



Aproximaciones entre filosofía de la ciencia y didáctica de las ciencias: filosofía de la ciencia escolar y enseñanza en el nivel científico

Yefrin Ariza

Departamento de Biología y Química, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Católica del Maule, Av. San Miguel, 3605, Talca, Maule, Chile. E-mail: aariza@ucm.cl

RESUMEN. En este trabajo se revisan dos de las estrechas relaciones que pueden establecerse entre la filosofía de la ciencia y la didáctica de las ciencias experimentales. Para ello se analiza, por un lado, la manera en la cual haciendo uso de herramientas metateóricas (provenientes principalmente de la filosofía de la ciencia) se puede comprender y fundamentar el proceso de construcción de modelos científicos escolares, aquellos constituyentes de la llamada 'ciencia escolar'; y, por otro lado, se revisa el cómo los procesos de enseñanza se desarrollan no sólo en los niveles de enseñanza de las ciencias usualmente reconocidos (primaria, secundaria o universitaria), sino también en los procesos de cambio científico. De esta manera, en la primera parte del trabajo se postula un posible campo de reflexiones epistemológicas específicas que toman como objeto de estudio a la construcción de modelos científicos escolares, las cuales podrían sugerir un campo especial de trabajo dentro de la filosofía de la ciencia: 'la filosofía de la ciencia escolar'. Y, en la segunda parte, se sostiene la existencia de un 'nivel de enseñanza científica' centrado en la dinámica de comparación de teorías rivales, referida a los procesos de enseñanza (y no mera comunicación) que llevan a cabo los/as científicos/as en los llamados 'periodos de crisis y revolución'.

Palabras-clave: enseñanza científica; ciencia escolar; modelos teóricos; filosofía de la ciencia.

Approximations between philosophy of science and didactics of science: teaching at the scientific level and school philosophy of science

ABSTRACT. This paper reviews two of the close relationships that can be established between the philosophy of science and the didactics of experimental sciences. For this purpose, I analyze, on the one hand, the way in which using metatheoretical tools (mainly coming from the philosophy of science) it is possible to understand and support the process of construction of school scientific models, those constituents of the so-called 'school science'; and, on the other hand, I review how teaching processes are developed not only in the levels of science teaching usually recognized (primary, secondary or university), but also in the processes of scientific change. In this way, the first part of the paper postulates a possible field of specific epistemological reflections that take as an object of study the construction of school scientific models, which could suggest a special field of work within the philosophy of science: 'the philosophy of school science'. And, in the second part, the existence of a 'level of scientific teaching' centered on the dynamics of comparison of rival theories, referred to the teaching processes (and not mere communication) carried out by scientists in the so-called 'periods of crisis and revolution'.

Keywords: scientific education; school science; theoretical models; philosophy of science.

Received on March 30, 2021.
Accepted on April 16, 2021.

Introducción

El reconocimiento explícito de la importancia de la vinculación de la filosofía de la ciencia con la didáctica de las ciencias tiene más de treinta años desde los trabajos principales de Duschl (1985) o Michael Matthews (1994). Estos vínculos gestados principalmente desde la didáctica de las ciencias dan fundamento y dirigen líneas de trabajo actuales y dinámicas alrededor de la enseñanza de las ciencias y la formación de profesores de ciencias (Adúriz-Bravo, 2009, Gallego & Gallego Badillo, 2007, Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo 2003, Matthews, 1994) como el área HPS (de History an Philosophy Science Teaching) o la línea NOS (de Nature of Science). Aunque la inclusión de contenidos y estrategias metacientíficas en la didáctica de las ciencias está

consolidada, existe aún diferencias sustantivas en cuanto las formas en que se desarrolle este acercamiento y hasta donde las metaciencias y la didáctica de las ciencias está implicada una en otra (Ariza, Lorenzano, & Adúriz-Bravo, 2020).

Aún con el consenso de la importancia de éstas vinculaciones, entre ellas hay un entramado de reflexión y estudio complejo (Adúriz-Bravo 2001) que ha permitido, desde la didáctica, ver los procesos de enseñanza ‘con otros ojos’, y desde la filosofía de la ciencia, identificar el rol fundamental de los procesos de enseñanza en la dinámica científica.

Es posible identificar al menos siete relaciones discursivas que se pueden establecer entre la didáctica y la filosofía de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2001, p. 60-61, énfasis del autor):

1. -Relación material: la filosofía de la ciencia como objeto de estudio de la didáctica de las ciencias, por su ‘enseñabilidad’.
2. -Relación instrumental: uso de la filosofía de la ciencia como herramienta dentro de propuestas de la didáctica de las ciencias.
3. -Relación explicativa: la didáctica de las ciencias construye explicaciones por analogía con la filosofía de la ciencia. 3b. Relación explicativa inversa: explicaciones desde la filosofía de la ciencia por analogía con la didáctica de las ciencias.
4. -Relación retórica: la inserción de propuestas de la didáctica de las ciencias dentro de sistemas filosóficos de la filosofía de la ciencia
5. -Relación metateórica: la didáctica de las ciencias como objeto de estudio de la filosofía de la ciencia.
6. Las últimas dos relaciones son identificadas al respecto de su objeto de estudio (la ciencia [erudita y escolar]):
7. -La fundamentación epistemológica de la ciencia erudita.
8. -La fundamentación epistemológica de la ciencia escolar.

