

El enfoque histórico filosófico y la didáctica de la ciencia - A 60 años de la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas*

The Historical-Philosophical Approach and the Didactics of Science - Sixty Years after the Publication of *The Structure of Scientific Revolutions*

Santiago Ginnobili

CFHIC- Universidad Nacional de Quilmes. CONICET/UBA. Buenos Aires. Argentina.

Provincia y

santi75@gmail.com

Recibido 23/05/2022 - Aceptado 08/06/2022

Para citar este artículo:

Ginnobili, S. (2022). El enfoque histórico filosófico y la didáctica de la ciencia - A 60 años de la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas*. *Revista de Educación en Biología*, 25 (2), 3-21.

Resumen

En este trabajo reflexionaré acerca de las relaciones entre la filosofía y la didáctica de la ciencia, centrándome en especial en las ideas de Thomas Kuhn. Estas resultan bastante complejas, pues, las preocupaciones didácticas y de comunicación pública de la ciencia se encuentran en el centro de los objetivos de la filosofía de la ciencia de comienzos de siglo XX así como del contexto de escritura de *La estructura de las revoluciones científicas*. Por otro lado, el enfoque de Kuhn fue influyente sobre la didáctica de la ciencia. La discusión de tales relaciones me permitirá señalar la tensión, sobre la que Kuhn ha discutido mucho, entre la especialización y la incomunicación entre diferentes comunidades científicas. Para Kuhn, el dogmatismo es una parte esencial del progreso científico. Intentaré mostrar que esta idea forma parte de la ideología kuhniana más que un corolario de su enfoque. Finalmente, intentaré mostrar diferentes sentidos en los que las ideas kuhnianas pueden ser relevantes (y lo han sido) para la didáctica de la ciencia.

Palabras clave: Filosofía de la ciencia; Didáctica de la ciencia; Thomas Kuhn; Inconmensurabilidad

Abstract

In this paper I will reflect on the relationships between philosophy and the didactics of science, focusing in particular on Thomas Kuhn's ideas. These are quite complex, since didactic and public communication of science concerns are at the heart of the objectives of philosophy of science at the beginning of the twentieth century as well as of the context of writing of *The Structure of Scientific Revolutions*. On the other hand, Kuhn's approach was

influential on the didactics of science. The discussion of such relationships will allow me to point out the tension, about which Kuhn has extensively discussed, between specialization and miscommunication between different scientific communities. For Kuhn, dogmatism is an essential part of scientific progress. I will try to show that this idea is part of Kuhnian ideology rather than a corollary of his approach. Finally, I will try to show different ways in which Kuhnian ideas can be (and have been) relevant to the didactics of science.

Keywords: Philosophy of science; Didactics of Science; Thomas Kuhn; Incommensurability

Introducción

*Cada cual tiene un trip en el bocho,
difícil que llegemos a ponernos de acuerdo.*

Charly García,

Promesas sobre el Bidet, Piano Bar

Un siglo ha pasado desde que los empiristas lógicos a comienzos del siglo XX, preocupados por la creciente especialización y la consecuente incomunicación entre diferentes especialidades, se plantearon como meta la construcción de un lenguaje simple al cual traducir toda la ciencia.

La comunicación entre la comunidad científica resultaba en sí misma relevante, pero se encontraba supeditada bajo un ideal todavía más fundamental, la formación científica del ciudadano. La situación actual al respecto es tanto más compleja que podemos pensar que las preocupaciones que tenían se encontraban completamente justificadas. Lo que ellos percibían no era más que un estado incipiente de un proceso que se desplegaría de manera exponencial. De la situación actual también podemos inferir que, definitivamente, el programa que plantearon fracasó. La filosofía de la ciencia que ellos concebían como una herramienta dirigida hacia el fin político de la educación devino en un estudio teórico sin la preocupación por la enseñanza o por la comunicación (ni de la ciencia ni de su propia disciplina). Pero la situación general excede a la filosofía de la ciencia. Pues, la didáctica de la ciencia, la filosofía de la ciencia y la ciencia se encuentran segmentadas e incomunicadas entre sí. La comunidad científica, especialmente en ciencias naturales, no tienen en su formación reflexión filosófica de ningún tipo y desconoce la historia de su propia disciplina. Finalmente, el incremento enorme de influencia que la ciencia tuvo en la vida cotidiana y el progreso de la sociedad a través de sus aplicaciones tecnológicas no implicó en absoluto un incremento de aquel objetivo iluminista formativo. La comunidad filosófica y científica ya casi no tiene influencia sobre cómo la sociedad se piensa a sí misma (si es que alguna vez la tuvo, aunque sea mínimamente).

La cuestión resulta compleja, porque la ciencia posterior a las revoluciones copernicana y darwiniana parece haber resultado exitosa, justamente, por renunciar a sistemas totales que se aplican a todos los aspectos de la realidad, y enfocarse en

soluciones parciales a problemas específicos. La ultra especialización es, entonces, uno de los ingredientes fundamentales en la explicación del éxito de la ciencia. Y esta ultra especialización es en parte la razón de los problemas de comunicación que vuelven al programa iluminista original ineficaz. Pero ¿es esta una tendencia irreversible e inevitable? ¿Es posible retomar los ideales iluministas y construir vínculos entre didáctica, filosofía de la ciencia y ciencia? En este trabajo intentaré reflexionar un poco al respecto centrándome en la figura de Thomas Kuhn, quien hace 60 años publicó el libro de filosofía e historia de la ciencia, probablemente, más influyente del siglo XX: *La estructura de las revoluciones científicas* (en adelante *La estructura*). Pues, en esta obra, y en las reacciones de los que la discutieron, se manifiestan con claridad las tensiones señaladas.

En la sección 1 presentaré brevemente el rol de la didáctica en el origen de la filosofía de la ciencia, específicamente centrándome en el movimiento del empirismo lógico. Contaré, también brevemente, lo que ocurrió con los objetivos ilustrados e iluministas que tenían y con los medios propuestos para cumplirlos. En la segunda sección desarrollaré el sentido en el cual la visión kuhniana de la ciencia que cobró relevancia e influencia a mediados del siglo XX muestra que los medios propuestos por los empiristas lógicos para mejorar la comunicación entre científicos y con la sociedad eran inadecuados. La cuestión resulta más compleja que lo que habían imaginado. En la sección 3 presentaré las posiciones de Kuhn en torno al funcionamiento de la ciencia y sus posiciones respecto a la enseñanza de la ciencia. Esto nos permitirá presentar con claridad la tensión que existe en la obra kuhniana entre el éxito de la ultraespecialización y la formación científica del ciudadano. Me interesa discutir, específicamente, si las consecuencias que Kuhn extrae respecto a la formación filosófica e histórica de los científicos se encuentran implicadas por su marco, o tiene que ver, más bien, con sus posiciones ideológicas. En la sección 4 trataré de mostrar por qué, pese a que el enfoque kuhniano permite resaltar la tensión entre la especialización y la formación filosófica e histórica de la comunidad científica, y la formación científica de la ciudadanía, resulta interesante para pensar temas específicos en la enseñanza en general en todos sus niveles.

Más allá de lo que Kuhn pensara acerca del tema, si uno comparte los ideales iluministas del Círculo de Viena, y piensa que la formación filosófica, histórica y científica resulta uno de los objetivos más importantes de la actividad científica, resulta fundamental tener una visión de la ciencia y de su historia sofisticada y adecuada.

