

Marco conceptual para fomentar genuina “actividad metacientífica escolar” en las clases de ciencias naturales

Agustín Adúriz-Bravo¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8200-777X>

Adúriz-Bravo A. (2022) Marco conceptual para fomentar genuina “actividad metacientífica escolar” en las clases de ciencias naturales. *Nuevas Perspectivas*, 1 (1) Pp. 1-15

Resumen: En este trabajo se exponen fundamentos didácticos de cara a enseñar algunos elementos conceptuales de epistemología dentro del currículo de ciencias naturales para los distintos niveles educativos; se pone foco en el nivel secundario superior (estudiantes de 15 a 18 años). La propuesta aquí desarrollada pretende atender al objetivo planteado por la línea de innovación didáctica llamada “naturaleza de la ciencia”: enseñar al estudiantado a pensar críticamente sobre la actividad científica y sus productos. Se describe y justifica el marco teórico; luego se señalan sus posibilidades y límites para una enseñanza de la naturaleza de la ciencia basada en proposiciones epistemológicas seleccionadas por su valor formativo. Por último, se repasan actividades didácticas diseñadas de acuerdo con este marco teórico, que muestran el tipo de prácticas de aula sugeridas.

Palabras Clave: Naturaleza de la ciencia, actividad metacientífica escolar, fundamentos teóricos, modelos epistemológicos, ejemplificación curricular.

Abstract: In this article, didactical foundations are presented in order to teach some conceptual elements of philosophy of science within the science curriculum for the different educational levels; special emphasis is placed on upper secondary school (students aged between 15 and 18). The proposal that is developed here intends to attend to the aim set by the innovation line known as “nature of science”: teaching students how to critically think on the scientific activity and its products. The theoretical framework is described and justified; then, some of its possibilities and limits are presented for a teaching of the nature of science based on epistemological propositions selected due to their formative value. Lastly, some instructional activities are reviewed; the activities were designed according to the theoretical framework and show the kind of classroom practices suggested.

Keywords: Nature of science, school meta-scientific activity, theoretical foundations, epistemological models, curriculum instantiation.

Introducción

¹ Universidad de Buenos Aires. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

El propósito de este artículo es presentar un marco de posible fundamentación didáctica para la enseñanza de algunos elementos clave de epistemología (o filosofía de la ciencia) con valor formativo a estudiantes de ciencias. Se trata de apuntalar la inclusión de la mirada “metacientífica” (es decir, *sobre la ciencia*) dentro del marco específico del currículo de ciencias naturales (integradas, o separadas en física, química, biología, etc.) en los distintos niveles educativos; en el artículo se pone particular énfasis en el nivel secundario superior (estudiantes de 15 a 18 años).

La propuesta que aquí se expone intenta atender a los requerimientos impuestos por la actual línea de investigación e innovación de la didáctica de las ciencias naturales que se conoce, a nivel internacional, como “naturaleza de la ciencia” (usualmente abreviada como NOS, por las siglas del inglés “nature of science”) (Romero-Maltrana y Duarte, 2022). El trabajo en esta línea se apoya sobre la premisa de que es necesario enseñar a pensar sobre la ciencia como actividad y como producto con el fin de promover el establecimiento de la *reflexión metateórica crítica* dentro del espacio propio de las clases de ciencias naturales en la educación obligatoria y postobligatoria.

Aquí se expone, desarrolla y ejemplifica una manera de enseñar naturaleza de la ciencia a la que se llamará “actividad metacientífica escolar”; ella consiste en que el estudiantado de ciencias naturales aprenda a usar, con autonomía y solvencia, algunas ideas centrales de la epistemología del siglo XX para pensar en torno a la ciencia como proceso (práctica social) y a los productos que se derivan de esa práctica (principalmente, el conocimiento científico).

En primer lugar, se describe la propuesta teórica y sus fundamentos. Luego se señalan algunas posibilidades y límites que tal propuesta supondría para una “didáctica de la NOS” basada en proposiciones epistemológicas. Por último, se repasan algunas actividades didácticas diseñadas para “aterrizar” este marco teórico, de modo de dar a los lectores una imagen del tipo de prácticas de aula que se sugieren y que han venido siendo implementadas en distintos contextos (ver Adúriz-Bravo, 2002a, 2002b, 2004a, 2005, 2006, 2007a, 2007b, 2011, 2013b, 2014, 2015; Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009; Adúriz-Bravo et al., 2002; Astudillo et al., 2018; Faria Berçot et al., 2021; Lozano et al., 2020; Pujalte et al., 2018).

Enseñar epistemología en la escuela de manera intencionada, explícita y sostenida *fuera del encuadre provisto por el área curricular de filosofía* constituye una propuesta reciente, muy osada y no exenta de desafíos (Adúriz-Bravo, 2017, 2021). En los años '90 del siglo pasado, en los países más desarrollados se comenzó a incluir un nuevo componente de carácter “meta-” dentro de los programas de ciencias naturales de primaria y secundaria; tal componente fue designado de diversas maneras (ideas sobre la ciencia, introducción a las ciencias, pensamiento científico, metodología de la ciencia, ciencia en contexto, etc.) en las distintas tradiciones curriculares, hasta que se estabilizó la nomenclatura hoy ampliamente aceptada de “naturaleza de la ciencia”.

