

Olivé, León. El bien, el mal y la razón. Facetas de la ciencia y de la tecnología. Capítulo 1. ¿Qué es la ciencia? Editorial Paidós- UNAM. 2000.

¿QUÉ ES LA CIENCIA?

La importancia de la imagen filosófica de la ciencia, como complementaria de la imagen que los científicos tienen de sus actividades, prácticas y resultados; y de la que construye la comunicación profesional de la ciencia, puede apreciarse planteando la elemental pregunta "¿Qué es la ciencia?"

La pregunta admite por lo menos dos interpretaciones. Una sería al estilo del famoso libro de Courant y Robbins, publicado en los años cuarenta, que se titula *¿Qué es la matemática?*, y cuyo subtítulo *-Una exposición elemental de sus ideas y métodos-* indica que la pregunta se entiende de manera tal que la respuesta tiene que ser la exposición, aunque sea elemental, de las ideas fundamentales y de los métodos de la matemática.

Ésta es una interpretación legítima de la pregunta, y la respuesta, así, es todo un libro cuyo contenido incluye la teoría de números, el álgebra, la geometría, la topología y el cálculo. Esto es exactamente lo que pretenden hacer hoy en día los museos de la ciencia: presentar de manera accesible algunas de las ideas y los métodos de las diferentes disciplinas científicas.

Pero Courant y Robbins añadían en la introducción de su libro lo siguiente: "Tanto para entendidos como para profanos no es la filosofía, y sí *únicamente* la experiencia activa en matemáticas, la que puede responder la pregunta '¿Qué es la matemática?' [Courant y Robbins 1962, p. 7; las cursivas son mías]. En esto se equivocaban rotundamente.

Es interesante confrontar esta opinión con el debate que surgió en una mesa redonda celebrada previamente a la creación del Museo de las Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (Universum), mesa en la que tres matemáticos discutieron las preguntas "¿Qué son las matemáticas?" y "¿Constituyen las matemáticas una ciencia?" Aunque los participantes en la mesa tuvieron la delicadeza de no mencionar la famosa definición de Bertrand Russell, que decía de la matemática que es la ciencia en la que no se sabe de qué se habla ni si lo que dice es verdad, la mayor parte de los problemas que surgieron en el debate no versaron sobre los contenidos y los métodos de las matemáticas, sino, por ejemplo, sobre los objetos matemáticos, sobre su naturaleza y tipo de existencia, sobre el problema de si se crean o se descubren, de cómo se conocen, del tipo de conocimiento de que se trata, de si los objetos matemáticos son o no son reales, de si son abstractos o concretos (y qué significan una y otra cosa), de si las proposiciones matemáticas son susceptibles o no de ser verdaderas o falsas, y problemas por el estilo.

El libro de Courant y Robbins, por más que sea una excelente introducción a las ideas y métodos de las matemáticas, tampoco responde uno solo de estos problemas. Pero, después de todo, parece importante darles respuesta para entender qué son las matemáticas. Si es así, entonces hay algo más que decir sobre la ciencia -que sólo exponer sus ideas y métodos- para responder a la pregunta "¿Qué es la ciencia?"

En este segundo sentido, la pregunta "¿Qué es la ciencia?" *no* es una pregunta científica. Esto no significa que los científicos no tengan nada que decir para responderla, ni que pueda responderse manteniendo una ignorancia con respecto a los procedimientos, los contenidos y la historia de la ciencia. Pero sí implica que quienquiera que intente

responderla, científico de formación o no, tiene que *reflexionar* sobre lo que hacen los científicos, sobre cómo lo hacen, sobre los resultados que obtienen y sobre cómo está condicionado todo esto.

En otras palabras, la pregunta "¿Qué es la ciencia?", entendida en el segundo sentido, debe responderse analizando cómo se hace la ciencia, qué es lo que produce, y cómo es posible que se haga lo que se hace y se produzca lo que se produce. En suma, dado que se trata de una pregunta *sobre* la ciencia -de una pregunta *metacientífica*- no se requiere hacer lo mismo que en la ciencia para responderla.

Hay tres disciplinas que se preocupan por analizar esta pregunta metacientífica y los problemas que implica: la historia de la ciencia, la sociología de la ciencia y la filosofía de la ciencia.