Esta variedad de relaciones permite evidenciar el valor, los aportes y las finalidades que la filosofía de la ciencia tiene para la didáctica de las ciencias y viceversa.

En este trabajo exploraré al menos esas dos últimas perspectivas, principalmente porque permite evidenciar las profundas implicancias de ubicarse en una u otra disciplina para analizar los mismos objetos de estudio. Revisaré la manera en la cual haciendo uso de herramientas metateóricas se puede comprender la construcción de la llamada ciencia escolar, y, por otro lado, revisaré el cómo los procesos de enseñanza se desarrollan también en los procesos de cambios científico. La primera de las revisiones viene ganando una creciente atención en la didáctica de las ciencias (Ariza, Lorenzano, & Adúriz-Bravo, 2020, Adúriz-Bravo, 2013) y escasa exploración en la filosofía de la ciencia. La segunda, es más bien una reflexión poco explorada tanto por la filosofía de la ciencia como por la didáctica de las ciencias, encaminada al reconocimiento de procesos (en la ciencia) en los cuales podrían estar funcionando el mismo tipo de operaciones de comunicación científica escolar.

La ciencia escolar

Las perspectivas actuales de la educación científica se han esforzado en superar la llamada ‘enseñanza tradicional’ en la que se promueve la memorización de conceptos, ecuaciones, formulas, etc., la cual fomenta la construcción de imágenes dogmáticas sobre la ciencia. Estos esfuerzos han desembocado en el desarrollo de estrategias que buscan la intervención y reflexión alrededor de fenómenos significativos para los estudiantes, de modo que les permita una comprensión e intervención más activa de su realidad.

En ese contexto y desde hace cerca de 20 años la introducción de la noción de “modelo” en la enseñanza de las ciencias (Adúriz-Bravo, 2013, Passmore, Gouvea, & Giere, 2014, Sensevy, Tiberghien, Santini, Laubé, & Griggs 2008, Ariza, Lorenzano, & Adúriz-Bravo, 2016) ha permitido fundamentar y comprender los procesos de construcción de la llamada ‘ciencia escolar’ (Izquierdo-Aymerich, Espinet, García Rovira, Pujol, & Sanmartí, 1999).

La didáctica de las ciencias concibe a ‘la ciencia escolar’ como una actividad centrada en el uso, comprensión y manipulación de modelos científicos y, por lo tanto, los modelos son entendidos como “[...] la unidad fundamental de la ciencia de los científicos y de la ciencia en la escuela” (Adúriz-Bravo, 2005, p. 1).

La actividad científica escolar, aquella que llevan adelante las y los estudiantes de ciencias junto al profesorado de ciencias, se trataría entonces de un proceso de construcción de representaciones científicas escolares que permiten dar sentido a los hechos del mundo mediante modelos teóricos escolares (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003). Algunas características clave de la actividad científica escolar consistirían en la identificación de lo que pasa en el mundo (fenómenos y experiencia), la forma en la cual comprendemos

y representamos lo que comprendemos de esos fenómenos, las finalidades de nuestras acciones alrededor de los fenómenos del mundo, y el lenguaje mediante el cual damos sentido y comunicamos nuestras representaciones en (e intervenciones en el) mundo (Izquierdo-Aymerich, 2005).

Una ciencia escolar pensada de esa manera, requiere que el profesorado identifique situaciones que sean significativas para el estudiantado, pero, además, en las cuales tenga sentido elaborar procesos de modelización científica; i.e., que coincidan con los fenómenos que las teorías quieren dar cuenta. Los procesos de modelización científica escolar se llevan adelante en 'contextos científicos' reconocibles (Cheng & Lin, 2015) de manera tal que los modos de representación científica escolar se entiendan como intentos de aproximación a los modos de pensar de los científicos (Koponen, 2007).

Del mismo modo, es fundamental la elaboración de secuencias de enseñanza que impliquen los procesos usuales de la modelización: explicar, predecir, argumentar, comunicar, analogar, etc. (Develaki, 2007; Upmeier zu Belzen, Driel, & Krüger, 2019). Esto último está en línea con la idea de que la modelización no es una competencia en sí misma, sino una suma de competencias que sería deseable fomentar en el estudiantado (Adúriz-Bravo, 2018).

Los modelos científicos escolares construidos "[...] han de permitir 'interpretar' fenómenos que puedan parecer alejados entre sí, unos presentados en la escuela y los otros provenientes de la 'realidad' de cada estudiante" (Ariza, Lorenzano, & Adúriz-Bravo, 2020, p. 450, énfasis del autor).

De acuerdo a Izquierdo-Aymerich (2004), en este proceso es fundamental el uso de 'buenas preguntas', en conjunto con el trabajo experimental, la identificación de problemas relevantes, la lectura de textos y el uso de modelos teóricos para argumentar las interpretaciones sobre los fenómenos. De esta manera, la construcción de modelos en la escuela se presenta como la forma en la cual, así como en contextos científicos, se construyen modelos (Justi, 2006; Cheng & Lin, 2015), es decir, como 'intentos' de representar los modos de pensar de los científicos (Koponen, 2007). Bajo esta perspectiva "[...] [e]s necesario [...] introducir al 'discípulo' en el programa de trabajo de la disciplina [...] enseñarle a utilizar los modelos que pueden iluminar su práctica [...] y evaluarle según sea su actividad científica" (Izquierdo-Aymerich, 2004, p. 128, nuestra cursiva).