Desarrollo

1- La enseñanza de la ciencia como objetivo en los orígenes de la filosofía de la ciencia

En 1929, Moritz Schlick, persona alrededor de la cual se realizaban las reuniones del Círculo de Viena, recibió una designación que le implicaba mudarse de ciudad. Pero termina quedándose en Viena, justamente por considerar que lo que ocurría allí era importante. Así fue, que los miembros del Círculo tomaron conciencia de su existencia como colectivo. De allí surge la escritura colectiva del Manifiesto del Círculo de Viena (Hahn, Neurath y Carnap, 1929). El Círculo de Viena se encontraba en el centro del movimiento conocido como

“Empirismo lógico” (o “positivismo lógico”). La lectura de este documento resulta bastante sorprendente para los que sólo conocen acerca del empirismo lógico a través de sus críticos o para los que relacionan al movimiento con la etiqueta “positivismo” –que actualmente se usa casi siempre en sentido peyorativo. Puesto que, desde el comienzo queda claro que aquello que los aunaba no eran ideas sustantivas respecto a la ciencia (pues se trata de un conjunto bastante heterogéneo al respecto) sino un objetivo político en común. Entre tales objetivos se encuentra principalmente la idea de la formación científica de la sociedad, que tiene implicancias para la comunicación pública de la ciencia y de la enseñanza de la ciencia.

No resulta sencillo contar posiciones del movimiento sin cometer injusticias con las diversas miradas de sus miembros, pero aquí resulta interesante la idea que algunos de ellos tenían respecto a cómo conseguir tales fines. Por ejemplo, Rudolph Carnap consideraba que la clave para contrarrestar la creciente especialización que generaba incomunicación entre científicos de diferentes ramas, y las consecuentes dificultades a la hora de comunicar y enseñar ciencia al ciudadano, se encontraba en la confección de un lenguaje artificial, fuertemente basado en la nueva lógica (recientemente descubierta o inventada), que no padeciera de los problemas del lenguaje natural o cotidiano, lleno de oscuridades y ambigüedades. Su posición altamente antimetafísica, aquello por lo que habitualmente se los conoce en las carreras de filosofía, consistía, no sólo en una forma de pelearse con formas de hacer filosofía que ellos consideraban que debían ser superadas, sino, además y principalmente, en la idea de que el lenguaje científico debe ser claro. Todo lo que se puede decir, sostenían, puede decirse claramente. Si algo de la ciencia resulta difícil de explicar, el problema no está en el interlocutor, sino en el modo de presentación de las teorías que estamos tratando de comunicar. Los medios propuestos para la colaboración del trabajo filosófico con la enseñanza y la comunicación de la ciencia, consistían en la generación de una lengua universal. Libre de “oscuridades” metafísicas, al que todos los diferentes lenguajes científicos se tradujesen.

¿Qué ocurrió con este ambicioso programa? La respuesta a esta pregunta tiene dos componentes. El primero, consiste en explicar qué pasó con el intento de traducir teorías específicas a este lenguaje, que primero era caracterizado como lenguaje fisicalista (no de la física, sino formado por enunciados que predicen ciertas propiedades de ciertos objetos) y luego terminará siendo caracterizado como lenguaje observacional (formado por términos lógico-matemáticos y términos que nombran entidades observables). Relatar los esfuerzos y los modos en que fueron cambiando de posición en tales intentos implica contar lo que se estudia en cualquier curso de filosofía de la ciencia con mirada histórica. El programa fracasó, no fue posible la creación de tal lenguaje, pero en el camino la filosofía de la ciencia y la comprensión de la naturaleza de los conceptos teóricos progresó como nunca lo había hecho en siglos. Como se menciona, existe un segundo componente en la respuesta acerca del éxito del programa, que se relaciona con entender la pregunta de un modo más específico: ¿qué ocurrió con los objetivos políticos del programa?

La cuestión aquí ya no atañe a la efectividad del programa, sino con la historia terrible del siglo XX. Nazismo, segunda guerra mundial, guerra fría, macartismo, reconfiguraron

el panorama en el ámbito científico y filosófico, como cuenta meticulosamente George Reisch (2005) en *Cómo la guerra fría transformó a la filosofía de la ciencia*. La historia es larga y tiene muchos pormenores, pero la consecuencia es que la filosofía de la ciencia quedó fuertemente reconfigurada. Algunas de las ideas del empirismo lógico, respecto a la naturaleza del método científico o a cómo pensar las teorías científicas, se volvieron dominantes, pero ya no consideradas como instrumentos para la consecución de los fines políticos que tenían. La filosofía de la ciencia devino una rama de la filosofía teórica, ensimismada y desconectada de preocupaciones relativas a la comunicación y la enseñanza de la ciencia, y desconectada de la ciencia misma. La profesionalización continuó. Eso implicó que florecieran las diferentes filosofías especiales de la ciencia. La filosofía de la biología, de la física, de la psicología, de la economía, de la química, entre otras, tuvieron sus revistas, congresos y publicaciones específicas. La especialización y profesionalización generaron progreso en estas diversas áreas, pero, en un proceso análogo al ocurrido en la ciencia, las nuevas comunidades filosóficas quedaron incomunicadas entre sí. Esa situación babélica que llevó a que los científicos del Círculo de Viena se volcaran a la filosofía, por el propio éxito de la filosofía de la ciencia que forjaron, terminó definiendo su panorama.

2- Consecuencias del enfoque kuhniano sobre el proyecto del empirismo lógico

La historia oficial de la filosofía de la ciencia suele exagerar las diferencias existentes entre los enfoques de mediados del siglo XX y los más clásicos. Por supuesto, hubo continuidades y discontinuidades. Una de las novedades que suelen resaltarse es que los filósofos de mediados del siglo XX prestaron más atención a lo que de hecho ocurría en la historia de la ciencia. El autor más influyente de ese período fue, indiscutiblemente, Kuhn. Su influencia excedió a la propia filosofía de la ciencia. Además de impactar con sus ideas sobre la percepción que los científicos tenían de sí mismos (especialmente en ciencias sociales) introdujo el lenguaje con el que en la vida cotidiana se habla de cambios abruptos de enfoque con su expresión "cambio de paradigma".

Juzgar la cuestión de la originalidad de sus ideas va más allá de las pretensiones de este trabajo. Muchas de sus intuiciones respecto a la ciencia pueden ser encontradas en autores previos, incluso del empirismo lógico (Gentile, 2013; Lorenzano & Lorenzano, 1996; Reisch, 1991), y se encuentran en diferentes tradiciones de la filosofía de la ciencia. Como fuere, su presentación de la idea de que el mero cambio de teoría no alcanza para hablar de todos los tipos de cambios existentes en la historia de la ciencia y las consecuencias filosóficas e historiográficas que extrajo de esta idea en *La estructura* (Kuhn, 1970c), se constituyeron en una referencia inevitable para cualquiera que trabaje en filosofía de la ciencia o en historia de la ciencia.