La prescripción de enseñar naturaleza de la ciencia junto con la física, la química y la biología escolares llegó prontamente a la Argentina en el contexto de la gran reforma educativa de fines del siglo XX (durante la presidencia de Carlos S. Menem). Se puede examinar, como ejemplo elocuente del desarrollo que fueron tomando estas nuevas ideas, los *núcleos de aprendizajes prioritarios* (NAP) de ciencias convenidos federalmente mientras fue Ministro de Educación Daniel Filmus, en los primeros

años de gobierno de Néstor Kirchner. En la documentación oficial de ese momento se prescribía promover en el estudiantado, entre otras cosas, “[...] la comprensión del conocimiento científico como una construcción histórico-social y de carácter provisorio” (Ministerio de Educación, 2011, p. 15).

En nuestro país, el espíritu general del mandato curricular para ciencias naturales en las últimas dos décadas siempre ha venido apuntando a la capacidad de evaluar críticamente la ciencia por medio de constructos metateóricos, considerando esa capacidad como una *competencia* ciudadana indispensable. La idea es que las personas, tras su paso por la escuela obligatoria, queden habilitadas para entender con robustez suficiente la naturaleza de la investigación científica al punto de poder *participar* eficazmente en situaciones complejas de la vida ciudadana en las que los resultados, aplicaciones e implicancias de tal actividad estén presentes centralmente.

Al mismo tiempo, y con el telón de fondo de estos grandes cambios en el contenido a enseñar, la didáctica de las ciencias naturales como disciplina académica ya consolidada se fue “aproximando” (Matthews, 1994) a las metaciencias (especialmente a la epistemología, la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia) para obtener de ellas insumos conceptuales. Tal aproximación se estableció desde diferentes miradas teóricas y con diferentes propósitos, consolidándose un área de investigación e innovación muy pujante en torno a las contribuciones que puede hacer la reflexión metateórica a la educación científica y a la formación del profesorado de ciencias naturales. Es así como emergieron, en paralelo, una noción “curricular” y una noción “investigativa” de naturaleza de la ciencia, que se vienen potenciando mutuamente por ya tres décadas.

Con todo lo antedicho, este artículo toma la emergencia de la “necesidad” de enseñar –en el espacio de ciencias naturales– contenidos que o bien estaban ausentes totalmente del currículo o bien eran asumidos por otras áreas curriculares (típicamente, la filosofía) como una “condición de contorno” fuerte para quienes, desde la didáctica de las ciencias naturales, estamos trabajando guiados por el objetivo de atravesar con una mirada *de segundo orden*, y especialmente de cariz epistemológico, la enseñanza de estas ciencias.

Propuesta para fomentar una actividad metacientífica escolar en el estudiantado de ciencias naturales en la escuela secundaria obligatoria

El entramado teórico que subyace a la propuesta de actividad metacientífica escolar delineada en esta sección tiene como objetivo alcanzar coherencia epistemológica y didáctica entre la enseñanza de los contenidos científicos prescritos curricularmente y la enseñanza de los contenidos metacientíficos incluidos en el componente de naturaleza de la ciencia. Tal entramado está inspirado analógicamente en el llamado “modelo cognitivo de ciencia escolar”, propuesto por la didacta de las ciencias catalana Mercè Izquierdo-Aymerich (ver Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003); comparte con ese marco anterior una aproximación semanticista, que conceptualiza la enseñanza de contenidos disciplinares como un trabajo en torno a “modelos teóricos” (Giere, 1999).

Punto de partida

Cualquier propuesta orgánica de enseñanza de la naturaleza de la ciencia debería empezar por enfrentar las tres preguntas curriculares clásicas en torno a *para qué, qué y cómo* enseñarla. Ha habido discusión interesante, de largo aliento, en la línea de para qué enseñar epistemología en clases de

ciencias naturales. Un texto ya clásico, referencia obligada en esta línea, es el de Rosalind Driver y colaboradores (1996); en ese texto se dan diversas justificaciones (cognitivas, sociales, culturales, laborales) para incluir temas “filosóficos” en las aulas científicas. Actualmente, el objetivo de formación de ciudadanía, que es el más esgrimido para la propia educación científica, provee al mismo tiempo de argumentos sólidos para que esa educación no se limite solo a los contenidos “duros” de las ciencias, sino que más bien se amplíe a la pregunta de “cómo hemos llegado a saber eso que sabemos” (ver Duschl, 1997), pregunta que tiene un profundo valor formativo.

En lo que hace a qué enseñar, desde la didáctica de las ciencias naturales hay una tendencia hacia enunciar una NOS de sustrato principalmente epistemológico, con aportaciones periféricas, mejor o peor definidas, de la historia y la sociología de la ciencia. A su vez, se privilegia una aproximación a la epistemología de carácter más bien (*meta*)científico (versus el “filosófico”) y *naturalizado* (versus el “normativo”), abrevándose así en aportes mayormente anglosajones (ver Bejarano et al., 2019). Se da además una marcada preferencia por paradigmas del pasado reciente de la disciplina (1935-1980), como el racionalismo crítico o la nueva filosofía de la ciencia.

A la hora de seleccionar específicamente cuáles contenidos de epistemología son más pertinentes para constituir una naturaleza de la ciencia robusta, existe una elevada (y se podría decir que sana) cuota de pragmatismo y eclecticismo al interior de nuestra comunidad, aunque con algunos vicios recurrentes que se han señalado en la literatura (ver Ariza et al., 2010). Entre estos, cabe mencionar la exclusión de las formulaciones positivistas lógicas (identificadas con la enseñanza “tradicional” de las ciencias, y por tanto demonizadas), la sobrerrepresentación de la nueva filosofía de la ciencia de corte historicista (con abusivas referencias a Thomas Kuhn), y el desconocimiento de las corrientes epistemológicas más contemporáneas.