La ciencia escolar como objeto de análisis de la filosofía de la ciencia

Entender en la didáctica de las ciencias a la actividad científica escolar como un proceso de construcción, evaluación y comunicación de modelos científicos escolares, tiene en sus inicios, como bases metateóricas, a las concepciones semanticistas (Ariza, Lorenzano, & Adúriz-Bravo, 2016), y en particular del modelo cognitivo de ciencia de Ronald Giere (1979, 1985, 1988) (Izquierdo-Aymerich, et al., 1999; Izquierdo-Aymerich, 2005; Adúriz-Bravo, 2013). Es decir, el reconocimiento en la didáctica de las ciencias de la ciencia escolar, ha permitido incorporar a la filosofía de la ciencia ya no únicamente como objeto de enseñanza, sino como un marco metateórico relevante para comprender dicha ciencia en la escuela (Adúriz-Bravo, 2013; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003). En ese sentido, la filosofía de la ciencia estaría funcionando a modo de 'marco de análisis metateórico' que busca comprender los procesos de construcción de modelos por parte de los estudiantes mediante instrumental metateórico genuino.

Acudiendo a los análisis contemporáneos del estructuralismo metateórico sobre la noción de 'comparabilidad empírica kuhniiana' (Lorenzano, 2012; Falguera & Donato-Rodríguez, 2016; Díez, 2012; Falguera, 2012) usada para la comprensión de los procesos de cambio científico, es posible describir (y comprender) la actividad científica escolar como un proceso de construcción de modelos científicos escolares que toman como punto de partida la *comparabilidad empírica escolar* (Ariza, Lorenzano, & Adúriz-Bravo, 2020), la cual surge de relacionar, vincular y elucidar la base empírica de los modelos teóricos a enseñar, y los modelos iniciales de las y los estudiantes¹.

Bajo esta perspectiva, la actividad científica escolar puede ser entendida bajo las siguientes descripciones (Ariza, Lorenzano, & Adúriz-Bravo, 2020, p. 458, énfasis del autor):

- Requerimiento para el profesorado de la identificación de la base empírica y aplicaciones intencionales de las teorías.
- La identificación y caracterización de las representaciones previas de los estudiantes con el objetivo de detectar intenciones y motivaciones sobre acontecimientos o situaciones específicas relacionadas con su cotidianidad. Esto posibilita la identificación del vocabulario no-característico de la teoría que pueda funcionar de intermediario entre el vocabulario más cercano a los estudiantes y el vocabulario ofrecido por los modelos parciales de T, el de la base empírica. La cuestión es identificar la función mediadora entre lenguajes característicos y no-característicos de las teorías.

¹ Un ejemplo de este tipo de proceso de enseñanza que surge de la identificación y caracterización de la base empírica de las teorías y su acercamiento al lenguaje de los estudiantes puede hallarse en Ginnobili, Galli y Ariza (en prensa). En dicho trabajo, en la llamada 'aproximación desde la biología funcional' se propone la enseñanza de la teoría de la selección natural desde una adecuada reconstrucción de la biología funcional pre-darwiniana, su base empírica.

-La ‘comparabilidad empírica escolar’, entendida como una vinculación (o re-conceptualización) del lenguaje cotidiano del estudiante, mediante el paso desde el lenguaje no-característico al lenguaje característico de la base empírica de la teoría, no tiene un momento específico/fijo en el proceso. Más bien, los profesores lo promueven teniendo en cuenta procesos de aprendizaje individuales y siendo explícitos en el pasaje lingüístico.

-El enriquecimiento ‘teórico’ del vocabulario para hablar de los fenómenos constituye entonces un paso necesario para la modelización científica escolar. En términos estructuralistas (Balzer, Moulines y Sneed, 1987), consiste en la introducción de los términos teóricos en el conjunto de los modelos parciales para constituir una clase de modelos ‘potenciales’ sobre los cuales se ensayarán enunciados ‘legaliformes’ (los que se exponen en los libros de texto).

-La modelización científica escolar es el proceso en que el docente acompaña al estudiantado para subsumir las aplicaciones intencionales de **T** en los modelos ‘actuales’ de **T**.

-Con las aplicaciones intencionales bien identificadas y ya subsumidas bajo **M**, es posible realizar analogías o correlaciones con otros fenómenos que pueden caer en el dominio de la misma **T**. El objetivo en este caso sería la identificación ya no solo de las aplicaciones intencionales paradigmáticas (tal como a veces sucedía en la enseñanza tradicional), sino también de aplicaciones intencionales no paradigmáticas que puedan corresponder con otros fenómenos cercanos a la realidad de las/os estudiantes.

La ‘actividad científica escolar’ asume que los estudiantes llevan procesos analogables hasta cierto punto con aspectos, modos y operaciones propios de la actividad científica erudita. Esto posibilita que la comprensión de “[...] los procesos de modelización en la ciencia erudita pueden ser trasladados (adecuadamente) a la escuela para configurar la ciencia escolar” (Ariza, Lorenzano, & Adúriz-Bravo, 2020, p. 458).