No resulta sencillo resumir su enfoque en unos pocos párrafos, porque la sustancia de sus ideas se encuentra más en el análisis de casos históricos que en su presentación abstracta. Básicamente, la clave de su perspectiva consiste en el señalamiento de que una comunidad científica comparte entidades más complejas que una teoría (en el sentido de un conjunto de enunciados o creencias fácticas acerca de la realidad). Comparten métodos, instrumentos, valores, y no sólo ciertas leyes, sino el marco conceptual que provee los

conceptos de los que las leyes se constituyen. En los cambios pronunciados que ocurren en las revoluciones científicas no sólo se revisan leyes. En casos como la revolución darwiniana o la copernicana, cambiaron leyes, por supuesto, pero también los valores que permiten evaluar las diferentes aplicaciones de leyes a casos particulares, los instrumentos utilizados y el marco conceptual presupuesto. Si uno describe la revolución copernicana sólo a través de la idea del cambio del geocentrismo por el heliocentrismo se pierde que el mismo significado de la noción de planeta cambió. Cambió la extensión (es decir, el conjunto de cosas que son consideradas planetas, la Tierra se volvió un planeta mientras que el Sol y la Luna dejaron de serlo), pero también cambió la concepción misma de lo que es un planeta. Estos dejaron de ser concebidos como esferas perfectas de éter, para ser pensados como rocas, como la roca sobre la que estamos parados, ni más ni menos perfectas que las estrellas. También se pierde el hecho de que en la astronomía y la física se dio la pelea entre el modo racionalista de trabajar de René Descartes (en donde las leyes físicas se deducen a priori de la naturaleza de algún dios) con el modo empirista de trabajar de Newton (en donde las leyes se aceptan si logran unificar fenómenos empíricos). Esta oposición entre cosmovisiones y entre concepciones de ciencia lleva a la noción más discutida de Kuhn, la de inconmensurabilidad. Según Kuhn, en casos de revoluciones científicas no hay una base neutra y objetiva (y a veces ni siquiera una en común) para realizar comparaciones concluyentes entre las diferentes posiciones. En particular, el hecho de que ni siquiera se compartan conceptos genera, lo que nos interesa especialmente, incomunicación entre las comunidades científicas bajo diferentes paradigmas. A veces usan los mismos términos, sin saber que de hecho están expresando diferentes conceptos.

El marco kuhniano brinda un conjunto de conceptos interesantes para pensar el cambio científico, pero me interesa detenerme especialmente en la noción de ciencia normal y de ejemplar paradigmático. La ciencia normal es el único período en el que, según Kuhn, se da el desarrollo acumulativo, pues se acumulan soluciones a rompecabezas (que es el modo en que Kuhn llama a los problemas que resuelven los científicos) siguiendo las reglas establecidas por el paradigma. Pero aquellas no se encuentran usualmente explicitadas. Como las reglas gramaticales que gobiernan un lenguaje, forman parte del conocimiento tácito y difícil de explicitar, que se aprende en el uso, a través de ejemplos de su aplicación. Todos los componentes del paradigma son adquiridos a través de ejemplos concretos de cómo científicos en el pasado resolvieron problemas específicos, y no por su presentación explícita, abstracta y general. En el período de ciencia normal, entonces, la comunidad científica se vuelve sobre sí misma. No pone en discusión los componentes centrales del paradigma y se dedica a resolver el tipo de problemas específicos del que se ocupa ese paradigma. Este es tratado como incuestionable y se olvidan las discusiones filosóficas características del período revolucionario. Además, no se presta casi ninguna atención a lo que ocurre en otras áreas del momento.

La comunidad científica en el período de ciencia normal no reflexiona respecto a su área ni a su trabajo, no hace filosofía, pero tampoco dedica tiempo a estudiar su propia historia. En los libros de texto con lo que los científicos normales estudian aparecen presentaciones históricas de la disciplina. Pero su función no es ser fidedigna en ningún sentido, sino, justamente, brindar los ejemplares que servirán de modelos a la práctica

científica tal como es concebida por ese paradigma. Su función es didáctica e ideológica. Por este motivo tal historia es maniqueísta (hay buenos y malos que sirven de modelos de conducta), es anacrónica (los eventos del pasado se leen bajo el prisma de los intereses actuales), es progresiva (toda la historia pasada se presenta como dirigida al momento presente) y es una historia de próceres (parece que la ciencia hubiera sido protagonizada por unos pocos genios héroes y villanos que servirán de modelos, que aportaron sus descubrimientos –los héroes– o, por seguir una agenda secreta, entorpecieron el desarrollo de la ciencia –los villanos–).

Kuhn realiza una crítica a la filosofía de la ciencia que no presta atención a lo que ocurre en la historia de la ciencia. También a los historiadores de la ciencia que en tanto historiadores, no detectan la falsedad de esta historia de la ciencia –oficial– deformada de los manuales científicos. Pero ¿puede pensarse que Kuhn está realizando una crítica al dogmatismo de los científicos normales? Dudosamente. En definitiva, el período de ciencia normal (en la que los científicos son dogmáticos) es justamente aquel en el cual la ciencia progresa como no progresa en ningún otro período. Además, es bajo la tarea meticulosa de la comunidad científica que surgen las anomalías (fenómenos que violan las expectativas generadas por el paradigma) que llevarán a que luego de un período de crisis el paradigma sea reemplazado por otro. Por supuesto, además, es gracias a la tarea de la comunidad científica en el período de ciencia normal que la ciencia brinda todas las aplicaciones tecnológicas que repercuten en la sociedad. Si volviéramos sobre aquellos ideales ilustrados de los empiristas lógicos, y más allá de que la inconmensurabilidad, parece justamente implicar que no es posible la creación de un lenguaje común a toda la ciencia, podemos preguntarnos de un modo más general ¿Es positivo el ideal de ciencia unificada? ¿La incomunicación de las comunidades no es un subproducto inevitable de la concentración del científico normal en solucionar problemas específicos apelando a las reglas propias de su paradigma? ¿Qué opinaba el mismo Kuhn al respecto?

3- Kuhn y la enseñanza de la ciencia

Algunas de las críticas más fuertes a Kuhn no provinieron de los empiristas lógicos (de hecho, *La estructura* fue publicada en la Enciclopedia unificada que dirigían, con cartas de recomendación de Carnap, a quién la lectura del libro le había interesado especialmente), sino de Karl Popper y otros filósofos popperianos.

Popper, por ejemplo, señala que la lectura de Kuhn le mostró la existencia de la ciencia normal, a la que él no había prestado atención. Pero, por supuesto, dado que para él el ideal de científico es aquel que pone en duda su conocimiento constantemente, la valora negativamente:

La "ciencia normal", en el sentido de Kuhn, existe. Es la actividad de los profesionales no revolucionarios... del estudioso que acepta el dogma dominante del momento...

En mi opinión el "científico normal", tal como Kuhn lo describe, es una persona a la que habría que compadecer (...) se le ha enseñado mal. Creo, al igual que otros muchos, que toda la enseñanza a nivel universitario (y si es posible antes) debería ser entrenamiento

y estímulo al pensamiento crítico. Al "científico normal" se le ha enseñado mal (...) ha sido víctima del adoctrinamiento (Popper, 1970, pp. 52–53).