Dejaré de lado la discusión de si la sociología de la ciencia es ella misma una ciencia. Mi opinión es que puede hablarse de una sociología de la ciencia en sentido estrecho, la sociología entendida como ciencia empírica -la cual ciertamente es necesaria para entender la ciencia-, pero también existe la sociología de la ciencia en sentido amplio, que no se limita a la sociología como disciplina empírica, sino que analiza la ciencia como un complejo de actividades, prácticas e instituciones sociales, parte de cuyos resultados son conocimientos científicos -muchos de los cuales se plasman en las teorías científicas-, y que tiene también consecuencias que transforman la realidad. La sociología de la ciencia en sentido amplio da cuenta de las condiciones sociales necesarias para que sea posible la investigación científica, y analiza las condiciones para su desarrollo, así como la forma en que la sociedad afecta y condiciona a la ciencia, y cómo ésta tiene consecuencias en la sociedad. Todo esto requiere de un complejo instrumental teórico que combina aspectos que tradicionalmente se han desarrollado en la teoría del conocimiento, como disciplina filosófica, y en las teorías que han tratado de explicar las condiciones de existencia y de desarrollo de las sociedades humanas [véanse Olivé (comp.) 1985 y Olivé 1988].

En resumen, la pregunta que nos ocupa aquí es una pregunta *metacientífica*. Es una pregunta acerca de la ciencia, que se intenta responder desde fuera de la ciencia. Pero para responderla se debe tomar en cuenta muy en serio todo lo que se hace *en* la ciencia y *en aras de* la ciencia.

§ 1. DE QUÉ TIPO DE PREGUNTA SE TRATA

¿Podemos responder qué es la ciencia mediante una simple definición? Si no es así, ¿de qué forma podemos responder a nuestra pregunta? La ciencia -en mi opinión- no puede definirse. Cualquier intento de hacerlo, es decir, de establecer condiciones necesarias y suficientes que algo debe satisfacer para calificar como ciencia, corre el riesgo de abarcar demasiado o de dejar muchas cosas fuera. Éste es el problema que se ha presentado una y otra vez a lo largo de la historia de la filosofía y de la ciencia cuando se ha intentado formular algún *criterio de demarcación* entre lo científico y lo pseudocientífico. Regresaremos sobre esto en el capítulo dos, "La irracionalidad de desconfiar en la ciencia y de confiar demasiado en ella".

Pero lo anterior no significa que no podamos tener una idea clara de qué es la ciencia, ni formas de identificarla con precisión. La cuestión es que eso requiere que se responda una muy larga lista de otras preguntas. Responder qué es la ciencia es responder a todas esas preguntas. Y una vez que se hayan dado respuestas razonables a todas ellas, entonces

podremos pretender que comenzamos a tener una respuesta razonable a la formidable pregunta "¿Qué es la ciencia?"

Si partimos de la idea de que la ciencia y la tecnología existen de hecho, podemos preguntarnos: ¿cómo es posible su existencia? Esto es preguntarnos por las facultades de los seres humanos que les permiten tener conocimiento del mundo natural y social, el cual a la vez les hace posible transformarlo. Es preguntarse también por las condiciones sociales y materiales que han permitido que surjan y se desarrollen la ciencia y la tecnología.

Nuestro punto de partida es que las ciencias constituyen una parte de la realidad social y consisten en un complejo de actividades, de creencias, de saberes, de valores y normas, de costumbres, de instituciones, etc., todo lo cual permite que se produzcan ciertos resultados que suelen plasmarse en las teorías científicas, en modelos, y en otros productos que contienen los llamados conocimientos científicos así como otros saberes que se usan para transformar el mundo.

Para responder la pregunta "¿Qué es la ciencia?" es necesario que todo esto se constituya en un objeto de estudio para alguna o para algunas disciplinas. Es posible comenzar por el problema de cómo de hecho se han constituido, desarrollado y aceptado determinadas concepciones científicas. La sociología y la historia de la ciencia se abocan a responder estos problemas, para lo cual recaban y analizan datos empíricos, y se apoyan en concepciones teóricas acerca de la ciencia que provienen de la filosofía de la ciencia.

Pero hay muchas otras preguntas que deben responderse, por ejemplo: ¿Cuál es la naturaleza de las *teorías científicas*? ¿Qué tipo de entidades son ellas? ¿Cuál es su estructura lógica y cómo se desarrollan? ¿Cómo identificar las teorías? ¿Cómo sabemos cuándo estamos frente a dos teorías diferentes, y no frente a dos distintas versiones de una misma teoría? También la noción de modelo requiere una elucidación cuidadosa y, es más, cabe plantearse el problema de cuál es la diferencia que hay, si es que hay alguna, entre teoría y modelo, y cuál es, en su caso, la relación entre ellos.