Aunque queda mucho por discutirse, ya se comienza a poder realizar una (adecuada) “transposición didáctica” sobre los contenidos epistemológicos para transformarlos en objetos enseñables dentro de las clases de ciencias naturales; en este sentido, se vislumbra la existencia de lo que podríamos llamar una “epistemología escolar”, con algunas ideas metacientíficas consensuadas –al interior de la comunidad de didactas– como valiosas para el estudiantado. Como producto de estas “operaciones transpositivas” (Adúriz-Bravo, 2011) tenemos al presente acumuladas abundantes propuestas de enseñanza de la naturaleza de la ciencia, en distintos niveles de concreción: programas, materiales, textos, unidades y actividades. En este sentido, el profesorado de ciencias naturales en actividad cuenta hoy en día con ideas y herramientas para implementar y evaluar el currículo “meta-” en sus clases.

Ahora bien, la transposición didáctica implica muchas veces una necesaria *descontextualización* de los contenidos a enseñar de sus matrices filosóficas generales, y este proceso lleva, en no pocos casos, a una simplificación del *saber de referencia* que se tendría que “vigilar” (es aquí donde la didáctica de las ciencias naturales más necesitará el auxilio de la comunidad epistemológica profesional).

Por último, y en relación con el “cómo”, en primer lugar se pretende evitar al máximo el enfoque “exegético” extendido en la enseñanza de la “filosofía para filósofos” (ver Rojas Castro y García, 2017); en ese enfoque se lee a los grandes autores del canon clásico (tales como Hempel, Popper, Kuhn o

Lakatos) y se los glosa e interpreta, pero no son puestos en acción para “modelizar” casos concretos de conocimiento o actividad científicas. Ideas epistemológicas aprendidas exegéticamente poco servirían para interpelar la ciencia que se va aprendiendo junto a ellas.

En esta misma línea de cómo enseñar NOS, resulta importante señalar que la aproximación hegemónica a la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (liderada por el ambiente académico anglosajón, principalmente por autores de los Estados Unidos) está organizada *proposicionalmente* en torno a lo que se llaman “*tenets*” (principios). Los *tenets* de naturaleza de la ciencia son afirmaciones sencillas sobre la ciencia que se presentan como aparentemente validadas por expertos (y muchas veces no queda claro quiénes son estos expertos: epistemólogos, didactas, profesores...). A menudo, esas afirmaciones son extremadamente genéricas, de modo que pueden ser aceptadas (y “ajustadas”) desde muy diversos posicionamientos filosóficos.

Se ha señalado repetidamente este vicio de fabricación de los *tenets* de NOS. Para ilustrar tal vicio, se puede traer a colación uno de los *tenets* más difundidos (y en alguna medida parecido al extracto de los NAP citado más arriba): “el conocimiento científico, aunque duradero, tiene un carácter tentativo” (McComas et al., 1998, p. 513, la traducción es del autor). Como se puede ver, se trata de una proposición relativamente inocua que puede ser emitida desde distintas escuelas epistemológicas. Sin embargo, cada una de ellas pondría matices específicos a la “tentatividad” de la ciencia, matices que no aparecen en una formulación tan ambigua, pero que sí serían necesarios en una aproximación *modelística* a la NOS, como la que aquí se propone.

A pesar del nada despreciable conjunto de esfuerzos que se ha reseñado hasta aquí, se ha de reconocer que todavía muchas veces se cae, en las aulas de ciencias naturales, en una enseñanza *declarativa* de grandes “lemas” sobre lo que la ciencia es, que habilitan muy poco a los estudiantes para pensar de manera crítica en torno a los alcances y límites de la investigación científica actual y a su lugar en la sociedad y en la cultura. Es en este escenario de cosas que este trabajo quiere presentar a consideración una propuesta de enseñanza estructurada en torno a una más “genuina” actividad metacientífica escolar, basada en modelos teóricos de la epistemología.

Fundamentos didácticos de la propuesta

Como se dijo, la noción de actividad metacientífica escolar apunta, muy especialmente, a acercar (epistemológica y didácticamente hablando) las enseñanzas de los contenidos científicos y metacientíficos, reconociendo, no obstante, su diferente naturaleza epistémica. Las bases de tal noción se ubican en el modelo cognitivo de ciencia escolar, cuya premisa fundamental, de carácter posconstructivista y justificación semanticista, es que lo que hace genuinamente educativos a los modelos científicos a enseñar es que fomenten “actividad científica escolar” en el estudiantado; es decir, los ayuden a apropiarse transformadoramente de su realidad, comprender fenómenos y resolver problemas, decodificar críticamente información, tomar decisiones informadas y participar en debates públicos. Entonces, por analogía, la propuesta de generar actividad metacientífica escolar en las aulas de ciencias naturales aspira a metas similares, pero a través del uso de modelos teóricos de carácter “meta-”, en especial *modelos epistemológicos*.