Feyerabend, por ejemplo, en una carta personal luego de haber leído *La estructura* le dice a Kuhn, que su apreciación positiva de la ciencia normal implica una ideología no justificada, que, de ningún modo, surge de su descripción de la práctica científica:

Es bastante obvio que tu "historia" es discurso ideológicamente infectado. ¿Cuál es el criterio de acuerdo con el cual distingues entre "historia" y "prehistoria"? (...) Para esto debes implícitamente referir a algún ideal de procedimiento científico desde el cuál medir progreso. Si te comprendo correctamente, el ideal es la "ciencia normal" (...) Pero nunca dices que es tu ideal. Por el contrario, insinúas que esto es lo que la investigación histórica te enseña (...) ¿De qué tienes miedo? ¿De qué la gente se oponga si presentas tus creencias en la forma adecuada, es decir, como creencias acerca de cómo debe funcionar la ciencia? (Reisch, 2019, p. 303)

En un texto publicado vuelve sobre el punto. Feyerabend es considerado un codescubridor de la idea de inconmensurabilidad, con lo cual comparte la idea rupturista entre comunidades científicas. Pero no así esta valoración positiva de la ciencia normal que uno puede entre leer en *La estructura*.

Estaba menos dispuesto a aceptar la ideología general que a mi juicio constituía el telón de fondo de su pensamiento. Esta ideología, así me lo parecía, sólo podría albergar la más afectada y obtusa clase de especialismo, que tendería a detener el avance del conocimiento y a incrementar las tendencias antihumanitarias que constituyen una característica tan inquietante de buena parte de la ciencia posnewtoniana. (Feyerabend, 1970, p. 197)

E insiste:

Siempre que leo Kuhn me veo turbado por la siguiente pregunta: ¿Se nos presentan aquí unas prescripciones metodológicas que dicen al científico cómo debe proceder, o se nos da una descripción vacía de todo elemento valorativo? (...) Me aventuro a insinuar que la ambigüedad es intencionada y que Kuhn quiere explotar por completo las potencialidades propagandísticas que tiene. (Feyerabend, 1970, pp. 198–199)

La respuesta de Kuhn a tales comentarios es taxativa, y muestra que la lectura de Feyerabend de sus puntos de vista era adecuada.

Desde luego, habría que entenderlas de ambas formas a la vez (como descripciones y prescripciones) (...) los científicos se conducen de tal y tal manera, estas maneras de comportarse tienen tales y tales funciones esenciales, en ausencia de otra manera que sirva a funciones similares, los científicos deberían conducirse esencialmente como lo hacen si lo que les interesa es hacer avanzar el conocimiento científico. (Kuhn, 1970b, p. 237)

Incluso dobla la apuesta y señala que la existencia de ciencia normal es el único criterio de demarcación que nos permite distinguir entre ciencia y pseudociencia, puesto que, según afirma, las pseudociencias no tienen una estructura de acumulación de

soluciones de rompecabezas como el característico de la ciencia –curiosamente, comparte las apreciaciones de Popper respecto al carácter pseudocientífico del marxismo y del psicoanálisis (Kuhn, 1970a).

Kuhn fue cambiando su pensamiento en algunos aspectos, pero esta apreciación positiva de la ciencia normal fue una constante en sus ideas. De hecho, en uno de sus últimos escritos, en dónde cuenta las ideas centrales del libro que estaba escribiendo y no llegó a publicar (Kuhn, 1990) –cuya publicación fue anunciada finalmente mientras escribo este artículo (Kuhn, 2022)–, puede encontrarse la versión más fuerte de esta idea. Allí sostiene que el modo en que había presentado las cosas en *La estructura* llevaba a pensar el desarrollo científico como una secuencia de paradigmas. Esto, sin embargo, ocultaba que el progreso científico implica la proliferación de cada vez más subespecialidades. Kuhn invita a pensar, entonces, al progreso científico darwinianamente (ya lo había hecho en *La estructura*, pero ahora con una analogía diferente), como un árbol análogo al darwiniano en el que las especialidades dan lugar a nuevas subespecialidades, que a su vez se dividirán en el futuro. La analogía con el darwinismo es llevada todavía más adelante. Así como para la formación de especies es importante el aislamiento genético, pues sin este las subespecies se mezclarían en los comienzos de su diferenciación, en el caso de las especialidades es necesario un aislamiento que permita que los científicos se concentren en sus tareas sin ninguna distracción que desvíe sus miradas. El aislamiento en el caso de la ciencia no estaría dado por barreras geográficas o genéticas, sino por la divergencia en léxicos, la inconmensurabilidad, que cortarían la comunicación entre especialidades.

Por si queda alguna duda de hacia dónde se dirige su reflexión, Kuhn concluye:

Para cualquiera que valore la unidad del conocimiento, este aspecto de la especialización –divergencia léxica o taxonómica, con las consecuentes limitaciones en la comunicación– es una condición deplorable. Pero tal unidad puede ser en principio una meta inalcanzable, y su enérgica búsqueda podría muy bien poner en peligro el crecimiento del conocimiento. (Kuhn, 1990, p. 98)

Esta discusión respecto a lo que Kuhn pensaba reviste cierto interés que supera lo biográfico, pues, entender la tensión entre la efectividad de la ciencia normal a la hora de resolver rompecabezas y el comportamiento endogámico de los científicos, y el efecto colateral que tiene sobre la enseñanza y comunicación de la ciencia, resulta indispensable para cualquiera que siga pensando que los ideales del empirismo lógico siguen siendo vigentes.

Esta tensión tiene implicancias sobre qué y cómo debe y puede enseñarse a los científicos, y sobre qué y cómo debe y puede enseñarse al ciudadano. Por supuesto, esta cuestión fundamental no puede desarrollarse, y mucho menos resolverse, en un pequeño trabajo. Pero si resulta interesante plantear la pregunta. ¿Esta tensión presentada en los textos de Kuhn es propia de su enfoque o es parte de su ideología personal? Puede ser ilustrativo acerca de la cuestión más general, e importante, de si esa tensión es propia de la actividad científica más eficaz, o se produce por cuestiones ideológicas.

Resulta interesante señalar que las implicancias ideológicas del enfoque de Kuhn no eran desconocidas para el propio Kuhn. Por el contrario, cuando uno lee trabajos realizados por los especialistas que se dedicaron a rastrear el modo en que Kuhn fue construyendo el marco que presentaría en *La estructura*¹, puede entenderse cómo tales ideas no resultaron un corolario de su investigación, sino que se encontraban explícitamente trazadas desde el comienzo. Esto queda claro cuando se contraponen la figura de Kuhn con la de James B. Conant.

Conant consideraba que el debate, y no el acuerdo, era un componente esencial para el progreso de la ciencia. Acordaba con los empiristas lógicos en que conocer cómo la ciencia funcionaba era fundamental y que tal conocimiento debía transmitirse a los intelectuales y al público en general. Pero su posición era fuertemente anticomunista. Pensaba que el conocimiento de la historia de la ciencia volvería pluralistas a los científicos, y eso era un ingrediente indispensable para no convertirlos débiles frente a ideas dogmáticas, adoctrinadoras y totalitarias, que provenían de detrás de la cortina de hierro. Tales ideas implicaban, según su punto de vista, detener el progreso de la ciencia. A su vez, Conant era un personaje influyente. Fue presidente de Harvard por varios años (mientras Kuhn estudiaba). Además, creó durante su presidencia el programa de educación científica general para los estudiantes de Harvard. La participación de Kuhn como profesor en ese programa es lo que lo comenzará a alejar de su actividad como científico, volviéndolo hacia la historia y filosofía de la ciencia. Este programa, justamente, intentaba fortalecer la educación científica y fortalecer el pluralismo y el pensamiento crítico que Conant defendía.