Pero todavía podemos plantear muchos problemas más, por ejemplo, dado que las ciencias en muchas ocasiones ofrecen explicaciones acerca de los fenómenos del mundo, cabe preguntarse: ¿Qué es una explicación científica? ¿Cuántos tipos de explicaciones hay? ¿Hay explicaciones genuinamente causales? ¿Cómo son? ¿Qué es una explicación estadística? ¿Por qué son genuinas las explicaciones científicas, sean causales o de otro tipo? ¿Qué podemos entender por nexos causales? ¿Cuál es la relación entre causalidad y determinismo? ¿Qué entender por determinismo? ¿Existe una sola versión de determinismo en la naturaleza y en la sociedad, o puede haber muchas y diferentes concepciones del determinismo? [Véanse Martínez 1998 y Martínez y Olivé (comps.) 1997].

Todavía más, ¿cuál es el papel de la observación y la experimentación en la generación y aceptación del conocimiento científico? ¿Cuál es la relación entre la observación y las teorías científicas? ¿Las observaciones son neutrales con respecto a los conocimientos teóricos que se tengan en las ciencias? Si la observación está impregnada de teoría, es decir, si no es posible hacer observaciones que no dependan de algunas teorías, ¿se puede hablar de hechos brutos, hechos que no están de ninguna manera contaminados por los presupuestos teóricos que se suponen al desarrollar las investigaciones? ¿Qué significa tener evidencia a favor o en contra de alguna hipótesis o de alguna teoría? Lo que es evidencia a favor o en contra, y lo que cuenta como evidencia pertinente, ¿es neutral con respecto al conocimiento teórico que se presuponga, o depende de ese conocimiento, y en su caso de qué manera? A final de cuentas, ¿qué significa observar? ¿Cómo se determina lo que es observar y lo que cuenta como una observación en ciencia? [Véase Olivé y Pérez Ransanz

(comps.) 1989].

En otro orden de problemas, ¿cuál es el resultado neto de las ciencias? ¿Nos ofrecen un conocimiento verdadero acerca de cómo es la realidad? O más bien lo que nos ofrecen son instrumentos para manipular fenómenos del mundo tal y como se nos aparece a los seres humanos, tal y como lo percibimos en función de nuestra constitución biológica, cognitiva y tal vez cultural, pero de lo cual no se sigue que nos ofrezca conocimiento de cómo es la realidad en sí misma. Y si esto es así, ¿le importa a alguien, o le debería importar a alguien? Sobre este tema regresaremos en la tercera parte del libro [véase también Olivé 1988].

Pero aun si respondiéramos a todas las preguntas que llevamos listadas, ni siquiera así tendríamos una imagen completa de la ciencia. Para comprender, cabalmente lo que es la ciencia, además de preguntas como las anteriores, también debemos preguntarnos cuáles son los elementos que presuponen las comunidades científicas al evaluar y aceptar o rechazar teorías. Pero, ¿qué es eso de comunidades científicas?, ¿qué son?, ¿cómo funcionan?, ¿cuál es su papel en la generación, la aceptación, la preservación, la transmisión y el desarrollo del conocimiento?

También deberíamos preguntarnos cómo se desarrolla el conocimiento científico. Las teorías y los métodos de las ciencias, ¿cambian a lo largo de la historia?, y en caso afirmativo, ¿cómo cambian? ¿Cómo es posible que exista conocimiento científico acerca de la naturaleza y de las sociedades, y qué es lo que lo hace *científico*, a diferencia de conocimiento de algún otro tipo? [Véase Pérez Ransanz 1999].

§ 2. CLASES DE PROBLEMAS

Podemos agrupar las preguntas anteriores en grandes rubros, correspondiendo a la *clase* o el *tipo* de problema de que se trata.

§ 2.1. PROBLEMAS LÓGICOS

Algunos problemas lógicos tienen que ver con las formas de razonamiento en los procesos de investigación, y por consiguiente tienen que ver con los métodos de las ciencias. ¿Qué tipos de razonamiento se siguen en las ciencias?: inductivo, deductivo, analógico, o de algún otro tipo. ¿Cómo entran estos razonamientos en la investigación científica? ¿Cuál es su papel en la generación de hipótesis, de teorías y de modelos, y cuál en la aceptación de éstos? ¿Qué papel desempeñan estos tipos de razonamiento en la enseñanza de las ciencias y en la formación de la imagen pública de la ciencia?