El modelo cognitivo de ciencia escolar caracteriza la ciencia como una actividad que integra *pensar, decir y hacer* en torno a problemas relevantes y persiguiendo finalidades y valores específicos. En la analogía que aquí se hace, la metaciencia escolar piensa, dice y hace coordinadamente en torno a problemas de carácter metateórico que tienen que ver con *evaluar* colectivamente la ciencia. La propuesta que aquí se expone quiere constituirse en una aproximación *competencial* a la naturaleza de la ciencia; así, parte de definir genéricamente la *competencia metacientífica escolar* como “la capacidad (metarreflexiva, y en especial metadiscursiva) de hacer algo con un contenido metacientífico (epistemológico, histórico, sociológico) en un contexto de evaluación crítica de la ciencia” (Adúriz-Bravo, 2012, p. 51).

Hablar de *actividad* metacientífica (y, en particular, epistemológica) en la enseñanza de las ciencias naturales implica atribuir a la naturaleza de la ciencia las siguientes características centrales:

1. El uso de *modelos teóricos de la epistemología* constituye el núcleo de tal actividad; los modelos vienen acompañados de lenguajes, intervenciones, metas y valores específicos y reconocibles, que han pertenecido al quehacer epistemológico profesional a lo largo de la historia.
2. Los modelos que se usan aparecen “ambientados” en episodios paradigmáticos de la historia de la ciencia y “advertidos” por la sociología de la ciencia contra el cientificismo del relato educativo tradicional (Adúriz-Bravo, 2007a, 2009, 2013b, 2014). Así, la actividad metacientífica escolar selecciona grandes modelos epistemológicos del siglo XX que parecen pertinentes para examinar en clase viñetas cuidadosamente seleccionadas de la historia de la ciencia con una mirada no complaciente ni romantizada, pero tampoco volcada a “relativizar” la empresa científica.
3. Los modelos (y los conceptos que los “definen” o “describen”, en términos de la epistemología semanticista actual, ver Adúriz-Bravo, 2013a; Adúriz-Bravo y Ariza, 2014) se emplean como herramientas “práxicas” para pensar sobre las ciencias naturales escolares. En este sentido, en esta aproximación no parece tan central que el estudiantado conozca la matriz epistémica completa en la que se inserta cada modelo epistemológico (incluyendo sus raíces filosóficas más profundas), sino más bien que pueda “apropiarse” de un utillaje intelectual que sirva para mirar la ciencia críticamente y para habilitar acción transformadora sobre ella.
4. Al usar los modelos, estudiantado y profesorado participan, en las clases de ciencias naturales, de una práctica social que tiene un “parecido de familia” con la actividad metacientífica erudita (es decir, la de los epistemólogos y otros profesionales), compartiendo algunas finalidades y valores de esta última. Principalmente, se persigue el mismo objetivo cognitivo de explicar la ciencia con ideas “meta-”, pero de modo tal que esa explicación permita la acción fundamentada durante el ejercicio de ciudadanía.
5. *La finalidad última de la actividad metacientífica escolar ha de ser educativa.* Así, la noción de transposición didáctica es nodal para esta propuesta: la selección, transformación y aplicación de las ideas epistemológicas está guiada por el objetivo “extraepistemológico” de una educación científica de calidad para todos y todas. Lo que se busca es proveer a los niños y niñas, adolescentes y jóvenes que están estudiando ciencias naturales de herramientas pertenecientes al acervo cultural humano

que los “inviten” a pensar sobre la ciencia como fenómeno de gran interés, pero que, a su vez, apunten a que ellos participen de la ciencia de manera constructiva, criteriosa y responsable.

6. El trabajo de transposición que se asume implica, necesariamente, transformar las ideas de la epistemología erudita en *contenidos escolares* que se puedan enseñar y aprender en cada situación educativa bien identificada, con sus audiencias, requerimientos y encuadres. Se trata entonces de facilitar la creación –en las clases de ciencias naturales– de espacios de *argumentación y modelización* que permitan poner en acción el utillaje epistemológico para obtener una comprensión más cabal de asuntos científicos con implicancias sociales.

Ejemplificación didáctica: Propuestas de actividad metacientífica escolar

A fin de concretar la puesta en marcha del marco teórico de la sección anterior, en los siguientes apartados se describe brevemente tres actividades didácticas diseñadas utilizando las *directrices* derivadas de él. Como se señaló más arriba, estas actividades fueron pensadas para todo el arco de niveles educativos (desde el inicial hasta el universitario), aunque muchas veces desde el grupo de investigación dirigido por el autor de este trabajo se pone énfasis en diseñar para estudiantes del nivel superior (universitario o no) que se están formando como profesoras y profesores de ciencias naturales. Para simplificar y homogeneizar la presentación y ampliar el espectro de posibles lectores, las actividades se relatan en su versión para la escuela secundaria.

Actividad “Lógica gatuna”

Al enseñar epistemología en los distintos niveles educativos es ya clásico incluir una unidad introductoria de lógica formal, con la intención de proporcionar “cimientos” para el estudio de la estructura de las teorías científicas. En la propuesta de actividad metacientífica escolar, esta unidad logicista se pospone hasta después de un primer intento de entender la naturaleza de la *explicación científica*, lo que constituiría el genuino problema epistemológico a resolver (la “arquitectura” de las teorías sería subsidiaria a este). Se pretende que la complejidad que emerja al intentar abordar la tarea “motive” la necesidad de introducir herramientas técnicas para acometer semiformalizaciones que iluminen problemas concretos en torno a cómo *funciona* la ciencia.