En la preparación de los materiales para este programa, Kuhn se pone a leer a Aristóteles y vive una epifanía de la cual terminará surgiendo su enfoque. Pues en un comienzo Aristóteles parecía un mal físico, haciendo mala física. Pero con el avance de la lectura Kuhn tendría esta suerte de conversión en la que, superando la inconmensurabilidad que los separaba, habría aprendido a ver las cosas como Aristóteles, reconociendo la racionalidad interna de su paradigma.

Durante la Segunda Guerra Mundial, con *Harvard* militarizada, Conant pone en marcha un comité para estudiar "los objetivos de la educación general en una sociedad libre". Se proponía, justamente, determinar el tipo de educación que se debería impartir una vez terminada la guerra. Una vez terminada la guerra aparecieron los resultados de tales investigaciones, en donde se aconsejaba la enseñanza de la historia de la ciencia para iluminar y vitalizar la ciencia para los estudiantes, pero, además, para generar la humildad, el pluralismo y la tolerancia con enfoques alternativos en los estudiantes.

El panorama de la educación en EEUU sufrió un vuelco cuando los rusos lograron poner el Sputnik en órbita en 1957. Para Conant este evento mostraba que debía invertirse más en educación en todos los niveles. Kuhn en cambio, tuvo una lectura diferente del asunto, pues consideró que el éxito ruso en la carrera al espacio implicaba que había algo en lo que la planificación científica había funcionado. En 1961 brinda una charla la que rompe con el consenso liberal y volviéndose contra las ideas de Conant. En la

1 En lo que queda de la sección me basaré en los siguientes textos: Mayoral (2017) y Reisch (2019).

conferencia defiende que existe un rol para el dogmatismo en la investigación científica (Kuhn, 1963). Allí criticaba la idea de científico objetivo y con la mente abierta, defendía que los ejemplares paradigmáticos a través de cuyo estudio el científico se volvía parte de la comunidad científica cultivaban la confianza en el paradigma y el dogmatismo. Tales ejemplares eran excluyentes con los ejemplares de otras áreas o anteriores, y brindaban una imagen de que las soluciones eran definitivas. Explícitamente sostenía, entonces, que el progreso en la ciencia dependía de momentos del dogmatismo, y este dogmatismo era condición de la ocurrencia de las revoluciones.

Esta breve presentación sirve para señalar que la idea de que el científico dogmático es socialmente útil, que Kuhn termina explicitando a partir de los ataques de Popper y Feyerabend, se encontraban en la discusión pública en el contexto de elaboración de *La estructura*. Se presentaba además en disputa no sólo en la discusión filosófica, sino en el nivel de diseño de políticas educativas.

En el presente creo que todos acordarán que la visión de Kuhn al respecto ha terminado siendo la dominante (no digo que Kuhn haya impuesto sus ideas, sino que el conservadurismo de Kuhn nadaba cómodamente con la corriente que terminó imperando). Esta idea se manifiesta en los programas ultraespecializados y carentes de formación histórica y filosófica, pero, además, en las exigencias de nuestras políticas científicas que, sencillamente no dejan tiempo para otra cosa que la producción del área (*papers*, patentes, etc.). Y también se muestra, de modo feroz, en el desprecio que la comunidad científica tiene habitualmente por la reflexión filosófica, por la historia de la ciencia, por la enseñanza y comunicación de la ciencia.

Me es imposible no realizar la siguiente observación, que creo que debe ser (o debería ser) obvia. Creo que puede aceptarse fácilmente que parte del éxito de la ciencia actual consiste en la ultraespecialización. Pero no sé bien cómo se podrían establecer escenarios que permitieran mostrar, más allá de las preferencias ideológicas, que una comunidad dogmática y endogámica (que carece de conocimientos de filosofía e historia de la ciencia, de otras áreas de la ciencia, y que desprecia lo que hacen sus vecinos de departamentos contiguos) es más exitosa a la hora de resolver los rompecabezas que una que no lo sea. Pero incluso si este fuera el caso, si el dogmatismo incrementara la capacidad de resolución de rompecabezas, resulta importante explicitar que ésta sería sólo una de las variables por las cuales puede medirse el éxito de la ciencia en un momento dado. Es una variable importante, tal vez la más importante, pero no es la única. El impacto que la ciencia tiene sobre la sociedad no debería reducirse a sus aplicaciones tecnológicas. El olvido de la formación integral del ciudadano (que incluye a los científicos), entre las variables en cuestión, muestra que en esas discusiones de comienzos del siglo XX hubo políticas que imperaron sobre otras. No es un estado natural de cosas y, definitivamente, no es deseable. Sostiene la capacidad de la ciencia de generar productos para el mercado volviéndola estéril en uno de sus objetivos primordiales: el incremento de la capacidad de todos los que formamos parte de la sociedad de entender nuestra posición en el mundo y tomar decisiones razonadas a futuro que nos convengan individual y colectivamente.

Dejemos de lado, entonces, los rastros ideológicos de la defensa del dogmatismo kuhniano, y no la confundamos con la defensa, que sí resulta razonable, del trabajo especializado. Es posible que los científicos, dogmáticos o no, trabajen en cuestiones específicas en el marco de un programa de ciencia normal. Y si bien podría existir algún vínculo entre la especialización y el dogmatismo, y es razonable pensar que existe, eso no implica que no podamos trabajar para contrarrestarlo.

El tema que me gustaría tratar ahora es si las ideas kuhnianas, independientemente de sus concepciones ideológicas, podrían ser relevantes para la enseñanza y la comunicación de la ciencia. Si somos iluministas y preferimos científicos con consciencia de sí, ¿hay algo que podamos aprender del enfoque kuhniano?

4- ¿Tiene algo que aportar el enfoque kuhniano a la enseñanza de la ciencia?

La reconstrucción de los vínculos que alguna vez unieron a la filosofía de la ciencia con la enseñanza de la ciencia implica un trabajo desde ambas disciplinas. De hecho, el trabajo ya está siendo realizado desde ambas disciplinas por especialistas que cual constructores de un túnel, excavan y construyen con la esperanza de encontrarse en un punto medio. Desde mi lado, el de la filosofía de la ciencia, tal vez estemos más rezagados. Pero queda claro que no basta con la afirmación de que lo que hacemos desde la filosofía de la ciencia es relevante. De hecho, casi ningún trabajo de los que realizamos en filosofía de la ciencia tiene una aplicación directa a ningún área por fuera de ella misma. Volver la filosofía de la ciencia relevante para el científico, el didacta o el comunicador requiere de un trabajo de elaboración. Es necesario en consecuencia, separar lo que hacemos en la cocina, en nuestras revistas especializadas, grupos de investigación y congresos, de los productos que servimos en la mesa de esas otras áreas.