Por otra parte, tenemos la pregunta acerca de la estructura lógica de las teorías científicas. Durante muchos años, hasta los años setenta más o menos del siglo xx, la respuesta más convincente que se había dado era que las teorías científicas estaban constituidas por conjuntos de enunciados susceptibles de ser verdaderos o falsos, y que las teorías podían reconstruirse de manera que conformaran una estructura deductiva, la cual, al estar formada por enunciados verdaderos o falsos, hacía que toda la teoría fuera una candidata a ser verdadera o falsa, o sea que decía algo verdadero acerca del mundo, o decía algo falso.

Esto se refiere a las ciencias empíricas, aquéllas que indagan sobre *fenómenos*, es decir, sobre sucesos que los seres humanos son capaces de observar por medio de la experiencia

directa, o por lo menos de detectar con ayuda de instrumentos que extienden nuestra capacidad de observación. El caso de las matemáticas y de la lógica es diferente. Se trata de *ciencias formales*, no empíricas, justamente porque sea lo que sea de lo que hablan, no se trata de objetos de la experiencia. Por lo mismo, si acaso lo que dicen es verdad, no se trata de la verdad de la que hablamos cuando decimos "no es verdad que la Luna sea de queso". Se trata de otra noción de verdad, la verdad lógica, la cual depende sólo de la forma lógica de los enunciados y, en todo caso, del significado de las palabras que forman parte de ellas. Éste es un tipo de verdad distinto del que son susceptibles las proposiciones empíricas. Éstas son verdaderas o falsas en virtud de cómo es el mundo. Pero lo que se entienda por "mundo" es algo también sujeto a controversia y puede ser muy complejo.

Durante los últimos veinte años se han desarrollado las llamadas concepciones semánticas de las teorías, las cuales rechazan la idea de que las teorías científicas sean conjuntos de enunciados susceptibles de ser verdaderos o falsos. A la fecha prevalecen estas concepciones, cuya idea central es que las teorías pueden concebirse como si fueran predicados, los cuales por sí mismos no son ni verdaderos ni falsos, sino que más bien pueden aplicarse correctamente a ciertos objetos o a ciertos hechos, y es incorrecto aplicarlos a otros. Por ejemplo, el predicado "rojo" lo podemos aplicar correctamente a ciertos objetos, a la sangre humana, digamos, pero no a la savia de las plantas. En cambio no tiene sentido decir que "rojo" es verdadero ni que es falso. Lo que tiene sentido es decir que es verdad que "la sangre humana es roja", y es falso que "la savia de las plantas es roja". Es decir, es correcto aplicar el predicado "rojo" a la sangre, pero no a la savia.

Análogamente, las teorías científicas pueden reconstruirse, dice la concepción semántica, de tal manera que toda la teoría en cuestión es como un gran predicado. Y el trabajo de los científicos sobre este aspecto se interpreta como el de una búsqueda para averiguar a qué partes del mundo se aplica ese "predicado", esa teoría. De una parte del mundo a la cual se aplica la teoría se dice que es un modelo de esa teoría.

Así, las teorías ya no son más vistas como verdaderas o falsas. Y ni siquiera se habla de que una teoría quede *refutada* o *confirmada*. Se dice más bien que se ha encontrado que una teoría se aplica a cierta parte o a ciertos aspectos del mundo. O bien, en ocasiones se encuentra que una teoría en particular no es aplicable a ciertas otras partes del mundo, a las cuales durante algún tiempo se creyó que sí podría aplicarse. Por ejemplo, durante mucho tiempo se pensó que la mecánica clásica describía correctamente lo que pasaba en todas partes del universo, pero en el siglo XX se encontró que no era aplicable a lo muy pequeño (en el nivel cuántico) ni a lo muy grande (a velocidades cercanas a la de la luz) [véanse Van Fraassen 1980, Moulines 1982 y 1991, Moulines y Díez 1997].

Otra corriente que ha ganado mucha fuerza en tiempos recientes intenta reconstruir las teorías científicas en términos de la teoría matemática de las categorías, ganando en simplicidad y en poder lógico [véase por ejemplo Ibarra y Mormann 1997].

§ 2.2. PROBLEMAS LÓGICO-SEMÁNTICOS

Otro tipo de problemas son los que se llaman lógico-semánticos, por ejemplo, la relación del significado de los términos científicos y las teorías de las que forman parte.