El espíritu general es reducir los elementos de lógica “dura” al mínimo indispensable, disminuyéndose hasta donde se pueda el aparato formal (y la nomenclatura asociada), sin por ello perder potencia para pensar. Entonces, desde la perspectiva de la actividad metacientífica escolar, la aproximación al estudio *lógico* de la ciencia se haría a través de revisar grandes “maneras de pensar” (*modos de pensamiento*: Adúriz-Bravo, 2015), oponiendo al razonamiento deductivo clásico (estereotipado en silogismos aristotélicos) otros razonamientos no-demostrativos, donde no hay “conservación de la verdad” (carecen de *necesidad lógica*).

El abordaje sugerido sale del ámbito deductivo para caracterizar el razonamiento inductivo en sentido estricto, que los estudiantes conceptualizan –desde sus ideas previas– como una “generalización” en un sentido vago. Se empezaría presentando la inducción como una figura de razonamiento “de despliegue vertical”:

<i>Premisas</i>	x_1 es a	Hoy salió el sol.
	x_2 es a	Ayer salió el sol.
	x_3 es a	Antes de ayer salió el sol.
	.	.
	.	.
	x_n es a	Hace tantos días salió el sol.
<hr/>		
<i>Conclusiones</i>	x_{n+1} es a	Mañana saldrá el sol.
	x_j es a	No importa cuál sea el día, sale el sol.
	Todos los x son a	Todos los días sale el sol.

En la inducción así entendida, un toque o carácter (“ser a”, en este caso, “salir el sol”) se “arrastra” de algunos individuos de una clase a otros individuos de esa misma clase (o, eventualmente, a *todos* ellos).

La actividad didáctica consiste primeramente en discutir ejemplos de razonamientos (científicos o no) que pueden ser identificados como inducciones. Se trabaja unas inferencias sobre mascotas; de allí el título de “Lógica gatuna”. Luego se recurre a la metáfora del “pavo inductivista” propuesta por Bertrand Russell a principios del siglo XX para mostrar la (trágica) falibilidad de la inducción (ver Chalmers, 1990).

Tras estas primeras reflexiones, la discusión se sofisticada con consideraciones de forma y contenido. Desde el punto de vista de la arquitectura de la inducción, se trabaja con la *equivalencia lógica* de “Todos los x son a” y “Todos los no-a son no-x”, llamándose la atención de los estudiantes sobre el hecho de que afirmar “todos los cisnes son blancos” comporta sostener al mismo tiempo “todas las cosas rojas, verdes, azules, etc. no son cisnes”. De ello se sigue que revisar cajones de ropa de color viendo que las cosas allí contenidas no son cisnes constituye –al menos formalmente– un procedimiento correcto (i pero un tanto inverosímil!) de buscar confirmaciones para robustecer el “ascenso” inductivo.

Para hacer consideraciones sobre la relación entre contenido y “validez” en la inducción se presenta un ejemplo caricaturizado: los estudiantes de filosofía que “siempre llevan barba”. Se discute si esto constituye una inducción con valor científico o solo una generalización accidental, introduciéndose señalamientos acerca de la naturaleza de los vínculos entre estudiar filosofía y llevar barba.

Terminada esta parte, se introduciría un segundo tipo de razonamiento no-deductivo, el *analógico*, haciendo hincapié en que, a pesar de que se lo confunde con la inducción, comporta un modo inferencial distinto. Se caracterizaría la analogía como una figura de razonamiento “de despliegue horizontal”:

<i>Premisas</i>	x_1 es a, b, c, ..., m, n	Vladimir es ruso, rubio, robusto y ronca.
	x_2 es a, b, c, ..., m	Boris es ruso, rubio y robusto.

<i>Conclusiones</i>	x_2 es n	Boris ronca.
---------------------	------------	--------------

En la analogía así entendida, dos miembros de una misma clase comparten una serie grande de toques (del “a” al “m”) y se pretende arrastrar un nuevo toque (“ser n”, en el ejemplo, “roncar”) del primer individuo al segundo. Se trabajan ejemplos de analogía en oposición con la inducción, destacándose el hecho de que los “casos” que les dan robustez a una u otra –sus *instancias verificadoras*– son bien distintos.

Se hacen más consideraciones forma-contenido; por ejemplo, ¿todas las “r” (ruso, rubio, robusto, roncador) son intercambiables? ¿Hay relaciones estructurales entre ellas? ¿El ascenso de ruso a rubio está “más garantizado” que el de ruso a roncador? La propuesta es volver al ejemplo de los gatos (en él, un toque sería “estar esterilizado”) y al de los barbudos, revisando coexistencias, causaciones, emergencias, “marcas” o “señas” de identidad y toques que pertenecen a la definición (y por tanto son tautológicos).

La actividad completa está planeada para desembocar en la revisión de otro tipo de razonamiento no-deductivo, la *abducción*, que –de acuerdo con el marco teórico presentado– tiene importancia clave en el desarrollo de las ciencias naturales y notable valor educativo (Adúriz-Bravo, 2002a, 2003, 2004b, 2005, 2013b, 2015; Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009). El trabajo sobre la inferencia abductiva se hace detectándola en diversas actividades humanas (investigación científica, pesquisa detectivesca, diagnóstico médico, excavación arqueológica...).