Ulises Moulines (1991), sostiene que los productos de la filosofía de la ciencia podrían caracterizarse como teorizaciones de tipo ‘meta-X’ (meta-teorizaciones, es decir, ‘conceptualizaciones de segundo orden’), en donde X es cualquier producto de la actividad humana suficientemente interesante (lenguaje, ética, política, arte, etc.); en este sentido ‘sincategoremático’, la filosofía ‘de’ la ciencia sería ‘meta’-ciencia por excelencia. En la misma línea, Anna Estany (1993) explica que todas las teorizaciones sobre los productos y procesos de la actividad científica son conceptualizaciones de segundo orden (de naturaleza ‘meta’) que predicán *sobre* la ciencia. Estas dos presunciones (el de la existencia de la llamada ‘ciencia escolar’ y el de la filosofía de la ciencia como una reflexión de carácter ‘meta’ sobre la ciencia), nos dan indicios acerca de que, hacer de la ciencia escolar y su actividad un objeto de análisis metateórico, podría sugerir un campo especial de trabajo dentro de la filosofía de la ciencia: ‘la filosofía de la ciencia escolar’ (Ariza & Lorenzano, 2019).

La enseñanza en el nivel científico

Desde la filosofía de la ciencia como desde la didáctica de la ciencia, casi que a ‘unísono’, la ‘enseñanza de las ciencias’ se asume como un proceso enfocado primordialmente a la formación de una ciudadanía alfabetizada científicamente o a la formación de futuros/as científicos/as. De esta manera, el llamado ‘contexto de educación’ constituye una parte esencial de la ciencia, pero su papel fundamental se haya en el desarrollo de conocimiento, habilidades y actitudes científicas en los diversos niveles educativos y abarcaría hasta que se inicia la actividad científica:

Toda esta fase [del ámbito de la enseñanza] abarca desde su formación como investigador [la de ciudadanos futuros científicos] hasta el inicio de su actividad profesional como alevín de científico [...], tras su fase de formación la mayoría de los titulados pasan directamente al ámbito de aplicación (Echeverría, 1995, p. 60, las llaves son mías)

Lo anterior sugiere que “[...] el ámbito por excelencia para la ciencia normal kuhiana es el contexto de educación” (Echeverría, 1995, p. 61), y con ello se restringe el ‘proceso de enseñanza’ exclusivamente a los desarrollos que se adelantan en dicho periodo.

Es posible hacer otro tipo de relaciones en los cuales el contexto de enseñanza haga parte de otros ámbitos de la actividad científica. Tanto desde la didáctica de las ciencias como desde la filosofía de la ciencia se ha señalado la importancia de una ‘enseñanza en el nivel científico’ de manera implícita. No es una novedad que exista este tipo de relación, aunque eventualmente podría serlo su reconocimiento.

La enseñanza de las ciencias cumple un rol primordial no solo en la práctica de la llamada ‘ciencia normal’. Procuraré sostener que la ‘enseñanza’ como proceso tiene un papel fundamental en la actividad que realizan los/las científicos/as cuando se presentan teorías rivales. Esto es, cuando previo a un ‘cambio revolucionario’, en los periodos de *crisis*, los científicos comunican sus teorías a otros colegas que hagan parte de un ‘paradigma’ distinto, partiendo de la idea (brevemente expuesta en la sección anterior) de que

[...] un problema [científico] puede ser caracterizado de forma neutral con respecto a ambas [teorías rivales], y puede decirse que ambas enfrentan un mismo problema. Tomando como base esos problemas compartidos se puede realizar una comparación racional y objetiva de teorías rivales (Diéguez, 2005, p. 208-209, las llaves son mías).

Niveles de la enseñanza de las ciencias y de vinculación metateórica

En la educación científica se suelen reconocer los siguientes niveles:

- Nivel básico: La educación básica. Incluye educación básica primaria y secundaria.
- Nivel universitario: La educación universitaria. Incluye la formación de científicos y la formación en filosofía de la ciencia de otras profesiones (p.e., filosofía, ingeniería, etc.).
- Nivel docente: La formación de profesores. Incluye a profesores del nivel primario, secundario y universitario.

Todos ellos hacen parte de un tipo de enseñanza de las ciencias cuyo papel fundamental se ubica usualmente en el que Fleck (1935-1986) (al igual que Kuhn pero unos años antes) reconocerían como 'esenciales' para la formación de los futuros partidarios de un 'estilo de pensamiento'. Así, durante los niveles mencionados "[...] cada individuo siempre se confronta a una ciencia previamente constituida, que ha de aprender antes de poder juzgar sobre su mayor o menor validez y utilidad" (Echeverría, 1995, p. 59). La importancia de este tipo de enseñanza se ve reflejada en que en la actualidad los clásicos 'contextos' de la ciencia (descubrimiento y justificación) son releídos y ampliados, conformando ahora cuatro contextos conocidos como 'contextos de innovación', 'evaluación', 'aplicación y educación' (Echeverría, 1995), "[...] estos cuatro [contextos] interactúan entre si y se influyen mutuamente: son interdependientes. Sin embargo, conviene distinguirlos para analizar la actividad científica en su auténtica complejidad" (Echeverría, 1995, p. 52, las llaves son mías).