Quisiera centrarme en tres puntos diferentes en los que el trabajo kuhniano puede ser relevante. No los desarrollaré, sino que los presentaré brevemente. El primero, se relaciona con el impacto que el trabajo kuhniano ha tenido sobre la concepción misma de la enseñanza científica. El segundo, con como algunas ideas kuhnianas permiten llevar adelante más adecuadamente el ideal del empirismo lógico de la filosofía de la ciencia como elucidando y mejorando el lenguaje de los científicos. Finalmente, el modo en el cual la apelación a la historia de la ciencia en el aula puede ayudar a resolver problemáticas particulares.

a) Enseñando paradigmas

Si uno piensa que las teorías son creencias o enunciados, entonces, es razonable pensar que uno puede transmitirlos de manera sencilla. Pero si Kuhn tiene razón, y creo que nadie negaría que en cierta medida la tiene, enseñar un paradigma se asemeja más a enseñar una lengua que a transmitir datos. Esto tiene dos implicancias fundamentales. Por una parte, la adquisición de una lengua requiere práctica, y efectivamente, existe un límite para la cantidad de lenguas que uno puede aprender. Al menos, en un curso anual o cuatrimestral. En humanidades, ciencias sociales y filosofía, por la proliferación teórica propia de tales áreas, suele ser bastante común que existan materias enciclopédicas,

en donde se repasan posiciones de varios autores. El conocimiento que se adquiere en materias como esas es biográfico y superficial, pero de ningún modo puede esperarse que se esté aprendiendo al nivel de volverse parte de alguno de los paradigmas brindados. Por supuesto, puede ser que materias enciclopédicas tengan un rol en la educación, sobre todo en los primeros años de formación, pero debe quedar en claro la diferencia entre este tipo de materias y aquellas en la formación más profunda en la que uno termina volviéndose parte de una comunidad científica bajo un paradigma. Lo mismo puede decirse a nivel de comunicación de la ciencia. Si comunicar ciencia se relaciona con el ideal de enseñar a pensar científicamente, entonces, la comunicación no debería reducirse a comunicar datos, que por su propia constitución son efímeros y no van al punto. En ambos casos las ideas kuhnianas nos enfrentan al problema de qué enseñar o comunicar.

La segunda implicación fundamental del marco kuhniano, relacionada con la primera, es que debe partirse del hecho de que entre alumnos/as y docentes existe inconmensurabilidad en diferentes aspectos, semejante (en algún sentido) a la que existe entre científicos de paradigmas sucesivos. Esto implica que, como en el caso de la enseñanza de una lengua, al comienzo existen obstáculos en la comunicación, tal como los descritos por Kuhn. Además, implica que las y los alumnos deben vivir en una clase exitosa una suerte de revolución que implica una reconfiguración conceptual. A veces se ha exagerado el punto y se presentó al estudiantado como casos de paradigmas previos, como si nacieran aristotélicos o geocentristas, y tuvieran que recapitular en su educación toda la historia de la ciencia. Esta visión no parece tener mucho sustento si se la toma en su sentido más exagerado, pero creo que es indiscutible que las y los estudiantes no sólo carecen de la concepción que se les está enseñando, sino que tienen una propia que debe ser modificada (sea esta o no analogable en algunos casos a posiciones de científicos del pasado). La relevancia del enfoque kuhniano para la enseñanza, por supuesto, no es un aporte de este trabajo. Fue largamente discutida en la didáctica de la ciencia, pues este enfoque influyó sobre la teoría del cambio conceptual, de amplia influencia en la didáctica (Carretero, Schnotz y Vosniadou, 2006; González Galli y Meinardi, 2011; Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982). Además, Kuhn basa su propia perspectiva en teorías sobre el aprendizaje, por lo cual, desde su comienzo ambas discusiones, la del cambio en la historia de la ciencia y las del cambio en el aprendizaje, se encuentran inextricablemente relacionadas (Kuhn, 1964).

Sólo me interesa señalar que el estudio de cómo es que la revolución científica ocurre, y qué cambia y qué no en una revolución puede resultar (y ha resultado) relevante para plantear estrategias didácticas. Incluso si no hubiera una teoría omniabarcativa que permita explicar el cambio científico en su totalidad, el estudio específico de cómo ocurrieron revoluciones específicas podría ser relevante para entender problemáticas didácticas específicas (volveremos en la sección 4.c, sobre esto con un ejemplo particular).

A veces se ha criticado a los autores que se inspiraron en Kuhn para pensar la didáctica en diferentes sentidos. Las críticas son de diferente tenor, se ha sostenido que se trata de una versión demasiado racional del cambio sufrido en el aula, se ha criticado la analogía de los estudiantes con científicos del pasado, se ha sostenido que la idea de

reemplazo absoluto de las preconcepciones de los estudiantes es inadecuada. Me interesa detenerme en este último punto, pues resulta interesante señalar que en las revoluciones científicas de hecho no se revisan todos los componentes de un paradigma. Si este fuera el caso, sería difícil imaginar cómo es que una revolución ocurre. La ausencia de bases objetivas y neutras a lo largo de la historia de la ciencia no implica que en revoluciones específicas no haya bases comunes. Como en La estructura Kuhn se enfocó más que nada en las diferencias entre paradigmas, algunos lo leyeron como considerando que el cambio revolucionario era radical. Independientemente de que esta sea una lectura justa de las ideas de Kuhn, muchos (incluyendo al mismo Kuhn en textos posteriores) han matizado esa exageración. Conant mismo, en una carta personal, se quejó específicamente del tratamiento poco matizado de las revoluciones.

Si te leo correctamente, enfatizas el hecho de que en cada disciplina de las ciencias físicas y biológicas (...) hay una etapa "inmadura", "prenatal" o "adolescente". La emergencia de un área desde esa etapa es la aceptación general entre investigadores de a) un marco teórico, b) ciertas premisas inexpresadas y c) muchas reglas de experimentación correcta no formuladas (...). Deberías tratar estos ítems de manera separada, y fijarte cómo cambian en una revolución. (Reisch, 2019, p. 281)

Lo cual Reisch resume en con la expresión "Unpak de paradigm" (Reisch, 2019, p. 291). Muchos autores han trabajado (incluyendo al mismo Kuhn) sobre una mejora de la comprensión de qué cambia y cómo en las revoluciones científicas. Por ejemplo, Larry Laudan propone un modelo jerarquizado en donde nunca se revisan todos los componentes de un paradigma, y los no revisados sirven de base común para que el cambio produzca (Laudan, 1984). Incluso en casos de revoluciones radicales, como la darwiniana, puede mostrarse muchos de los componentes previos que se mantuvieron. Por ejemplo, muchas teorías subyacentes desde las cuales se categorizan los fenómenos a explicar (Blanco, Roffé y Ginnobili, 2020; Díez, 2012; Ginnobili, 2014; Lorenzano, 2012). La idea de que teorías subyacentes puedan servir de base común en el aula ha sido explorada en la didáctica de la ciencia (Ariza, Lorenzano y Adúriz-Bravo, 2016a,b; 2020).

Otra vez, no hay teorías omniabarcativas ni finales en ninguna de las áreas, pero la colaboración del trabajo de didactas, filósofos e historiadores de la ciencia pueden surgir (y han surgido) ideas específicas para el tratamiento de problemas específicos de la didáctica.

b) La relevancia de la elucidación conceptual para la enseñanza

Cómo decía antes, y más allá de cómo el mismo Kuhn percibiera la situación, a veces se ha exagerado la incompatibilidad de las ideas de Kuhn con las de algunos autores previos, por ejemplo, con los del empirismo lógico. En particular, resulta interesante señalar que existe mucho trabajo en la filosofía de la ciencia especial en donde se aúnan los ideales reconstructivos del empirismo lógico con la versión más cercana a lo que de hecho hacen los científicos y a cómo la ciencia cambia proporcionada por Kuhn. Así se ha defendido que los enfoques postkuhnianos (por ejemplo, las metateorías semanticistas) pueden ser relevantes para brindar versiones más adecuadas de la naturaleza de la ciencia presupuesta en el aula y las formas de comprender la actividad científica escolar (Adúriz-

