociar el concepto de energía química con el de energía térmica tras analizar la opción sugerida, en donde ambas energías intervienen. En este caso, al abordar la energía química o la energía térmica, no es necesario presentar la energía a partir del trabajo.

Por otro lado, el análisis de las respuestas podrá dar cuenta de la existencia (o ausencia) de relaciones en la mente de los estudiantes que permitan extrapolar los conceptos desarrollados sobre energía en clases de Biología y en las clases de Fisicoquímica, por ejemplo.

Enlaces utilizados

Domènech, J. L., Gil Pérez, D., Gras, A., Guisasola, G., Martínez Torregrosa, J. y Salinas, J. (2001). "La enseñanza de la energía en la educación secundaria. Un análisis crítico". *Revista de Eneseñanza de la Física*, vol. 14, (1), pp. 45-60. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/15998> [Consulta: 29/04/2019].

Furió-Gómez, C., Solbes Matarredona, J. y Furió-Más, C. (2006). "Análisis crítico de la presentación del tema de Termoquímica en libros de texto de Bachillerato y Universidad". *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, vol. 20, pp. 47-68. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2151232.pdf> [Consulta: 29/04/2019].

Conclusiones

Esperamos que este material –generado a partir de los talleres promovidos desde el Programa Nexos– recupere los intereses señalados por los docentes en los encuentros. Que sea útil no solo por brindar herramientas teóricas y orientaciones didácticas, aplicables en las aulas de ciencias naturales, sino también para encontrarle sentido al esfuerzo de lograr que los estudiantes adquieran un aprendizaje comprensivo e interés por estas ciencias.

Es necesario alertar contra un reduccionismo acrítico en el tratamiento de la compleja problemática educativa. Así, este trabajo debe interpretarse con el mismo espíritu con que ha sido realizado. Vale decir, como un aporte parcial y perfectible, como una contribución a la construcción de propuestas didácticas fundamentadas, que promueva aprendizajes comprensivos y el interés de los estudiantes por las ciencias.

Por lo tanto, nos parece adecuada una propuesta que incluya un listado de interrogantes o problematizaciones sobre las estrategias que convendría implementar, según el nivel del curso:

- ¿Es necesario comenzar el tema abordando el concepto de energía?
- ¿Es conveniente realizar experimentos en los cuales la explicación no esté asociada con el concepto de energía?
- ¿Es provechoso proponer actividades relacionadas con problemáticas de la vida diaria para promover la discusión en función de los objetivos planteados? ¿Esas situaciones son las adecuadas para la discusión o son demasiado complejas y se perdería el hilo central?
- ¿Es oportuno relacionar los conocimientos que tienen los estudiantes sobre el significado de “trabajo”, “calor” y “temperatura” como núcleos conceptuales para iniciar una discusión sobre la energía?
- ¿Es conveniente iniciar con lecturas apropiadas sobre el tema?
- ¿Qué tipo de bibliografía se está utilizando? ¿Todos los textos tienen un acercamiento interesante?

A partir de los talleres realizados junto con los docentes, podemos concluir que no hay una única manera posible ni correcta de abordar conceptualmente el contenido sobre la energía. Por el contrario, ponemos énfasis en destacar la polisemia del término “energía” y la conveniencia de definirlo en función de las necesidades del contexto de enseñanza y de aprendizaje.

Como se desprende del desarrollo del presente material, trabajar el concepto de energía únicamente a través de sus definiciones tiene limitaciones. Cada concepto de la ciencia está inserto en un marco teórico y la construcción de su significado requiere –además de la definición– la inclusión de descripciones y ejemplos, el establecimiento de diferencias con conceptos afines y, en algunos casos –dependiendo del nivel– la introducción de leyes que sirvan para explicar o predecir ciertos comportamientos.

Los invitamos a acercarse a los resultados de la investigación educativa en ciencias para profundizar en las temáticas y preguntas planteadas en este material. Muchas de las producciones en este ámbito están *online* y son de acceso libre.

Referencias bibliográficas

Acevedo Díaz, J. A. (2004). "Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1 (1), pp. 3-16. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3968> [Consulta: 01/08/2018].

Acevedo Díaz, J. A. (2008). "El estado actual de la naturaleza de las ciencias en la didáctica de las ciencias". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5 (2), pp. 134-169.

Acevedo, C., Porro, S. y Adúriz-Bravo, A. (2013). "Concepciones epistemológicas, enseñanza y aprendizaje en la clase de ciencias". *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, (34), pp. 29-46.

Adúriz-Bravo, A. (2000). "La epistemología en la formación de profesores de ciencia". *Revista Educación y Pedagogía*, vol. XVIII (45), pp. 25-36.

Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias* (Tesis doctoral). Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales, Universidad Autónoma de Barcelona, España.

Adúriz-Bravo, A. y Meinardi, E. (2000). "Dos debates actuales en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales". *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (14), pp. 69-85.

Adúriz-Bravo, A., Salazar, I., Mena, N. y Badillo, E. (2006). "La Epistemología en la Formación del Profesorado de Ciencias Naturales: Aportaciones del Positivismo Lógico". *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, vol. 1, (1), pp. 1-18.

Atkins, P. y Jones, L. (2012). *Principios de Química. Los caminos del descubrimiento.* Quinta ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Audesirk, T., Audesirk, G. y Buers, B. (2008). *Biología. La vida en la Tierra*. México: Pearson Prentice Hall.

Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1978). *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

Bachelard, G. (1972). *La formación del espíritu científico.* México: Siglo XXI.

Bañas, C., Mellado, V. y Ruiz, C. (2004). "Los libros de texto y las ideas alternativas sobre la energía del alumnado de primer ciclo de educación secundaria obligatoria". *Cad. Bras. Ens. Fís.*, vol. 21, (3), pp. 296-312.

Barlet, R. y Mastrot, G. (2000). "L'alghorithmisation-refuge, obstacle à la conceptualisation. L'exemple de la thermochimie en 1er cycle universitaire". *Didaskalia*, n° 17, pp. 123-159.

Brown, T., Lemay, H. E. Jr. and Bursten, B. E. (2004). *Química. La Ciencia Central*. México: Pearson Educación.

Bunge, M. (1980). *La investigación científica.* Barcelona: Ariel.

Bunge, M. (1985). *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo XX.

Bunge, M. (1999). "La energía entre la física y la metafísica". *Revista de Enseñanza de la Física*, vol. 12, (1), pp. 53-56.

Burns, R. A. (2003). *Fundamentos de Química.* 4ta ed. México: Pearson Educación.

Campanario, J. (1998). "Using Counterintuitive Problems in Teaching Physics". *The Physics Teacher*, 36 (7), pp. 439-441.

Campanario, J. y Otero, J. (2000). "Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos en ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 18, (2), pp. 155-169.

Carrascosa, J. (2005). "El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 2, (2), pp. 183-208.

Carrascosa, J. (2006). "El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 3, (1), pp. 77-88.

Carrascosa, J. y Gil Pérez, D. (1985). "La «metodología de la superficialidad» y el aprendizaje de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 3, (2), pp. 113-120.

Chalmers, A. (1984). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI.

Chang, R., (2002). *Principios esenciales de la Química*. 7ma ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A.

Cudmani, L. (2003). "¿Qué puede aportar la epistemología a los diseños curriculares en física?". *Ciência & Educação*, vol. 9, (1), pp. 83-91.

De Vecchi, G. y Giordan, A. (1989). *L'enseignement scientifique: comment faire pour que "ça marche"*. Niza: Z' Èditions.

DGCyE (2011). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria. 5º año ES. Orientación Ciencias Naturales*. La Plata: DGCyE.

Domènech Casal, J. (2018). "Concepciones de alumnado de secundaria sobre energía. Una experiencia de aprendizaje basado en proyectos con globos aerostáticos". *Enseñanza de las ciencias*, vol. 36, (2), pp. 191-213.

Domènech, J. L., Gil Pérez, D., Gras, A., Guisasola, J., Martínez Torregrosa, J., Salinas, J. *et al.* (2003). "La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un para un replanteamiento". *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 20, (3), pp. 285-311.

Domènech, J. L., Gil Pérez, D., Gras, A., Martínez Torregrosa, J., Guisasola, G. y Salinas, J. (2001). "La enseñanza de la energía en la educación secundaria. Un análisis crítico". *Revista de Enseñanza de la Física*, vol. 14, (1), pp 45-60.

Domènech, J. L., Limiñana, R. y Menargues, A. (2013). "La superficialidad en la enseñanza del concepto de energía: una causa del limitado aprendizaje alcanzado por los estudiantes de bachillerato". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 31, (3), pp. 103-119.

Domínguez, A. y Stipcich, M. S. (2010). "Una propuesta didáctica para negociar significados acerca del concepto de energía". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 7, (1), pp. 75-92.

Driver, R. (1986). "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, (1), pp. 3-15.
Driver R. y Easley J. (1978). "Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students". *Studies in Science Education*, 5, pp. 61-84.

Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). "Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 20, (3), pp. 477-488.

Fourez, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.

Fourez, G. (2008). *Cómo se elabora el conocimiento. La epistemología desde un enfoque socioconstructivista*. Madrid: Narcea Ediciones.