Efectivamente la enseñanza de las ciencias juega un papel fundamental en la actividad científica, pero su papel va mucho más allá del jugado en la formación de los futuros científicos y de la constitución de un pensamiento crítico por parte de los ciudadanos para desenvolverse en la sociedad. En este sentido, podrían señalarse dos niveles más en los cuales la enseñanza de las ciencias también cumple un rol sobresaliente:

- El nivel de divulgación: referido a la formación en ciencias por parte de la comunidad en general sin que hagan parte de programas de estudios específicos, o a la formación científica por parte de personas pertenecientes a otras disciplinas no necesariamente pertenecientes a las de las ciencias empíricas.
- Nivel científico: el análisis de la relación entre la comunicación (entre científicos) de nuevas teorías y su interpretación como un 'tipo de enseñanza' especializada o particular.

Sobre el nivel de divulgación, si bien podría incluirse en el ámbito de educación (de la ciencia normal); los objetivos, los contenidos, las estrategias y las formas de presentación tienen diferencias algunas veces sustantivas, lo que podría llevar a identificar algunas características que le son propias de este nivel, y no de los otros. Este trabajo no centra su análisis en la caracterización de este tipo de 'enseñanza'. Esta decisión no se relaciona con la importancia de uno o de otro nivel, i.e., el 'nivel de divulgación' no es menos importante que los otros. Abordo principalmente la discusión respecto del 'nivel de enseñanza científico' ya que podría resignificar las grandes aproximaciones que pueden establecerse entre la filosofía de la ciencia y la didáctica de las ciencias, ésta última entendida como 'la ciencia de enseñar ciencias'.

El papel que juega la enseñanza en la dinámica científica

Que la enseñanza juega un papel fundamental en la dinámica científica es algo que actualmente parece obvio. Un aspecto central de la ciencia es su enseñanza: la educación en ciencias es ciencia, es uno de sus ámbitos o contextos (Echeverría, 1995). El contexto de educación de la ciencia adquiere relevancia no solo por delinear las capacidades y actitudes de aquellos que deciden seguir una formación científica formal, sino también por delinear la que se conoce como "[...] imagen de la ciencia y del científico" (Pujalte, Bonan, Porro, & Adúriz-Bravo, 2014) en nuestra sociedad.

Desde el ámbito de la filosofía de la ciencia es probablemente (como se mencionó antes) el biólogo, médico y sociólogo Ludwik Fleck uno de los primeros en preocuparse por el papel de la formación de futuros científicos en la constitución de un 'colectivo de pensamiento'. Podría decirse que en su propuesta valoró la importancia de la formación de los científicos jóvenes en la 'estructura' de la comunidad científica.

Para cada profesión, para cada campo de saber hay un tiempo de aprendizaje, durante el cual tiene lugar una sugestión de ideas puramente autoritaria, que no puede sustituirse, por ejemplo, por una construcción intelectual 'racional general'. [...] Toda introducción didáctica es, por tanto, literalmente, un 'conducir-dentro' o una suave coerción. (Fleck, 1935-1986, p. 150-151, énfasis del autor).

Sin embargo, en algunos pasajes de literatura especializada el proceso de enseñanza no se ubica únicamente en la 'ciencia normal' kuhniana. Algunas veces se sugiere otro rol, pero ahora esencial en los procesos de cambio científico:

La simplicidad lineal del proceso de construcción de este átomo físico (cuántico) a partir del átomo químico (el de Dalton) tal como aparece en los libros, ha de ser cuestionada, para comprender mejor tanto la complejidad del pensamiento científico como la importancia de la docencia en la creación científica [...] ¿Podemos afirmar que la docencia fue (es) un vector de desarrollo del conocimiento científico? (Izquierdo-Aymerich, 2010, p. 191).

El contexto en el cuál se postula a la enseñanza de la ciencia como un proceso clave es – siguiendo la propuesta de los contextos en la ciencia de Echeverría (1995) – el contexto de evaluación (o el clásico contexto de justificación).

De acuerdo a Javier Echeverría (1995) los contextos de la actividad científica funcionan 'a la par' con aportes de uno y otro (contexto de innovación, educación, evaluación y aplicación). Coincido, por tanto, con los traslapes sugeridos por Echeverría (1995, p. 59, énfasis del autor) acerca de que "[...] hay que partir del contexto de enseñanza a la hora de analizar las grandes componentes de la actividad científica. O por decirlo en una palabra: 'no hay intelección científica sin aprendizaje previo'".

En ese sentido, Kuhn (1962-2013, p. 257, énfasis del autor) señala:

[...] en tiempos revolucionarios, cuando cambia la tradición de la ciencia normal, la percepción que tiene el científico de su medio ha de reeducarse, en algunas situaciones familiares, ha de 'aprender' a ver una nueva Gestalt. Una vez que lo haya hecho, el mundo de sus investigaciones parecerá ser aquí y allá inconmensurable con aquel que habitaba antes.

Pero Kuhn no solo señala la existencia de esta 'reeducación' o como se ha llamado en líneas anteriores, esta 'enseñanza en el nivel científico', sugiere además una característica importante en estos periodos científicos, la dificultad para que pueda llevarse a cabo, sobre todo por científicos/as que han pasado una buena cantidad de años trabajando bajo el mismo paradigma:

Cualquier interpretación nueva de la naturaleza, sea un descubrimiento o una teoría, surgen en primer lugar en la mente de una o de unas cuantas personas. Son ellas las primeras que aprenden a ver la ciencia y el mundo de manera distinta, y su capacidad para realizar la transición se ve favorecida por dos circunstancias que no son comunes a la mayoría de los demás miembros de su profesión. Invariablemente su atención se ha centrado intensamente en los problemas que han provocado la crisis; y usualmente son además individuos lo bastante jóvenes o lo bastante recién llegados al campo sacudido por la crisis como para que la práctica no los haya comprometido tan profundamente como la mayoría de sus contemporáneos con la visión del mundo y las reglas determinadas por el viejo paradigma (Kuhn, 1962-2013, p. 302).

