

# Agustín Adúriz-Bravo

## UNA INTRODUCCIÓN A LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

### LA EPISTEMOLOGÍA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

#### Introducción

Este libro se propone acercar dos campos a menudo alejados en la educación secundaria: las *ciencias naturales* y la *epistemología*. En la enseñanza de las ciencias naturales como área, o de cada una de las disciplinas que la conforman, la mirada epistemológica suele aparecer únicamente al comienzo de la programación anual, en la clásica unidad sobre el *método científico*, que luego no es recuperada a lo largo del curso. Por otra parte, la epistemología, cuando participa como contenido formal del currículo, lo hace dentro del área de humanidades, en la asignatura de filosofía, y queda en general reducida a una presentación *histórica* de autores cuyas ideas no se vinculan significativamente con contenidos científicos específicos, más allá de algunos ejemplos paradigmáticos tomados de la física clásica.

Habida cuenta de esta desvinculación inicial, este libro está dirigido principalmente a los profesores de ciencias naturales de secundaria que deseen incorporar una mirada *metacientífica*, “de segundo orden”, a sus asignaturas y no dispongan de materiales adecuados para encarar esa tarea. Puede ser usado también por los profesores de ciencias naturales de todos los demás niveles educativos, desde el inicial al universitario, con las debidas adaptaciones.

También puede resultar útil para los profesores de filosofía de secundaria que quieran conectar el capítulo de epistemología del programa con contenidos de ciencias históricas y actuales. Por último, el libro contiene materiales que quizás contribuyan de alguna manera a un *trabajo integrado* entre las ciencias naturales y la epistemología, por un lado, y la matemática, la lengua, las ciencias sociales y el arte, por el otro, puesto que en él se “reconstruyen” episodios de la historia de la ciencia y se examina el discurso científico. Este libro no pretende ser un curso de epistemología, dado que de éstos hay muchos y muy buenos,

sino un conjunto de actividades de aula para pensar *sobre* las ciencias naturales con el auxilio de las herramientas conceptuales de la llamada *naturaleza de la ciencia*, que es una pujante área de investigación didáctica.

En el capítulo 1 se define esta naturaleza de la ciencia y se presentan las tres grandes perspectivas de análisis metacientífico que serán objeto de los capítulos 2, 3 y 4. Estos capítulos están constituidos por doce actividades didácticas diseñadas para enseñar algunos contenidos de la naturaleza de la ciencia que promueven una mirada sugerente sobre las ciencias naturales.

Todas las actividades de este libro son creaciones del autor, producto de diez años de investigación y docencia en el campo de la *formación epistemológica inicial y continuada del profesorado de ciencias naturales*. Sin embargo, las actividades en su forma final deben muchísimo a la generosa colaboración de gran cantidad de personas: mis profesores, colegas y estudiantes. Entre todos ellos, quisiera agradecer especialmente a Mercè Izquierdo Aymerich, Michael Matthews, Andrea Revel Chion, Rosana Valli, Marta Libedinsky, Elsa Meinardi, Leonardo González Galli, Ana Couló, Lydia Galagovsky, Leonor Bonan, Horacio Tignanelli, Luis Baraldo y Claudia Giribet por sus aportes.



## **1. La naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias naturales**

En los últimos treinta años, los profesores de ciencias naturales (física, química, biología, geología, astronomía...) hemos asistido a una verdadera “revolución” en la enseñanza de nuestras asignaturas. Bajo el rótulo de *didáctica de las ciencias*, gran cantidad de investigadores e innovadores en todo el mundo vienen produciendo y difundiendo ideas, propuestas y materiales que pueden transformar profundamente la forma en que enseñamos las ciencias naturales en los diferentes niveles educativos, especialmente en el nivel secundario. La mejora de la enseñanza de las ciencias discurre hoy en día por diferentes carriles: las prácticas de laboratorio, la resolución de problemas, el lenguaje

científico, las nuevas tecnologías y el trabajo con las tan mentadas *ideas previas* son algunas de las líneas de trabajo más conocidas.

Dentro de este panorama de renovación, existe también una línea pujante que trabaja con la intención de incorporar las llamadas *metaciencias* a la enseñanza de las ciencias naturales. El término “metaciencia”, construido con el prefijo griego *metà* (con el significado de “más allá”) refiere a todas las disciplinas que tienen como objeto de estudio la ciencia; por ejemplo: la epistemología, la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia. Estas disciplinas estudian las ciencias naturales desde diferentes perspectivas teóricas, que atienden, entre otras muchas cosas, a cómo son el conocimiento y la actividad científicas, cómo cambia la ciencia a lo largo del tiempo, quiénes han sido los científicos más relevantes de la historia, qué valores sostiene la comunidad científica, cómo se relaciona la ciencia con las demás disciplinas (tecnologías, humanidades, artes) y con las formas no disciplinares de entender el mundo (tales como la religión y el mito).