Bravo, 2013; Ariza et al., 2016). Por otro lado, y de manera más específica, las elucidaciones conceptuales y reconstrucciones de teorías en las diversas filosofías especiales de la ciencia pueden resultar relevantes para explicitar lo que busca enseñarse (Ariza et al., 2020). Podrían brindarse muchos ejemplos, pero presentaré uno basado en mi propio trabajo de reconstrucción y elucidación de los conceptos fundamentales y las leyes de la teoría de la selección natural darwiniana que resulta relevante para mejorar la presentación de manuales de biología evolutiva (Ginnobili, 2010, 2016; Roffé y Ginnobili, 2018). Por ejemplo, en los manuales de biología evolutiva de nivel universitario suele presentarse a la selección natural históricamente a través de las ideas de Darwin, para luego sostener o implicar que a partir de los trabajos en el marco de la síntesis evolutiva la selección natural se habría vuelto sólo un factor en la genética de poblaciones. Lo cual es afirmado explícitamente en varios trabajos de filosofía de la biología (Ariew y Lewontin, 2004). Esta idea no es metateóricamente adecuada y puede ofrecer, y de hecho ha ofrecido, algunas confusiones respecto al rol de los estudios de las causas ecológicas de las diferencias en el éxito reproductivo. Elucidar las relaciones entre la teoría de la selección natural y la genética de poblaciones podría permitir mejorar la escritura y, específicamente, los presupuestos metateóricos de esos manuales respecto a en qué consiste la práctica del biólogo evolutivo. Por ejemplo, a veces, parece sugerirse la idea de que el biólogo evolutivo sólo establece correlaciones probabilísticas entre rasgos (o alelos) y éxito reproductivo, olvidando el conocimiento ecológico implicado (Ginnobili, 2015, 2018; Roffé & Ginnobili, 2018).

c) La historia de la ciencia en la enseñanza

Finalmente, otro sentido en el que el trabajo kuhniano puede ser relevante en la enseñanza en los diferentes niveles tiene que ver con el rol que puede tener el tratamiento de casos históricos en el aula. En el abordaje de las ideas que el lego o la alumna o el alumno tienen respecto al área que se intenta enseñar resulta relevante explicitar dichos conocimientos. Y si bien la idea de que el conocimiento del estudiantado coincida necesariamente con el conocimiento de científicos de paradigmas previos ha sido fuertemente discutida, puede ocurrir que en algunos casos se consiga establecer analogías por las cuales el tratamiento de las modificaciones que de hecho ocurrieron en la historia de la ciencia resulten un medio adecuado para realizar la explicitación. Por ejemplo, un tema debatido en la didáctica de la biología es cómo lidiar con el pensamiento teleológico de los estudiantes. Algunos han señalado la inadecuación de la idea de que tal pensamiento debe ser eliminado (González Galli y Meinardi, 2011; Kampourakis, 2020). Por supuesto, en la filosofía de la biología la naturaleza del lenguaje teleológico y funcional también ha sido largamente debatida (Wouters, 2005). De hecho, una pregunta interesante que nos debemos realizar aquellos que pensamos que la filosofía de la ciencia puede proporcionar herramientas útiles para científicos, didactas y comunicadores de la ciencia es: ¿En qué sentido podemos colaborar con otras áreas si en la filosofía de la ciencia no existe acuerdo respecto a casi ningún tema?

Más allá de que la naturaleza del lenguaje teleológico y funcional sea debatida en la filosofía, existe sin embargo un punto interesante para señalar, sobre el cual podríamos

lograr un acuerdo. La característica principal del pensamiento teleológico del lego es que es promiscuo (Ginnobili, González Galli y Ariza, 2021). Pues atribuye funciones que desde el punto de vista del biólogo serían inadecuadas, por ejemplo, “los gusanos sirven para airear la tierra” o “los frutos sirven para alimentar a los animales”. Lo interesante es que los naturalistas predarwinianos hacían exactamente lo mismo. Esta biología funcional previa fue revisada explícitamente por Darwin porque esa forma predarwiniana de atribución funcional en la que los rasgos de organismos vivos tienen la función de mantener la economía natural no podría ser explicada por la selección natural, que sólo favorece la posesión de rasgos que mejoran el éxito reproductivo del organismo que lo porta (o en todo, caso, si se acepta la selección de grupo, como el mismo Darwin lo hacía) del grupo de pertenencia (Caponi, 2011; Ginnobili, 2014). Entonces, el tratamiento explícito del caso histórico podría servir para que el alumnado explicita y corrija las atribuciones funcionales inadecuadas (Ginnobili et al., 2021).

En consecuencia, el tratamiento de casos históricos reales y sofisticados, que superan las características de la historia oficial tal como la caracteriza Kuhn, pueden ser relevante para el tratamiento de problemas específicos brindando, además, una concepción más adecuada de la naturaleza de la ciencia.

Conclusiones

Cómo veíamos, Kuhn consideraba que el dogmatismo del científico normal es una variable importante para el progreso científico. A aquellos que trabajamos en el marco kuhniano, pero simpatizamos con el proyecto iluminista del empirismo lógico, se nos impone la siguiente pregunta. ¿Es posible ser kuhniano e iluminista? La pregunta implícitamente refiere a la tensión que, cómo veíamos, forma parte del propio contexto de escritura de *La estructura* y de la ideología conservadora de Kuhn. Pero también a la tensión existente entre la minuciosidad de la ciencia contemporánea y los problemas de comunicación que tal ultraespecialización trae. Mi respuesta, que intenta elevarse sobre las alternativas planteadas, es que si se es iluminista no sólo se puede ser kuhniano, sino que se debe serlo. Pues, si no se consideran las dificultades reales a la hora de enseñar y comunicar la ciencia, nuestra posición iluminista resultará ineficaz. Porque la inconmensurabilidad no puede ser contrarrestada con la elaboración de posiciones filosóficas que la niegan. Más bien, debemos estudiarla de modo que podamos elaborar estrategias adecuadas para su tratamiento. Esa es la razón por la que la filosofía y la historia de la ciencia pueden colaborar con la didáctica.

Cómo ocurrió en la ciencia, en filosofía de la ciencia los grandes enfoques que pretendían subsumir todos los aspectos cognitivos de la ciencia fueron reemplazados con el tiempo con enfoques parciales, que iluminan diferentes aspectos. Si nos concentramos en qué tipo de tareas realizadas por los filósofos de la ciencia pueden resultar relevantes para la enseñanza la ciencia, no es necesario dar una respuesta omniabarcadora. Las herramientas reconstructivas y elucidatorias (inspiradas en los objetivos del Círculo de Viena) pueden ser relevantes en algunos casos, la apelación a casos históricos a la manera de Conant también puede serlo en otros. Además, el modo en el que la ciencia cambia y

el modo en que la ciencia se aprende, están interrelacionadas fructíferamente tanto en la didáctica como en la filosofía e historia de la ciencia, y no hay razones para pensar que en el futuro tales relaciones no continúen siendo fructíferas.

Finalmente, respecto a la tensión entre profesionalización, especialización y la formación de los científicos, debo confesar que no creo que nadie seriamente tema que el mejoramiento de la educación de los científicos pueda llevar a frenar el progreso de la ciencia. Seriamente considero que la preocupación debe ser otra, y conectada con cuestiones ideológicas en algunos casos, de falsa ideología en otros. Efectivamente, puede ocurrir que la educación integral retrase las carreras de nuestros científicos y los vuelva menos competitivos para el cumplimiento de las reglas que nosotros mismos inventamos en nuestros sistemas de evaluación. Pero el problema ahí no es el progreso de la ciencia y cómo medirlo, sino, sencillamente, cómo mejorar nuestros sistemas de evaluación para que dejen de basarse en versiones parciales y sesgadas de los objetivos primordiales de la ciencia.