No es para nada sencillo que los científicos que han trabajado bajo un paradigma durante mucho tiempo logren hacer una transición que los lleve a 'aprender' el nuevo paradigma. Incluso podrían no lograrlo². "Priestley nunca acepto la teoría del oxígeno ni lord Kelvin la teoría electromagnética" (Kuhn, 1962-2013, p. 312).

No es de extrañar que algunos científicos también reconocieran las dificultades para llevar a cabo un proceso de enseñanza con sus colegas más arraigados a sus propios paradigmas. Charles Darwin señala así su preferencia en la enseñanza de 'una' teoría para futuros científicos, o al menos los más jóvenes:

Although I am fully convinced of the truth of the views given in this volumen..., I by no means expect to convince experienced naturalists whose minds are stocked with a multitude of facts all viewed, during a long course of years, from a point of view directly opposite to mine. [...] [B]ut I look with confidence to the future, -to young and rising naturalists, who will be able to view both sides of the question with impartiality (Darwin, 1889, p. 295-296).

Al igual que Darwin, Max Planck señala algunas preferencias para *convencer* o *persuadir* sobre sus propuestas a generaciones jóvenes: "[...] a new scientific truth does not triumph by convincing its opponents and making them see the light, but rather because its opponents eventually die, and a new generation grows up that is familiar with it" (Planck, 1949, p. 33-34).

Evidentemente estas ideas parecieran indicar que tanto en la filosofía de la ciencia (por ejemplo Kuhn y Fleck), en la didáctica de las ciencias (por ejemplo Mercé Izquierdo-Aymerich) como desde la propia ciencia (los casos antes mencionados de Darwin y Planck) la enseñanza es un proceso no exclusivo de la formación de futuros científicos o formación ciudadana en general, o más precisamente, podría darse, y de hecho se da, durante los periodos en los cuales se presentan teorías rivales respecto de las ya establecidas. De esta manera,

² Es interesante notar la relación que puede establecerse entre esta idea de la dificultad del abandono de paradigmas y algunos de los resultados sobre el estudio del 'cambio conceptual' (en la didáctica) en donde se ha llegado a conclusiones tales como la dificultad del 'abandono de un concepto', o incluso la imposibilidad de lograr tal abandono y la necesidad de plantear propuestas que permitan que los estudiantes diferencien 'en contexto' sobre el uso de conceptos cotidianos y el uso de conceptos científicos.

los/as científicos/as transitan por procesos de ‘cambio’ cuando comunican sus teorías. Es decir, que los procesos de enseñanza en el nivel científico, al igual que en la escuela, van acompañados con procesos de ‘transformación del mundo’:

Sin duda muchos lectores preferirán decir que lo que cambia con un paradigma es tan solo la interpretación que hace el científico de las observaciones, las cuales por si mismas están fijadas de una vez por todas por la naturaleza del medio y del aparato perceptivo. Según esa manera de ver las cosas, tanto Priestley como Lavoisier vieron ambos oxígeno, por más que interpretaran sus observaciones de modo distinto. También Aristóteles y Galileo habrían visto péndulos, aunque divergían en su interpretación de lo que cada uno había visto (Kuhn, 1962-2013, p. 269-270).

Fleck denomina este ‘cambio de visión’ como una ‘metamorfosis’ y un ‘cambio armonioso’:

Cada paso supuso una metamorfosis y un cambio armonioso en consonancia con la transformación del estilo de pensamiento del nuevo colectivo surgido en cada caso. Este cambio de estilo de pensamiento –es decir, este cambio en la disposición para el percibir orientado– ofrece nuevas posibilidades de descubrimientos, y crea hechos nuevos. Este es el significado epistemológico más importante de la circulación de pensamiento intercolectiva. [...] La comunicación no ocurre nunca sin la transformación y sin que se produzca una remodelación acorde con el estilo, que intracolectivamente se traduce en un reforzamiento e intercolectivamente en un cambio fundamental del pensamiento comunicado (Fleck, 1935-1986, p. 156-158).

Estas transiciones se caracterizan por algunas dificultades de comunicación, que, una vez superadas permiten ver los componentes de un fenómeno de manera nueva:

[E]stas crisis no terminan por interpretación y deliberación, sino merced a un acontecimiento relativamente repentino y no estructurado semejante a un cambio de Gestalt. Entonces los científicos tienden a hablar de que ‘las escamas caen de los ojos’ o del ‘destello de luz’ que ‘baña’ un rompecabezas antes sumido en las tinieblas, lo que permite que sus componentes se vean de un modo nuevo que por vez primera hace posible la solución (Kuhn, 1962-2013, p. 272, énfasis del autor).