Mientras que algunos términos, tales como *especie* o *sistema*, pueden aparecer en diferentes teorías, incluso de las ciencias sociales y de las naturales, términos como *entropía* o *complejo de Edipo* parecen más bien pertenecer a alguna teoría muy específica,

en función de la cual adquieren su significado y su posibilidad operativa; en estos ejemplos, se trata de la teoría termodinámica y el psicoanálisis freudiano, respectivamente.

Para utilizar una muy clara ilustración de Gilbert Ryle [1979, p. 99], en los juegos de barajas existen términos que aparecen en todos los posibles juegos, por ejemplo, los que se refieren a las cartas mismas, digamos "as de corazones", mientras que existen ciertos términos cuyo significado depende del juego en cuestión, lo mismo que la posibilidad de operar con ellos. Por ejemplo "flor imperial" o "póker de ases" tienen un sentido claro en el caso del póker pero no es necesariamente el mismo en otros juegos; y en muchos otros ni siquiera existen.

Baste esto para dejar sentada la idea de que existen muchos conceptos cuyo "contrato exclusivo", para decirlo metafóricamente, pertenece a *cierta* teoría. Esto no quiere decir que esos términos no puedan aparecer en otras teorías, sean del mismo campo científico o de otro diferente. Pero si esto ocurre, lo que significa es que la teoría que tiene la titularidad del contrato con el término en cuestión estará *presupuesta* por aquella otra teoría en la que ahora ocurre el término en calidad de préstamo. Así, por ejemplo, en una teoría antropológica puede aparecer el término "especie" de una manera tal que su significado provenga de alguna teoría biológica, digamos de la teoría de la evolución de las especies. Se diría entonces que el término "especie" es teórico-dependiente con respecto a la teoría de la evolución en biología, aunque cumpla un papel también importante en la teoría antropológica de que se trate.

Hay, pues, términos cuyos significados se construyen en relación con cierta teoría, pero que pueden aparecer en otras teorías. Entonces estas otras teorías dependen de la primera, pues no podrían ser identificadas plenamente ni comprenderse cabalmente ni podrían lograr sus fines, por ejemplo de explicación y predicción, si no se comprende el término en cuestión, cuyo significado a la vez depende de esa primera teoría.

Para repetir el ejemplo, es concebible que una teoría antropológica recurra a la biología y tome conceptos de ella. Esos conceptos serán definidos y construidos en el contexto de la teoría biológica, pero aparecen y desempeñan un papel en la teoría antropológica. Se dice entonces que la segunda teoría *presupone* la primera, pues es ésta la que dota de significado pleno a los términos en cuestión.

Otro tipo de casos consisten en que ciertos conceptos que han sido forjados en alguna disciplina determinada y en relación con algunas teorías en particular, se vuelven necesarios para otras teorías, incluso en áreas científicas diferentes. Pero estos conceptos no forman parte de estas segundas teorías, sino que pueden ser necesarios por ejemplo dentro de los procedimientos experimentales para ponerlas a prueba. El diseño de experimentos, la construcción de dispositivos específicos, así como la interpretación de los resultados observados, todo esto depende de un conocimiento previo donde entran teorías y conceptos pertenecientes a muchas otras disciplinas. La puesta a prueba, por ejemplo, de hipótesis acerca de las reacciones nucleares que ocurren en el centro de las estrellas, por medio de la captura de neutrinos provenientes del centro del Sol, requiere el supuesto de una gran cantidad de teorías y conceptos físicos, químicos, astronómicos, que no tienen que ver directamente con una teoría de la estructura y el desarrollo de las estrellas, ni forman parte de ella, y que tampoco tienen que ver directamente con algún modelo particular del Sol, pero sin los cuales difícilmente podrían haberse concebido esa teoría y ese modelo, y mucho menos ponerse a prueba [véase el artículo de Shapere en Olivé y Pérez Ransanz (comps.) 1989].

¿Qué ocurre con términos que no son propiamente teóricos, en el sentido de que no forman parte de ninguna teoría científica específica, sino que parecen ser comunes a todas las ciencias, sean naturales o sociales? Por ejemplo, términos como "teoría", "hipótesis", "explicación", "prueba", "observación", "corroboración", "confirmación".

A menudo se llama a estos términos *metacientíficos* no porque se los considere ajenos a la ciencia -por el contrario, son los que caracterizan lo científico-, sino precisamente por ser comunes a todas las ciencias, al menos las ciencias empíricas, y por tener que ser desarrollados y elaborados en un nivel diferente del de las teorías científicas. Así pues, que sean metacientíficos quiere decir que no son conceptos que aparecen en las teorías científicas para referirse al mundo que una disciplina científica particular pretende conocer, sino que son términos que se refieren a las entidades y procesos mediante los cuales las ciencias buscan conseguir aquel fin, el de conocer el mundo.