El interés de la didáctica por las metaciencias proviene del reconocimiento de que ellas pueden contribuir de muy diversas maneras a la enseñanza de las ciencias naturales, pues:

1. proporcionan una reflexión teórica potente sobre qué es el conocimiento científico y cómo se elabora, que permite entender mejor las ciencias, sus alcances y sus límites;
2. se constituyen en una producción intelectual valiosa, que debería formar parte de la cultura integral de los ciudadanos;
3. proveen herramientas de pensamiento y de discurso rigurosas, como la lógica formal;
4. ayudan a superar *obstáculos* en el aprendizaje de los contenidos, métodos y valores científicos;
5. generan ideas, materiales, recursos, enfoques y textos para diseñar la enseñanza de las ciencias; y
6. facilitan la estructuración de los currículos del área de ciencias naturales al permitir identificar los modelos más fundamentales de cada disciplina.

Las investigaciones e innovaciones para incorporar las metaciencias a la enseñanza de las ciencias naturales han generado un área de trabajo por derecho propio dentro de la didáctica de las ciencias, que lleva el nombre de su objeto de reflexión, la *naturaleza de la ciencia*.

Este libro constituye una introducción a esa área de investigación e innovación didácticas desde el punto de vista de sus aportaciones *prácticas* para la mejora de la enseñanza de las ciencias naturales en todos los niveles educativos, especialmente en el nivel secundario, donde las ciencias tienen un espacio curricular privilegiado y están dirigidas a *todos* los estudiantes.

## ¿Qué es la naturaleza de la ciencia?

En la didáctica de las ciencias hablamos de “naturaleza de la ciencia” para referirnos a un *conjunto de ideas metacientíficas con valor para la enseñanza de las ciencias naturales*. La vaguedad de esta definición es conveniente por varios motivos. Primeramente, porque no separa muy estrictamente entre las diferentes metaciencias de las cuales este campo se nutre (epistemología, historia de la ciencia y sociología de la ciencia), y de este modo evita los conflictos que actualmente existen en la demarcación de los límites entre esas disciplinas académicas. En segundo lugar, porque habla de ideas metacientíficas sin especificar las escuelas teóricas de las cuales ellas provienen, permitiendo mayor flexibilidad y pragmatismo al elegir los contenidos a enseñar. Y en tercer lugar, porque evoca una selección cuidadosamente planificada, que rescata sólo aquellos elementos que tienen una incidencia positiva en la enseñanza de las ciencias naturales. Por ello, podemos decir que la naturaleza de la ciencia es un genuino intento de acercar las metaciencias a quienes no serán especialistas y de infundir una perspectiva metacientífica en el currículo de ciencias naturales.

Desde nuestro punto de vista, la contribución principal a la naturaleza de la ciencia debería provenir de la epistemología, en tanto reflexión teórica por excelencia sobre la ciencia. En el extenso contacto que tienen con las ciencias naturales quienes no serán especialistas, a lo largo de trece años de escolaridad, resulta interesante generar una imagen crítica sobre el funcionamiento de la ciencia actual, que valore sus alcances y limitaciones. Creemos que tal imagen se construye, fundamentalmente, mediante ideas epistemológicas.

La historia de la ciencia provee lo que llamamos una “ambientación” para esas ideas epistemológicas. La epistemología necesita aplicarse a contenidos científicos, y la historia de la ciencia es una fuente inagotable de episodios paradigmáticos de creación de contenidos con variados niveles de complejidad. Por último, la sociología de la ciencia contribuye con una lúcida llamada de atención contra el dogmatismo y el *cientificismo* de las visiones tradicionales acerca de la ciencia.

Las aportaciones de esta epistemología “auxiliada” por la historia y la sociología de la ciencia a nuestra tarea de enseñar ciencias naturales pueden organizarse en tres grandes campos temáticos o perspectivas de análisis. Llamamos a estos campos “ejes” de la naturaleza de la ciencia; ellos corresponden a grandes rasgos a las tres preguntas fundamentales que podemos hacernos sobre la ciencia:

1. El eje epistemológico apunta a determinar qué es la ciencia y cómo se elabora.

2. El eje histórico intenta responder a la pregunta de cómo cambia la ciencia en el tiempo.
3. El eje sociológico quiere caracterizar la cuestión de cómo se relaciona la ciencia con la sociedad y la cultura.