Agradecimientos

Agradezco los comentarios a versiones previas de este trabajo de Leonardo González Galli.

Financiamiento

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de investigación projects PUNQ 1401/15 (Universidad Nacional de Quilmes, Argentina), UNTREF 32/19 80120190100217TF (Universidad Nacional Tres de Febrero, Argentina), PICT-2018-3454 y PICT-2020-SERIEA-01653 (ANPCyT, Argentina), y UBACyT 20020190200360BA (Universidad de Buenos Aires, Argentina).

Referencias bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A. (2013). A 'Semantic' View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, 22(7), 1593–1611. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9431-7>
- Ariew, A. y Lewontin, R. C. (2004). The Confusions of Fitness. *British Journal for the Philosophy of Science*, 55, 347–363.
- Ariza, Y., Lorenzano, P. y Adúriz-Bravo, A. (2016a). La noción estructuralista de "comparabilidad empírica" y la enseñanza modelo-teórica de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 12(1), 11–38.
- Ariza, Y., Lorenzano, P. y Adúriz-Bravo, A. (2016b). Meta-Theoretical Contributions to the Constitution of a Model-Based Didactics of Science. *Science & Education*, 25(7), 747–773. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9845-3>
- Ariza, Y., Lorenzano, P. y Adúriz-Bravo, A. (2020). Bases modeloteóricas para la ciencia escolar: la noción de "comparabilidad empírica". *Estudios Pedagógicos*, 46(2), 447–469. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052020000200447>

- Blanco, D., Roffé, A.J. y Ginnobili, S. (2020). The key role of underlying theories for scientific explanations. A darwinian case study. *Principia: An International Journal of Epistemology*, 24(3), 617–632.
- Caponi, G. (2011). *La segunda agenda darwiniana. Contribución preliminar a una historia del programa adaptacionista*. Centro de estudios filosóficos, políticos y sociales Vicente Lombardo Toledano.
- Carretero, M., Schnotz, W. y Vosniadou, S. (2006). *Cambio conceptual y educación*. Buenos Aires: Aique.
- Díez, J.A. (2012). Incommensurabilidad, comparabilidad empírica y escenas observacionales. En P. Lorenzano (Ed.), *El camino desde Kuhn. La incommensurabilidad hoy*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Feyerabend, P. (1970). Consolations for the Specialist. En I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge University Press. [Traducción castellana: La crítica y el desarrollo del conocimiento. Grijalbo.]
- Gentile, N. (2013). *La tesis de la incommensurabilidad*. Eudeba.
- Ginnobili, S. (2010). La teoría de la selección natural darwiniana. *Theoria*, 25(1), 37–58.
- Ginnobili, S. (2014). La incommensurabilidad empírica entre la teoría de la selección natural darwiniana y el diseño inteligente de la teología natural. *Theoria*, 29(3), 375–394. <https://doi.org/10.1387/theoria.9943>
- Ginnobili, S. (2015). El papel de la filosofía de la ciencia en la comunicación y la enseñanza de la ciencia – El caso de la teoría de la selección natural. *100-Cs*, 1(1), 20–35.
- Ginnobili, S. (2016). Missing concepts in natural selection theory reconstructions. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 38(3). <https://doi.org/10.1007/s40656-016-0109-y>
- Ginnobili, S. (2018). *La teoría de la selección natural. Una exploración metacientífica*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes.
- Ginnobili, S., González Galli, L. y Ariza, Y. (2021). Do What Darwin Did How to Deal with Teleological Misconceptions in the Classroom. *Science & Education*, 31, 597-617. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00186-8>
- González Galli, L. y Meinardi, E.N. (2011). The Role of Teleological Thinking in Learning the Darwinian Model of Evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 4, 145–152.
- Hahn, H., Neurath, O. y Carnap, R. (1929). *Wissenschaftliche Weltauffassung: Der Wiener Kreis*. Artur Wolf Verlag. [Traducción castellana: La concepción científica del mundo: el Círculo de Viena. *Redes – Revista de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología*, 9(18), 103-150].
- Kampourakis, K. (2020). Students' "teleological misconceptions" in evolution education: why the underlying design stance, not teleology per se, is the problem. *Evolution: Education and Outreach*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12052-019-0116-z>
- Kuhn, T.S. (1963). The Function of Dogma in Scientific Research. In A. C. Crombie (Ed.), *Scientific Change*. Basic Books.
- Kuhn, T.S. (1964). A Function for Thought Experiments. In *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. University of Chicago Press. [Traducción castellana: La tensión esencial. Fondo de Cultura Económica]
- Kuhn, T.S. (1970a). Logic of Discovery or Psychology of Research. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge University Press.

- [Traducción castellana: La crítica y el desarrollo del conocimiento. Grijalbo.]
- Kuhn, T.S. (1970b). Reflections on my Critics. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge University Press. [Traducción castellana: La crítica y el desarrollo del conocimiento. Grijalbo.]
- Kuhn, T.S. (1970c). *The Structure of Scientific Revolutions* (2nd ed.). University of Chicago Press. [Traducción castellana: La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica]
- Kuhn, T.S. (1990). *The Road Since Structure*. PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, 2, 2–13. [Traducción castellana en: Kuhn, T. S. El camino desde la estructura. Paidós]
- Kuhn, T.S. (2022). *The Last Writings of Thomas S. Kuhn* (B. Mladenovic, Ed.). The University of Chicago Press.
- Laudan, L. (1984). *Science and Values: The aims of science and their role in scientific debate*. Berkeley: University of California Press.
- Lorenzano, C. y Lorenzano, P. (1996). En memoria de Thomas S. Kuhn. *Redes*, 7(3), 217–236.
- Lorenzano, P. (2012). Estructuras y aplicaciones intencionales: Inconmensurabilidad teórica y comparabilidad empírica en la historia de la genética clásica. En P. Lorenzano (Ed.), *El camino desde Kuhn. La inconmensurabilidad hoy*. Biblioteca nueva.
- Mayoral, J.V. (2017). *La búsqueda de la estructura*. Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Popper, K.R. (1970). Normal Science and its Dangers. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge University Press. [Traducción castellana: La crítica y el desarrollo del conocimiento. Grijalbo.]
- Posner, G. J., Strike, K.A., Hewson, P.W. y Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Reisch, G.A. (1991). Did Kuhn Kill Logical Empiricism? *Philosophy of Science*, 58(2), 264–277.
- Reisch, G.A. (2005). *How the Cold War transformed Philosophy of Science*. To the Icy Slopes of Logic. University of Cambridge. [Traducción castellana: Cómo la guerra fría transformó a la filosofía de la ciencia. UNQ]
- Reisch, G.A. (2019). *The politics of paradigms*. Sunny Press.
- Roffé, A.J. y Ginnobili, S. (2018). ¿Son los genetistas de poblaciones inductivistas estrechos? *Scientiae Studia*, 15(2), 263–281. <https://doi.org/10.11606/51678-31662017000200004>
- Wouters, A.G. (2005). The Function Debate in Philosophy. *Acta Biotheoretica*, 53(2), 123–151.