Estamos en el terreno del discurso *sobre* la ciencia, es decir, el que constituye a las ciencias como su objeto de estudio y sobre esto se plantean posiciones que entran en conflicto. En ocasiones se defiende a ultranza que lo único que hay que hacer es *ciencia de las ciencias*, es decir, que el análisis de las ciencias debe ser una ciencia empírica más; otras posiciones por el contrario defienden que el análisis de conceptos tales como "teoría", "explicación", "contrastación de hipótesis o de teorías", "observación", "desarrollo de la ciencia o del conocimiento", etc., todo esto, corresponde propiamente al campo del análisis de los conceptos, es decir, a la filosofía, y que esto puede hacerse sin necesidad de entrar en los contenidos, métodos y problemas de las ciencias particulares.

Otras veces se intenta desechar posiciones como esta última alegando que no hay tal cosa como un concepto general de teoría, porque éste no es el mismo en todos los casos de las ciencias. O bien sosteniendo que la observación en las ciencias, y más aún, lo que cuenta como observación, depende fundamentalmente de cada contexto, de sus marcos conceptuales, del conocimiento previo y de la tecnología disponibles, etc. Todo esto es correcto, pero no va en detrimento de la actividad y la reflexión filosófica acerca de la ciencia. Por el contrario, el desafío es entender cómo es posible que existan las ciencias si lo anterior es verdad.

El análisis de conceptos como "teoría", "observación", "paradigma" y "marco conceptual", durante mucho tiempo se hizo sólo en un sentido sincrónico, suponiendo que tales análisis valían para todo momento de todas las ciencias. A lo largo de la historia de la filosofía de la ciencia se han sostenido posiciones como ésta, pero a partir sobre todo de los trabajos de Thomas Kuhn, desde los años sesenta del siglo XX, las más finas e interesantes aportaciones a la filosofía de la ciencia, desde las que están más preocupadas por la estructura lógica de las teorías, hasta las más preocupadas por los problemas epistemológicos -por ejemplo del papel de la observación en la producción, puesta a prueba, aceptación y en general en el desarrollo del conocimiento- hacen hincapié en la dimensión diacrónica de la ciencia, y parte de sus aportaciones corresponde a la demostración de las maneras en que las teorías evolucionan, y de que las nociones mismas, como la de "observación", también cambian y se desarrollan en función del cambio y del progreso mismo de las ciencias [véase Pérez Ransanz 1999]. Todos estos conceptos y los problemas a los que se refieren forman parte del campo de trabajo de la filosofía de la ciencia.

§ 2.3. PROBLEMAS METODOLÓGICOS

Los problemas de orden metodológico son, de manera general, los de los procedimientos para construir y aceptar el conocimiento dentro de cada disciplina particular. Los métodos incluyen conjuntos de reglas que deberían aplicarse cuando se desea obtener un fin específico, o un grupo de fines determinados.

En general las reglas indican el tipo de acciones que se deben seguir para obtener los fines deseados. Las reglas pueden variar en cuanto a nivel de generalidad. Así, pueden ser de lo más general, por ejemplo reglas que indiquen que los científicos deben proponer hipótesis que no sean *ad hoc*, es decir, que no sólo expliquen los fenómenos a partir de los cuales se postulan esas hipótesis, sino que expliquen también otros fenómenos, y más aún que sean capaces de predecir y explicar fenómenos novedosos. Otro tipo de regla general, de acuerdo con una metodología muy famosa y discutida, es la que indica que los científicos deben proponer únicamente hipótesis en relación con las cuales puedan especificarse las condiciones empíricas en las cuales esas hipótesis quedarían *falsadas*, es decir, las condiciones en las cuales los científicos podrían decidir que la o las hipótesis del caso son falsas y por consiguiente que deberían ser desechadas. Esta propuesta fue defendida vigorosamente por Karl Popper [véase Popper 1962]. Por otra parte, cada disciplina tiene sus reglas particulares para obtener los fines que le son propios.

Quienes creen que existen reglas generales pretenden que éstas tienen validez para cualquier cosa que quiera llamarse ciencia, y formarían entonces parte de lo que caracterizaría a la ciencia. Por consiguiente, tendríamos que incluir este tipo de cosas en nuestra lista para la gran respuesta final acerca de qué es la ciencia.