## ¿Qué naturaleza de la ciencia se presenta en este libro?

La cuestión de qué naturaleza de la ciencia es la más apropiada para el currículo de ciencias naturales en cada nivel educativo aún no está saldada. A diferencia de la discusión acerca de los contenidos científicos a enseñar, que ha admitido aproximaciones consensuadas en cada reforma educativa, todavía no hay acuerdo unánime acerca de los “contenidos mínimos” de naturaleza de la ciencia que deberían formar parte de la alfabetización científica de todos los ciudadanos. Sin embargo, existen algunas convicciones acerca de qué imagen de ciencia es la más valiosa para la escuela, y esto incluye, por ejemplo, la identificación de algunos *mitos* acerca de la ciencia que se quiere erradicar durante la educación formal.

Pero, aparte de estas líneas generales, hay muy poco más hecho. Por tanto, toda propuesta de introducción de la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales en secundaria exige la toma de decisiones guiadas por opciones de valor. Nuestra postura al respecto ha sido rescatar, de los últimos cien años, algunas ideas epistemológicas que se distinguen por su potencia para pensar la ciencia. Las ideas, aunque provienen de un amplio abanico de escuelas y autores, sintonizan con una imagen de ciencia que está actualmente vigente, y que podríamos llamar *moderadamente realista y racionalista*.

En primer lugar, la imagen de ciencia que defendemos en este libro es *realista*, en el sentido de que da por sentado que las ciencias naturales dicen algo sobre la estructura profunda del mundo. Sin embargo, adherimos a un realismo moderado, en el cual los modelos científicos no son “copias” directas de la realidad, sino más bien analogías parciales, provisionales y perfectibles sobre algunos aspectos del mundo real seleccionados de acuerdo con las finalidades de intervención que se persiguen. En este sentido, se puede establecer una comparación sugerente si pensamos que los modelos son como los mapas. Ningún mapa “captura” la realidad tal cual ella es; tenemos mapas físicos, políticos, meteorológicos, altimétricos... todos y ninguno de ellos *son* el terreno que modelizan. Son más bien aspectos parciales, *re-presentados* y teóricamente mediados, de ese terreno.

En segundo lugar, la imagen de ciencia que trabajamos aquí es *racionalista*, en tanto supone que hay criterios más o menos objetivos y

fiables para evaluar la validez de los modelos científicos. Pero adoptamos un racionalismo moderado, que acepta que estos criterios de validez son inventivos, evolutivos, consensuales. Las ciencias naturales no tienen la “verdad” sobre el mundo real, sino modos potentes y rigurosos de intervenir sobre él con el pensamiento, el discurso y la acción.

El requerimiento de construir una imagen de ciencia con estas dos características nos lleva a seleccionar sólo algunas ideas, escuelas y autores. Esta fuerte selección obedece a nuestro convencimiento de que tal imagen de ciencia ayuda a nuestros estudiantes a generar una postura sobre las ciencias naturales que valore sus impresionantes triunfos intelectuales y materiales, pero que también conozca sus limitaciones y desmitifique el aura de “sacralidad” que suele rodear el conocimiento científico.

### Para aprender más

- Sobre la evolución histórica de la epistemología: H. Palma y E. Wolovelsky (2001), *Imágenes de la racionalidad científica*, Buenos Aires, Eudeba.
- Sobre algunas contribuciones de la epistemología a la enseñanza de las ciencias naturales: G. Boido, E. Flichman, J. Yagüe y colaboradores (1988), *Pensamiento científico*, Buenos Aires, CONICET.

### ¿Cómo se estructura este libro?

Los capítulos 2, 3 y 4 están dedicados a tratar cada uno de los tres ejes de la naturaleza de la ciencia que se enunciaron más arriba: el epistemológico, el histórico y el sociológico. Estos capítulos compilan una serie de actividades didácticas originales que, en última instancia, están pensadas para que usted las utilice en su práctica cotidiana en las aulas de ciencias naturales.

Las actividades tienen una estructura particular, que podríamos llamar “dialógica”: le van proponiendo tareas (en cuadros), que luego se comentan introduciendo conceptos de naturaleza de la ciencia. Las respuestas a las tareas van apareciendo en general en el texto que les sigue, pero la enumeración de las “soluciones correctas” no es de ningún modo exhaustiva.

Las actividades están diseñadas para que usted, en primer lugar, las lleve adelante en un grupo de discusión con sus colegas; en este sentido, notará que son bastante complejas para ser abordadas en forma individual. Las actividades pueden ser llevadas al aula en las asignaturas de ciencias naturales de los diferentes niveles educativos,

*una vez que usted se sienta suficientemente cómodo con los contenidos tratados en ellas.* Naturalmente, todas requieren de una intervención fuerte de su parte para adaptarlas a cada contexto particular (edad, conocimientos previos e intereses de los estudiantes).