Actividad “Teorías vampíricas”

Esta segunda actividad didáctica se apoya en una “explicación bioquímica” de las leyendas clásicas sobre el vampirismo (ver Blanck-Cereijido y Cereijido, 1997). A partir de una sugerencia del investigador David Dolphin, en los años ‘80, se ha especulado con la hipótesis de que quienes durante varios siglos fueron considerados vampiros fueran en realidad personas aquejadas de una enfermedad sumamente rara de la sangre, la *porfiria eritropoyética congénita aguda de Günther*. Esta es una enfermedad hereditaria de incidencia muy baja, cuya sintomatología (anemia, actinismo, hipertricosis, eritrodoncia) podría haber dado origen a la figura mítica del vampiro chupasangre pálido y de hábitos nocturnos. Con el sustrato de este intento de dar una explicación científica satisfactoria a un mito popular muy atractivo para estudiantado y profesorado, la actividad tiene como objetivo discutir la idea epistemológica clásica de la *carga teórica de la observación*, tal cual ella es definida por Norwood R. Hanson (1958), representante de la llamada “nueva filosofía de la ciencia” de la posguerra.

Inicialmente, se trabajaría sobre el personaje del Conde Drácula, con fuentes tales como la novela homónima del escritor irlandés Bram Stoker, publicada por primera vez en 1897, y la película comercial dirigida por Francis Ford Coppola, estrenada en 1992. Con esas fuentes, que reconstruyen fantásicamente a la persona histórica de Vlad Țepeș Drăculea (voivoda de Valaquia, que vivió en la

actual Rumania en el siglo XV), se quiere “caracterizar” a los vampiros, tanto en su concepción más primigenia, ligada al folklore centroeuropeo renacentista, como en las versiones “distorsionadas” que atraviesan el cine de terror a lo largo del siglo XX. Las ideas en torno al vampirismo que van aportando los estudiantes permiten confeccionar una lista de observaciones “cargadas de teoría”, pues en ellas se cuele el clima siniestro de la leyenda, de fuerte carácter moralizante. Es interesante constatar que esas observaciones tienen que ver con seres que se encuentran ya en sus tumbas (durmiendo plácidamente en sus ataúdes, saciados de sangre) ya en pie (buscando nuevas víctimas al amparo de la noche), y de ahí el conocido apelativo de “no-muerto” para el vampiro.

A partir de esta primera conceptualización, *que debe ser reconocida por el estudiantado como fuertemente teórica* (aunque no se utilice para construirla una teoría científica), se procede “descargando” las observaciones recolectadas y separando aquellas que corresponden a los vivos de las que se aplican a los muertos. Luego se muestra explícitamente el proceso de “vuelta a cargar de teoría”, usando ahora modelos del campo biomédico: por ejemplo, la “palidez de ultratumba” pasa a ser leída como un efecto de la anemia severa y de la intolerancia a la luz solar. Por último, se discute acerca de los diferentes modelos que hay detrás de la explicación fantástica y de la científica. Esos modelos, y los lenguajes metafóricos a ellos asociados, pueden identificarse como los responsables de las diferentes cargas teóricas. Se concluye entonces que ver un vampiro es, en términos de Hanson (1958), “ver-que” un vampiro es un monstruo inhumano o un paciente del mal de Günther.

Actividad “El gigante de Balvanera”

Esta última actividad didáctica está dedicada a la reflexión crítica en torno a la *creación* (descubrimiento, invención, innovación, etc.) científica y a las responsabilidades que ella comporta. Se toma como punto de partida la bien conocida leyenda talmúdica del Gólem (Britannica, 2021): la fabricación de un hombre artificial de arcilla por parte del Gran Rabino Löw (León), Maharal de Praga, durante el reinado del Emperador Rodolfo II, a fines del siglo XVI.

Primeramente, se trabaja sobre la leyenda reconstruida desde distintas fuentes y en diversos formatos, entre otros: una adaptación del relato “oficial” de Gershom G. Scholem (1960), el poema de Jorge Luis Borges, un episodio de la serie animada “Los Simpson”, una leyenda urbana porteña (que es la que da nombre a esta actividad). La leyenda del Gólem, tomada siguiendo de cerca a los sociólogos británicos Harry Collins y Trevor Pinch (1998) como *metáfora* canónica de la tecnociencia de la segunda mitad del siglo XX, sirve de ambientación y de contexto teórico para atacar cuestiones relativas a las relaciones que –durante la producción de la ciencia– se dan entre los científicos y los demás actores sociales, relaciones que median y generan el conocimiento y el poder vinculado a él. Ello se hace a través del concepto griego clásico de *demiurgia* y la idea epistemológica de “evaluación de la ciencia” (Echeverría, 2002).

Las preguntas disparadoras para que las y los estudiantes argumenten en torno al control de la ciencia por medio del discurso público sobre ella siguen en la línea metafórica: ¿cuándo dirías que la ciencia “barre la sinagoga”? y ¿cuándo dirías que la ciencia “siembra el terror en las calles de Praga”? A fin de interpelar críticamente las respuestas que el estudiantado da a estas preguntas, la propuesta es abordar casos científicos donde los asuntos éticos estén en el corazón mismo del conocimiento

construido. En esta línea, uno de los casos que más se ha usado en relación con esta actividad es de la clonación humana con fines reproductivos. Tal caso “sociocientífico” resulta sumamente fructífero para el debate, por una parte, por sus complejas implicancias éticas y, por otra, por el hecho de que conecta directamente con la filosofía debajo del análisis crítico del Gólem (Garrote Fernández-Díez, 2001).