Pero aquí surge un problema, derivado especialmente de los análisis de la dinámica de la ciencia, los cuales tratan de entender la forma en la que la ciencia se ha desarrollado, para lo cual atienden no sólo la dinámica de las estructuras conceptuales de la ciencia -como las teorías-, sino también su estructura social -dado que la ciencia es una empresa colectiva- y la manera en la que la ciencia afecta y es afectada por su entorno social. Estos análisis -que han avanzado mucho en los últimos treinta años- sugieren que no existe ningún cuerpo de reglas metodológicas que se haya preservado a lo largo de todo el desarrollo de la ciencia. Esto va en contra de la idea de recopilar las reglas que constituirían *el* método científico. Pero esto no significa que para entender lo que es la ciencia no tengamos que analizar problemas metodológicos. Lo único que podemos concluir es que no hay tal cosa como *el* método científico, válido para toda época de la historia de la ciencia. Volveremos sobre este tema en el siguiente capítulo.

§ 2.4. PROBLEMAS EPISTEMOLÓGICOS

Los métodos en las ciencias están orientados a obtener ciertos fines específicos. Para no complicar demasiado las cosas por ahora, digamos que el fin general es obtener conocimiento genuino acerca del mundo. Tal vez esto podría decirse con respecto a todas las ciencias, incluyendo las naturales y las sociales. Pero de inmediato surge la pregunta: ¿Y qué es eso de "conocimiento genuino acerca del mundo"? Con esto entramos de lleno en un problema epistemológico. Más aún, se trata de *el* problema epistemológico por excelencia: el de la naturaleza del conocimiento, en particular del conocimiento científico.

Una de las funciones más importantes de los métodos en las ciencias es la discriminación entre las buenas actividades científicas y las malas, y entre los buenos conocimientos

científicos y los malos. Esto se hace con base en criterios propios de cada disciplina científica. Son criterios que aprenden los estudiantes en su formación como científicos, y son los propios científicos los que los aplican. Pero podemos preguntar de manera legítima, ¿qué significa que ciertos conocimientos sean clasificados como *buenos* por los criterios pertinentes? En otras palabras, ¿por qué la aplicación de los criterios internos de cada disciplina científica ofrece bases para considerar que los resultados que se obtienen son *auténticos conocimientos*? ¿Por qué cierta pretensión de tener genuino conocimiento, sostenida por una persona o por alguna comunidad -sea en el pasado o en el presente- es o no es correcta? Para responder a esto deberá darse una explicación de por qué la clasificación entre buenos y malos conocimientos es correcta. Pero ¿qué significa que esa clasificación sea correcta? ¿Por qué son buenos los procedimientos y los criterios para distinguir entre buenas y malas pretensiones en cada disciplina? ¿Por qué confiar en ellos?

El problema entonces se traslada a la *corrección de los criterios* que existen y se aplican en cada ciencia. Esto significa mostrar que esos criterios son genuinos criterios epistémicos, o sea que conducen a auténtico conocimiento.

Debe haber algo más en un trabajo que el solo hecho de recibir muchas citas, que lo hace un buen trabajo, y sobre todo que hace que tengamos la creencia de que dice algo verdadero acerca del mundo. Eso es lo que se decide con base en criterios epistemológicos, los cuales aseguran el carácter de *conocimiento* de ciertas creencias. Y si bien dichos criterios no son inmutables, no por eso son menos existentes en cada época, ni menos efectivos. Al identificarlos, elucidarlos, y al explicar por qué funcionan como funcionan, seguimos avanzando en la respuesta a nuestra formidable pregunta inicial.

Sin embargo, el problema se complica, pues si bien por un lado es preciso identificar y explicar por qué funcionan como funcionan los genuinos criterios epistémicos, también es necesario enfrentar el desafío de la historia y de la sociología de la ciencia cuando señalan muchas controversias científicas donde las diversas partes presuponen criterios diferentes para decidir sobre la calidad del trabajo, sobre su importancia, sobre su carácter científico, e incluso sobre su verdad.

Pero volvemos a enfrentar el problema: y esos criterios para decidir sobre la calidad, en particular sobre la cientificidad de un trabajo, ¿cuáles son?, y ¿cuál es su *status*? Si en todas las disciplinas pueden señalarse controversias que presuponen criterios divergentes, ¿es posible entonces considerar que existen criterios decisivos y confiables para juzgar la calidad y la cientificidad de una investigación?

El análisis de muchas controversias científicas, y del desarrollo de las diferentes disciplinas científicas, sugiere que no existe un único conjunto incontrovertible de criterios, ya no digamos a lo largo de la historia de la ciencia, sino ni siquiera en un momento determinado.