Cada actividad se cierra con una sección llamada “Para aprender más”, que presenta algunas lecturas seleccionadas que le permiten complementar los temas tratados. Para estas secciones se han seguido tres criterios: que los textos sean de nivel introductorio, sin suponer conocimientos previos de epistemología; que estén en castellano,<sup>1</sup> y que sean libros, puesto que éstos son de más fácil acceso, para los profesores de ciencias naturales, que las publicaciones periódicas especializadas de la didáctica de las ciencias.

Cada actividad presenta una “idea epistemológica”, es decir, un modo *teórico* de pensar las ciencias naturales. Algunas de estas ideas han estado presentes en la epistemología desde sus inicios (por ejemplo, la creación científica), otras han sido desarrolladas por la investigación colectiva en epistemología y en didáctica, unas pocas son contribuciones del autor de este libro y de su grupo de investigación e innovación. Por último, hay algunas ideas que tienen una “marca registrada”, puesto que se asocian casi exclusivamente al nombre del epistemólogo que las propuso o que las examinó en profundidad. Estas ideas, en su primera aparición en el texto, están en VERSALES, y remiten a un glosario al final del libro (el anexo “Ideas con dueño”), donde se definen concisamente haciendo referencia a los autores que mejor las representan.

## Poniéndonos de acuerdo

Conviene inicialmente exponer qué sentido damos a algunos de los términos técnicos que usamos en este libro, para claridad del lector, ya que ellos poseen muchos significados, según la escuela o autor que se consulte:

*Epistemología*: la metaciencia por excelencia. Es la disciplina *científica* que estudia, entre otras cosas, qué son las ciencias, cómo se elaboran, qué diferencias tienen con otras formas de conocimiento, cuáles son las características del discurso científico, cómo se produce el cambio conceptual en ciencias, qué valores se sustentan en la ciencia de cada momento. También se la llama “filosofía de la ciencia”.

---

<sup>1</sup> Hay dos excepciones: un libro en gallego y otro en inglés, cuyos contenidos no están disponibles aún en castellano con la claridad y profundidad que esos libros proponen.

*Hipótesis*: etimológicamente, es la versión griega de la palabra “suposición”. Punto de partida de la creación científica, surge como respuesta provisoria y conjetural a una pregunta y da lugar a cursos de acción “fructíferos”.

*Ley*: el término se usa en las ciencias por analogía con el derecho. Es la expresión, a menudo matemática, de una regularidad percibida en los fenómenos del mundo natural.

*Método*: etimológicamente, “camino”. Es el conjunto de procedimientos puestos en marcha para llevar adelante la ciencia como actividad. Remite a los espacios de creación, validación, sistematización, comunicación y aceptación del conocimiento científico.

*Modelo*: en el lenguaje natural (en nuestro caso, el castellano), la palabra “modelo” tiene dos sentidos diametralmente opuestos. Se dice que alguien “posa como modelo” para una pintura (en este caso, el modelo es la *realidad*) y también se dice que un autito de juguete es un “modelo a escala” de la versión real (en este otro caso, el modelo es la *representación*). En las ciencias naturales se combinan ambas significaciones, puesto que el modelo científico es una representación abstracta de un fenómeno pero se asemeja a muchos otros fenómenos, para entender los cuales sirve de ejemplo característico.

*Teoría*: etimológicamente, “mirada”. Es un conjunto estructurado de ideas abstractas que permiten explicar los fenómenos del mundo natural por referencia a entidades y procesos en gran medida “inventados”, pero que guardan una relación compleja e interactiva con la realidad.

Hemos encontrado conveniente repasar estos primeros términos porque ellos sirven de fundamento para las reflexiones que se realizan en el libro. En este sentido, este pequeño diccionario es el vocabulario técnico indispensable de la naturaleza de la ciencia.

## Para seguir pensando sobre las relaciones entre la naturaleza de la ciencia y la enseñanza de las ciencias naturales

Cada capítulo se cierra con la sección “Para seguir pensando”, que propone lecturas en las que usted encontrará nuevas miradas, más complejas, sobre las ideas expuestas. Se comentan brevemente los libros recomendados.

–M. P. Jiménez Aleixandre (1996), *Dubidar para aprender*, Vigo, Edicións Xerais (en gallego).



Desarrolla más ampliamente una imagen de ciencia rica, compleja y crítica que la autora considera indispensable para la alfabetización científica de todos y todas. Se proponen actividades para el aula.

–R. Duschl (1997), *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*, Madrid, Narcea.

Este libro recoge propuestas recientes de la epistemología y muestra sus posibles contribuciones a la enseñanza de las ciencias naturales.