Furió, C., Solbes, J. y Carrascosa J. (2006). "Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación". *Revista Alambique*, 48, pp. 64-77.

Furió-Gómez, C., Solbes Matarredona, J. y Furió-Más, C. (2006). "Análisis crítico de la presentación del tema de Termoquímica en libros de texto de Bachillerato y Universidad". *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales,* vol. 20, pp. 47-68.

Furió-Gómez C., Solbes, J. y Furió-Más, C. (2007). "La historia del primer principio de la termodinámica y sus implicaciones didácticas". *Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien.*, 4(3), pp. 461-475.

Galagovsky, L., Bonan, L. y Adúriz Bravo, A. (1998). "Problemas con el lenguaje científico en la escuela: un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 16, (2), pp. 315-321.

Gallástegui Otero, J. R. y Lorenzo Barral, F. M. (1993). "'El café tiene cafeína y nos despierta, nos da energía': concepciones sobre la energía química, una buena razón para poner de acuerdo a los profesores de Física y Química y Ciencias Naturales". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 11, (1), pp. 20-25.

Gil, D. (1991). "¿Qué han de saber y saber hacer los profesores de ciencias?". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 9, (1), pp. 69-77.

Gil Pérez, D. (1993). "Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 11, (2), pp. 197-212.

Gil Pérez, D. y Vilches, A. (2006). "Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades". *Revista Iberoamericana de Educación*, (42), pp. 31-53.

Gil Pérez, D., Furió-Más, C. y Carrascosa Alís, J. (1995). "Unidad I.1. La energía: la invención de un concepto fructífero". En: *Curso de Formación de Profesores en Ciencias* (pp. 5-99). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.

Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (eds.). (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: OREALC/UNESCO.

González Galli, L. (2010). "¿Qué ciencia enseñar?". En: Meinardi, E. (comp.), *Educar en ciencias.* Buenos Aires: Paidós.

González Galli, L. (2011). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural* (Tesis doctoral). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

González Galli, L. y Meinardi, E. (2015). "Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina". *Ciênc. Educ.*, Bauru, vol. 21, (1), pp. 101-122.

Hein, M. y Arena, S. (1997). *Fundamentos de Química*. México: International Thomson Editor S.A. de C.V.

Hierrezuelo Moreno, J. y Molina González, E. (1990). "Una propuesta para la introducción de energía en el bachillerato". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 8, (1), pp. 23-30.

Hierrezuelo Moreno, J. y Montero Moreno, A. (1988). *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: Editorial Laia-Ministerio de Educación y Ciencia.

Izquierdo, M. (2000). "Fundamentos epistemológicos". En: Perales Palacios, J. y Cañal de León, P. (comps.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoi: Editorial Marfil.

Klimovsky, G. (1994). *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. Buenos Aires: AZ.

Koyré, A. (1981). *Estudios galileanos*. México: Siglo Veintiuno Editores.

Kuhn, T. (1990). "Dubbing and Redubbing: The Vulnerability of Rigid Designation". En: Savage, C. W. (Ed.), *Scientific Theories*, (14), pp. 298-318.

Lapasta, L. (2017). *Caracterización de las preguntas formuladas por los docentes de biología de 2° año de ESB para la construcción de significados* (Tesis de Maestría). Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata. Argentina.

Luna, M. y Carreri, C. (2011). "Supuestos epistemológicos en libros de texto de Física para nivel medio. Aspectos de su discurso pedagógico regular". *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, vol. 6, (2), pp. 38-52.

Martínez, J. M. y Pérez, B. A. (1997). "Estudio de propuestas alternativas en la enseñanza de la termodinámica básica". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 15, (3), pp. 287-300.

Massarini, A. (2011). "El enfoque CTS para la enseñanza de las ciencias: una clave para la democratización del conocimiento científico y tecnológico". *Voces en el Fénix*, año 2, (8). Recuperado de: <http://www.vocesenelfenix.com/content/el-enfoque-cts-para-la-ense%C3%B1anza-de-las-ciencias-una-clave-para-la-democratizaci%C3%B3n-del-conoc> [Consulta: 10/12/2018].

Matthews, M. (1994). "Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 12, (2), pp. 255-277.

Mautino J. (2004). *Física y Química*. Primera edición. Buenos Aires: Asociación Educacionista Argentina, Editorial Stella.

Mazzitelli C. A. y Aparicio M. (2010). "El abordaje del conocimiento cotidiano desde la teoría de las representaciones sociales". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, vol. 7, (3), pp. 636-652. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/html/920/92017191004/ >[Consulta: 10/12/2018].

Meinardi, E. (2010). "¿Cómo enseñar ciencias?". En: Meinardi, E. (comp.). *Educar en ciencias.* Buenos Aires: Paidós.