Así, en la ciencia como en la escuela, la comunicación entre científicos/as o entre los/as profesores/as y los/as estudiantes es atravesada de forma esencial por el ‘lenguaje’, que media entre ellos para construir sus representaciones. Los componentes del lenguaje son componentes esenciales del proceso de enseñanza. No son los únicos, pero si son esenciales. Kuhn no desconoce esta importancia en los momentos en los cuales los científicos ‘comparan’ sus teorías:

[A]ntes de que puedan aspirar a comunicarse plenamente, uno u otro de los grupos ha de experimentar la conversión que hemos estado determinando como cambio paradigmático. Precisamente porque se trata de una transición entre inconmensurables, el paso de un paradigma a otro no se puede hacer paso a paso (Kuhn, 1962-2013, p. 311).

Y aunque no sea comúnmente reconocido, desde el mismo momento en el cual se introduce el problema de la ‘inconmensurabilidad’ en la segunda mitad del siglo XX, se ha venido trabajando paralelamente sobre un ‘tipo de enseñanza científica’.

[N]o sé cómo han logrado el éxito los que proponen ese nuevo punto de vista, pero tengo que aprenderlo; sea lo que sea lo que hagan, es obvio que está bien. Esta reacción se da fácilmente en personas que acaban de llegar a la profesión (Kuhn, 1962-2013, p. 387).

“Por el contrario, en algún punto del proceso de aprender a traducir, se encuentra con que se ha producido el cambio con que se ha pasado al nuevo lenguaje sin haber tomado decisión alguna” (Kuhn 1962-2013, p. 389). Si nos apegamos a lo sostenido por Kuhn acerca de que los científicos ‘aprenden’ las teorías rivales para tomar sus decisiones, y este ‘aprendizaje’ deviene en las nociones de ‘comparabilidad empírica’ (algunas señaladas en la sección 1.), el tema de la enseñanza científica es un tema ya estudiado desde hace más de 50 años en la comunidad metacientífica. Ahora basta reconocerla como tal, como un proceso de ‘enseñanza en el nivel científico’. El proceso de *comparación* de teorías rivales, por tanto, podría entenderse como un ‘proceso de enseñanza’, probablemente con diferencias sustanciales respecto de los procesos llevados a cabo en las escuelas y universidades o para la formación de futuros/as científicos/as, pero un ‘proceso de enseñanza’, al fin y al cabo.

Es, de hecho, acudiendo a esta noción de comparabilidad empírica estructuralista que, en la sección 1, se describió la llamada actividad científica escolar (Ariza, Lorenzano, & Adúriz-Bravo, 2020). Esto, como se sostuvo, brinda indicios acerca de la existencia de un nivel de enseñanza científico en los procesos de cambio científico, que se excluye de los procesos de la *ciencia normal* y que no coincide totalmente con algunas características de los otros niveles de enseñanza, pero que coincide en otros.

Conclusiones

Las dos posiciones presentadas en este trabajo nos llevan a plantear una serie de cuestiones que emanan de actividades epistémicas propias de la actividad metacientífica (tanto desde la filosofía de la ciencia como desde la didáctica de las ciencias), por ejemplo: ¿cuál es la estructura de las teorías científicas escolares? ¿de qué fenómenos se ocupan dichas teorías? ¿Cómo el conocimiento detallado de los modelos científicos escolares puede guiar estrategias de enseñanza? ¿Cómo la comprensión de su dinámica en la escuela puede contribuir a mejorar su enseñanza? ¿qué diferencias o similitudes tiene la actividad científica escolar con la actividad científica especializada? ¿Cómo son las teorías que efectivamente se enseñan? ¿Pueden los mismos instrumentales metateórico permitirnos comprender los procesos de cambios representacionales en los procesos de enseñanza en la ciencia erudita y escolar?

Algunas de las líneas de este trabajo van hacia una respuesta positiva a ésta última pregunta. Sobre las demás, aún nos queda mucho camino por recorrer entre el entramado y complejo espacio que hay entre filosofía de la ciencia y didáctica de las ciencias. Cualquier avance en dicho espacio es sin duda una posibilidad de comprender lo que sucede en la construcción del conocimiento científico, erudito o escolar.

Referencias

- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias* (Tesis Doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires, AR: Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A. (2009). Hacia un consenso metateórico en torno a la noción de modelo con valor para la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias, número extra VIII*, 2616-2620.
- Adúriz-Bravo, A. (2013). A 'semantic' view of scientific models for science education. *Science & Education*, 22(7), 1593-1611. DOI: <https://doi.org/10.1007/S11191-011-9431-7>
- Adúriz-Bravo, A. (2018). Enseñanza de las ciencias naturales estructurada en torno a 'competencias': ¿qué hay de nuevo? Editorial. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 13(1), 5-6. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.12916>
- Ariza, Y., & Lorenzano, P. (2019, diciembre). Filosofía de la ciencia escolar: las teorías científicas en la escuela como espacio de reflexión filosófica. In *XIX Congreso Nacional de Filosofía*. Mar del Plata, AR: AFRA. Recuperado en <https://bitlybr.com/2LMokHxV>
- Ariza, Y., Lorenzano, P., & Adúriz-Bravo, A. (2016). Meta-theoretical contributions to the constitution of a model-based didactics of science. *Science & Education*, 25, 747-773. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9845-3>
- Ariza, Y., Lorenzano, P., & Adúriz-Bravo, A. (2020). Bases modeloteóricas para la ciencia escolar: la noción de "comparabilidad empírica". *Estudios Pedagógicos*, 46(2), 447-469. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-07052020000200447>
- Balzer, W., Moulines, C. U., & Sneed J. D. (1987). *An architectonic for science. The structuralist program*. Dordrecht, NL: Reidel.
- Cheng, M.-F., & Lin, J.-L. (2015). Investigating the relationship between students' views of scientific models and their development of models. *International Journal of Science Education*, 37(15), 2453-2475. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1082671>
- Darwin, C. (1889). *On the origin of species* (6th ed.). New York, NY: D. Appleton & Company.
- Develaki, M. (2007). The model-based view of scientific theories and the structuring of school science programmes. *Science & Education*, 16(7), 725-749. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9058-2>
- Diéguez, A. (2005). *Filosofía de la Ciencias*. Madrid, ES: Biblioteca Nueva.
- Díez, J. A. (2012). Inconmensurabilidad, comparabilidad empírica y escenas observacionales. In P. Lorenzano & O. Nudler. *El camino desde Kuhn: la inconmensurabilidad hoy* (p. 67-118). Madrid, ES: Biblioteca Nueva.
- Duschl, R. A. (1985). Science education and philosophy of science: twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics*, 85(7), 541-555. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1985.tb09662.x>

- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid, ES: Akal.
- Estany, A. (1993). *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Barcelona, ES: Crítica.
- Falguera, J. L. (2012). Comparación epistémica de teorías inconmensurables, sin fundamentismo. In P. Lorenzano & O. Nudler. *El camino desde Kuhn: la inconmensurabilidad hoy* (p. 119-170). Madrid, ES: Biblioteca Nueva.
- Falguera, J. L., & Donato-Rodríguez, X. (2016). Incommensurability, comparability, and non-reductive ontological relations. *Journal for General Philosophy of Science*, 47, 37-58. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/44113617>
- Fleck, L. (1935-1986). *Entstehung und entwicklung einer wissenschaftlichen tatsache. Einführung in die lehre vom denkstil und denkkollektiv*. Basel, CH: Benno Schwabe & Co.
- Gallego, A. P., & Gallego Badillo, R. (2007). Historia, epistemología y didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. *Ciência & Educação*, 13(1), p. 85-98. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000100006>
- Giere, R. N. (1979). *Understanding Scientific Reasoning*. New York, NY: Holt, Reinhart and Winston.
- Giere, R. N. (1985). Constructive realism. In P. M. Churchland & C. Hooker (Eds.), *Images of science. Essays on realism and empiricism with a reply from Bas C. van Fraassen* (p. 75-98). Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Giere, R. N. (1988). *Explaining science. A cognitive approach*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Ginnobili, S., Galli, L., & Ariza, Y. Do what Darwin did. How to deal with teleological misconceptions in the classroom. *Science & Education*, (2021). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00186-8>
- Izquierdo-Aymerich, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: conextualizar y modelizar. *The Journal of The Argentine Chemizal Society*, 92(4-6), 115-136. Recuperado de <https://www.aqa.org.ar/images/anales/pdf9246/9246art13.pdf>
- Izquierdo-Aymerich, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111-122. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/38990162.pdf>
- Izquierdo-Aymerich, M. (2010). La transformación del átomo químico en una partícula física. ¿Se puede realizar el proceso inverso? In J. A. Chamizo. *Historia y filosofía de la química: aportes para la enseñanza* (p. 169-194). México, D.F.: Siglo XXI.
- Izquierdo-Aymerich, M. & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1022698205904>
- Izquierdo-Aymerich, M., Espinet, M., García Rovira, M. P., Pujol, R. M., & Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 79-92. Recuperado en <https://bitlybr.com/aQdi>
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/13271794.pdf>
- Koponen, I. (2007). Models and modelling in physics education: a critical reanalysis of philosophical underpinnings and suggestions for revisions. *Science & Education*, 16(7-8), 751-773. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9000-7>
- Kuhn, T. S. (1962-2013). *The structure of scientific revolutions*. Chicago, IL: Chicago University Press.
- Lorenzano, P. (2012). Estructuras y aplicaciones intencionales. Inconmensurabilidad teórica y comparabilidad empírica en la historia de la genética clásica. In P. Lorenzano, & O. Nudler (Eds.), *El camino desde Kuhn: la inconmensurabilidad hoy* (p. 289-350). Madrid, ES: Biblioteca Nueva.
- Matthews, M. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York, NY: Routledge.
- Moulines, C. U. (1991). *Pluralidad y recursión*. Madrid, ES: Alianza.
- Passmore, C., Gouvea, J. S., & Giere, R. (2014). Models in science and in learning science: focusing scientific practice on sense-making. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (p. 1171-1202). Dordrecht, NL: Springer.
- Planck, M. (1949). *Scientific autobiography and other papers*. New York, NY: Philosophical Library.
- Pujalte, A., Bonan, L., Porro, S., & Adúriz-Bravo, A. (2014). Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. *Ciência & Educação*, 20(3), 535-548. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000300002>

Sensevy, G., Tiberghien, A., Santini, J., Laubé, S., & Griggs, P. (2008). An epistemological approach to modeling: cases studies and implications for science teaching. *Science Education*, 92(3), 424-446.
DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20268>

Upmeier zu Belzen, A., Driel, J. van, & Krüger, D. (2019). Introducing a framework for modeling competence. In A. Upmeier zu Belzen, D. Krüger, & J. van Driel (Eds.), *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education* (p. 3-21). Dordrecht, NL: Springer.