A guisa de conclusión

A lo largo de este artículo se ha intentado mostrar una alternativa a la aproximación dominante en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. Frente al consenso de que resulta necesario enseñar contenidos metateóricos (y en especial epistemológicos) en las clases de ciencias naturales de los distintos niveles educativos, ha surgido, se ha desarrollado y se ha terminado instalando fuertemente una propuesta basada en *tenets*, que adhiere a la conveniencia de presentar *explícitamente* al estudiantado enunciados sencillos que encapsulen algún aspecto central de la ciencia según esta es vista por la comunidad de investigadores en epistemología. Sin impugnar este enfoque, que se inserta en un ambicioso programa de investigación e innovación que ya ha dado resultados concretos (ver McComas, 2020), se desea apuntar a una mayor sofisticación tanto en el diseño como en la utilización de unos “contenidos epistemológicos escolares” dirigidos a la educación científica.

En este sentido, se aboga por ser muy críticos a la hora de evaluar la *significatividad* de la enseñanza de la NOS; que el nuevo componente “meta-” incluido en el currículo de ciencias naturales no termine siendo más contenido declarativo a aprender, sino que funcione a modo de un conjunto (parsimonioso) de modelos teóricos dirigidos a poder entender “qué es esa cosa llamada ciencia”, según la afortunada expresión de Alan Chalmers (1990). El tipo de trabajo metateórico que se sugiere aquí se estructura en torno a unas pocas ideas epistemológicas que no serían muy diferentes de los *tenets*, pero que estarían mejor transpuestas a partir de la epistemología erudita y, lo que es más importante, se podrían utilizar para trabajar sobre el objeto ciencia.

Así, las ideas epistemológicas que se seleccionen para la enseñanza, en coherencia con el compromiso de este trabajo con la epistemología semanticista (Adúriz-Bravo, 2013a), tendrían razón de ser, en primer lugar, si capturan aspectos esenciales (“irreducibles”) de los modelos epistemológicos de referencia. Y, en segundo lugar, si son usadas de manera activa, a modo de genuinos *conceptos* –en el sentido etimológico del término latino “*concupere*”– para “agarrar” (“*capere*”) cuestiones problemáticas concretas, bien identificadas y centrales que han sido reconocidas por la epistemología del siglo XX y que, al mismo tiempo, tienen alto valor educativo. La expectativa es acercarse lo más posible al objetivo proclamado de que la NOS permita –en la vida adulta en democracia– “hacer algo” con la ciencia que se aprende a lo largo de los muchos años de escolaridad obligatoria.

Referencias bibliográficas

Adúriz-Bravo, A. (2002a). Aprender sobre el pensamiento científico en el aula de ciencias: Una propuesta para usar novelas policíacas. *Alambique*, 31, 105-111.

- Adúriz-Bravo, A. (2002b). Un modelo para introducir la naturaleza de la ciencia en la formación de los profesores de ciencias. *Pensamiento Educativo*, 30, 315-330. <http://www.pensamientoeducativo.uc.cl/index.php/pel/article/view/26415>
- Adúriz-Bravo, A. (2003). "La muerte en el Nilo": Una propuesta para aprender sobre la naturaleza de la ciencia en el aula de ciencias naturales de secundaria. En: A. Adúriz-Bravo, G.A. Perafán y E. Badillo (Eds.). *Actualización en didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas* (pp. 129-138). Editorial Magisterio.
- Adúriz-Bravo, A. (2004a). Apuntes sobre la formación epistemológica de los profesores de ciencias naturales. *Pedagogía y Saberes*, 21, 9-19. <https://doi.org/10.17227/01212494.21pys9.19>
- Adúriz-Bravo, A. (2004b). Methodology and politics: A proposal to teach the structuring ideas of the philosophy of science through the pendulum. *Science & Education*, 13(7-8), 717-731. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-349-5_14
- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A. (2006). La epistemología en la formación de profesores de ciencias. *Educación y Pedagogía*, XVIII, 45, 25-36.
- Adúriz-Bravo, A. (2007a). A proposal to teach the nature of science (NOS) to science teachers: The "structuring theoretical fields" of NOS. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 1(2), 41-56.
- Adúriz-Bravo, A. (2007b). La naturaleza de la ciencia en la educación científica para todos y todas. *Educación en Ciencias e Ingeniería*, 5(1), 28-36.
- Adúriz-Bravo, A. (2009). La naturaleza de la ciencia "ambientada" en la historia de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 1178-1181.
- Adúriz-Bravo, A. (2011). Epistemología para el profesorado de física: Operaciones transpositivas y creación de una "actividad metacientífica escolar". *Revista de Enseñanza de la Física*, 24(1), 7-20.
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Competencias metacientíficas escolares dentro de la formación del profesorado de ciencias. En: E. Badillo, L. García, A. Marbà, & M. Briceño (Eds.). *El desarrollo de competencias en la clase de ciencias y matemáticas* (pp. 43-67). Universidad de Los Andes.
- Adúriz-Bravo, A. (2013a). A semantic view of scientific models for science education. *Science & Education*, 22(7), 1593-1612.
- Adúriz-Bravo, A. (2013b). La historia de la ciencia en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: Maria Skłodowska-Curie y la radiactividad. *Educación Química*, 16, 10-16.
- Adúriz-Bravo, A. (2014). Teaching the nature of science with scientific narratives. *Interchange*, 45(3-4), 167-184.