Mellado, V. y Carracedo, D. (1993). "Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 11, (3), pp. 331-339.

Michinel Machado, J. L. y D'Alessandro Martínez, A. (1994). "El concepto de energía en los libros de texto: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 12, (3), pp. 369-380.

Mosterín, J. (1984). *Conceptos y teorías en la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.

Piaget, J. (1972). *Psicología y Epistemología*. Buenos Aires: Emecé.

Pintó, R. (2004). *¿Qué modelo de energía deseamos que construyan nuestros estudiantes de secundaria?* Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales, 42, pp. 41-54.

Pozo, J. I. (2018). *Nuevas formas de aprender para la sociedad del conocimiento.* Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

Pozo, J. y Gómez-Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico.* Sexta edición. Madrid: Ediciones Morata, S. L.

Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (2006). *Aprender y enseñar ciencias*. Quinta Edición. Madrid: Ediciones Morata, S. L.

Purves, W. K., Sadava, D., Orians, G. H. y Heller H. C. (2006). Vida. *La Ciencia de la Biología*. Sexta edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Rodríguez Pineda, D. P. y López y Mota, A. D. (2005). "¿Son las concepciones epistemológicas y de aprendizaje de los profesores de ciencias, conceptual y contextualmente de carácter constructivista?". *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, VII Congreso, pp. 1-7.

Rodríguez, V. y Díaz-Higson, S. (2012). "Concepciones alternativas sobre los conceptos de energía, calor y temperatura de los docentes en formación del Instituto Pedagógico en Santiago, Panamá". *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, vol. 12, (3), pp. 1-26.

Salinas, J. (1994). *Las Prácticas de Física básica en laboratorios universitarios* (Tesis doctoral). Universidad de Valencia, España.

Salinas J., Gil Pérez D. y Cudmani, L. C. de. (1995). "¿Cómo adecuar las estrategias educativas a los requerimientos de modelos de aprendizaje basados en psicologías constructivistas?". *Memorias de la Novena Reunión Nacional de Educación en Física*. Salta, Argentina, pp. 350-362.

Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Síntesis Educación.

Sanmartí, N. (coord.) (2003). *Aprendre ciències tot aprenent a escriure ciència*. Barcelona: Edicions 62.

Solbes, J., and Traver, M. (2003). "Against a Negative Image of Science: History of Science and the Teaching of Physics and Chemistry". *Science & Education*, vol. 12, (7), pp. 703-717.

Talanquer, V. (2005). "El químico intuitivo". *Educación Química*, vol. 16, (4), pp. 540-547.

Talanquer, V. (2010). "Pensamiento intuitivo en química: suposiciones implícitas y reglas heurísticas". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 28, (2), pp. 165-174.

Torres Salas, M. I. (2010). "La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas". *Revista Electrónic@ Educare*, vol. 14, (1), pp. 131-142.

Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana*, I. Madrid: Alianza Editorial.

Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2004). "Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza". *Revista Iberoamericana de Educación*, vol. 34, (1), pp. 1-37.

Viennot, L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. París: Hermann.

Viennot, L. (2002). *Razonar en Física*. Madrid: Antonio Machado Libros.

Vilches, A. y Gil, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.

Vygotski, L. S. (1973). "Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar". En *Psicología y desarrollo.* Madrid: Akal.

Vygotski, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.

Wainmaier, C. (2003). *Incomprensiones en el aprendizaje de Mecánica Clásica Básica* (Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias, Física). Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

Wainmaier, C. *et al.* (2005). *Aprendizaje de la mecánica newtoniana. Desventuras del conocimiento común*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.

Wainmaier, C. y Wolhein, A. (2017). "La naturaleza epistemológica de los conceptos científicos en libros de textos de la educación secundaria". *Enseñanza de las Ciencias*, número extraordinario, pp. 3859-3864.

Wainmaier, C., Speltini, C. y Fleisner, A. (2014). “Conceptos métricos y enunciados en física: ideas de los docentes”. *Revista de Enseñanza de la Física*, vol. 26, (número extra, diciembre), pp. 295-307.

Wainmaier, C., Speltini, C. y Salinas J. (2011). “Conceptos y relaciones entre conceptos de la mecánica newtoniana en estudiantes que ingresan a la Universidad”. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 10, (1), pp. 133-152.

Wolhein, A. (2018). *Libros de texto de Física. Una mirada epistemológica de los conceptos de la Mecánica Newtoniana* (Tesis de Licenciatura en Enseñanza de la Física). Universidad Tecnológica Nacional, Regional Avellaneda, Argentina.

Departamento de

Ciencia y Tecnología

ISBN 978-987-558-594-2

Universidad Nacional de Quilmes

PROGRAMA NEXOS