- Adúriz-Bravo, A. (2015). Pensamiento “basado en modelos” en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista del Instituto de Investigaciones en Educación*, 6(6), 20-31.
- Adúriz-Bravo, A. (2017). Desafíos de la enseñanza de la epistemología al profesorado de ciencias. En: Monroy Nasr, Z., León-Sánchez, R., & Álvarez Díaz de León, G. (Eds.), *Obstáculos epistemológicos en la enseñanza y el aprendizaje de la filosofía y de la ciencia* (pp. 51-67). Ciudad de México: Facultad de Psicología de la UNAM.
- Adúriz-Bravo, A. (2021). Hacia una didáctica de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación. En: Monroy Nasr, Z., León-Sánchez, R., & Alvarez Díaz de León, G. (Eds.), *Indagaciones cognoscitivas acerca de la enseñanza de la filosofía y de la ciencia* (pp. 1-24). Ciudad de México: Facultad de Psicología de la UNAM.
- Adúriz-Bravo, A., & Ariza, Y. (2014). Una caracterización semanticista de los modelos científicos para la ciencia escolar. *Bio-Grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 7(13), 25-34.
- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo-Aymerich, M. (2009). A research-informed instructional unit to teach the nature of science to pre-service science teachers. *Science & Education*, 18(9), 1177-1192.
- Adúriz-Bravo, A., Izquierdo-Aymerich, M., & Estany, A. (2002). Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 465-476.
- Ariza, Y., Lorenzano, P., & Adúriz-Bravo, A. (2010). Dificultades para la introducción de la “familia semanticista” en la didáctica de las ciencias naturales. *Latinoamericana de Estudios Educativos*, 6(1), 59-74.
- Astudillo, C., Rivarosa, A., & Adúriz-Bravo, A. (2018). Evolución biológica y reflexión metacientífica: Aportes para la formación docente del profesorado de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 43, 91-116.
- Bejarano, N.R.R., Adúriz-Bravo, A., & Bonfim, C.S. (2019). Natureza da ciência (NOS): Para além do consenso. *Ciência e Educação*, 25(4), 967-982.
- Blanck-Cereijido, F., & Cereijido, M. (1997). *La muerte y sus ventajas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2021). Golem. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/topic/golem-Jewish-folklore>
- Chalmers, A. (1990). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI Editores. (Original en inglés de 1976.)
- Collins, H., & Pinch, T. (1998). *The Golem: What everyone should know about science*. Cambridge: Cambridge University Press. (2ª edición.)
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Open University Press.

- Duschl, R.A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias: Importancia de las teorías y su desarrollo*. Narcea. (Original en inglés de 1990.)
- Echeverría, J. (2002). *Ciencia y valores*. Barcelona: Destino.
- Faria Berçot, F., Revel Chion, A., & Adúriz-Bravo, A. (2021). Naturaleza de la ciencia en un objeto virtual de aprendizaje para el profesorado de ciencias en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 239-258. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3060>
- Garrote Fernández-Díez, I. (2001). El resurgir del Gólem: La clonación de preembriones humanos con fines terapéuticos y el concepto de persona. Aspectos éticos, constitucionales y jurídico-privados. *Derecho Privado y Constitución*, 15, 143-216.
- Giere, R.N. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*, número extraordinario, 63-70.
- Hanson, N.R. (1958). *Patterns of discovery: An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge University Press.
- Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43. <https://doi.org/10.1023/A:1022698205904>
- Lozano, E., Adúriz-Bravo, A., & Bahamonde, N. (2020). Un proceso de modelización de la membrana celular en la formación del profesorado en biología en la Universidad. *Ciência & Educação*, 26, e20027. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200027>
- Matthews, M.R. (1994). "Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual". *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277. (Original en inglés de 1992.)
- McComas, W.F. (2020). Considering a consensus view of nature of science content for school science purposes. En: McComas, W. (Ed.), *Nature of science in science instruction* (pp. 23-34). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6_2
- McComas, W.F., Almazroa, H., & Clough, M.P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, 7(6), 511-532
- Ministerio de Educación (2011). *Núcleos de Aprendizajes Prioritarios: Ciencias Naturales: Ciclo Básico Educación Secundaria*. Ministerio de Educación de Argentina. (2ª edición.)
- Pujalte, A.P., Porro, S., & Adúriz-Bravo, A. (2018). Científicas y científicos, ¿fuera del laboratorio?: Las representaciones del estudiantado y profesorado como insumo para repensar la educación ambiental en la escuela. En: Lorenzo, M.G., Odetti, H.S., & Ortolani, A.E. (eds.). *Comunicando la ciencia: Avances en investigación en didáctica de la ciencia* (pp. 69-80). Ediciones UNL.
- Rojas Castro, B., & García, P. (2017). La filosofía que tenemos, la filosofía que necesitamos: Acerca de la expresión democrática de los saberes en el curriculum escolar chileno. *Cuadernos del Pensamiento Latinoamericano*, 23, 27-36.

Romero-Maltrana, D., & Duarte, S. (2022). A new way to explore the nature of science: Meta-categories rather than lists. *Research in Science Education*, 52, 239-257. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09940-y>

Scholem, G.G. (1960). *Zur Kabbala und ihrer Symbolik*. Zurich: Rhein-Verlag.