Al juzgar una investigación y sus resultados no sólo se busca determinar si dice algo verdadero acerca del mundo, sino si lo que dice no es trivial, y además qué tan importante es. Pero el juicio acerca de si es o no trivial, y sobre su importancia, como lo sugieren los análisis del desarrollo científico, no se ha hecho a lo largo de la historia con los mismos criterios.

En suma, en el terreno propiamente epistemológico se encuentran problemas como los siguientes: ¿cuáles son los fines de la investigación científica? ¿Acaso la búsqueda de la verdad? ¿Dice el conocimiento científico algo verdadero acerca del mundo? ¿Es realmente, como dicen, un conocimiento objetivo? ¿Hay otros valores, además del de la verdad, que intervienen en la investigación científica? O, como sostienen algunos filósofos, ¿la verdad

ni siquiera desempeña un papel en ella? Para responder todo esto, debemos tener claro qué significan los términos "objetividad" y "verdad", y analizar el papel de los valores en las diferentes disciplinas científicas. Todo esto no se analiza en la ciencia, sino desde fuera, desde la perspectiva de esa otra disciplina que es la filosofía. Por eso, para entender lo que es la ciencia es necesaria la filosofía. Trataremos estos problemas en la tercera parte del libro.

§ 2.5. PROBLEMAS DEL DESARROLLO DE LA CIENCIA: EL PROGRESO

He estado dando por hecho algo que tal vez es comúnmente aceptado hoy en día, pero que difícilmente lo era hace treinta años. En realidad esto ha sido una consecuencia del importante trabajo sobre el desarrollo de la ciencia impulsado hace cuatro décadas por Thomas Kuhn, y de aquí la enorme importancia de su trabajo.

Kuhn ofreció una base sólida para sostener que las concepciones científicas del mundo, las teorías, los métodos de investigación y de prueba, y en general los criterios para la evaluación y aceptación de conocimientos científicos en las ciencias empíricas y en las formales, no siempre han sido los mismos. Su trabajo permitió sostener con amplios fundamentos que el desarrollo de la ciencia a lo largo de su historia no consiste en la *mera acumulación* de conocimientos, teorías o métodos. Pero la obra de Kuhn también mostró cómo, a pesar de todo esto, es posible hablar de *progreso* científico.

¿Cómo y por qué cambian las concepciones científicas acerca del mundo? ¿Qué es lo que cambia: sólo los conocimientos sustantivos, o también cambian creencias previas que no dependen directamente de resultados observacionales y experimentales, y acaso cambian también las normas y los valores, así como los fines que se plantean en la investigación científica? ¿Cómo y por qué ocurren esos cambios? Esos cambios, y en general el proceso de desarrollo científico, ¿pueden considerarse racionales?; en caso afirmativo, ¿qué se quiere decir por "racional"?, e ¿implica eso un verdadero progreso en la ciencia?

La idea de los cambios de las concepciones científicas del mundo parece estar fuera de duda hoy en día. Pero por otra parte está bien establecida la creencia en que las ciencias han avanzado y se encuentran en un proceso de continuo progreso. A primera vista, por lo menos, se sabe más acerca del mundo, se ha incrementado la exactitud de las mediciones, y en general es posible controlar un mayor número de fenómenos y manipular otros con mayor precisión.

Estas dos ideas son comúnmente aceptadas, pero su combinación produce una fuerte tensión. Pues si se reconoce el cambio conceptual en las ciencias, no como un mero incremento en el acervo de conceptos y teorías disponibles acerca de la naturaleza y de las sociedades, sino como auténticos cambios de visiones del mundo, esto no parece compatible con la idea del progreso científico.

Para entender qué es la ciencia, entonces, también tenemos que resolver esta tensión y dar cuenta de cómo es posible que las visiones científicas del mundo cambien, que a veces las diferencias entre las visiones sean muy radicales, y que sin embargo esos cambios constituyan un genuino progreso cognoscitivo. ¿Qué significa que ha habido *progreso* científico?

Esta problemática generó una de las polémicas más interesantes del siglo XX acerca de la ciencia -que todavía continúa-, sobre los modelos que mejor pueden dar cuenta del proceso de desarrollo científico, incluyendo de manera importante los problemas en torno a

los procesos de validación y aceptación del conocimiento científico, así como el problema del sentido en el que puede hablarse de progreso de la ciencia. En el transcurso de esta controversia han proliferado los modelos de desarrollo científico. En la tercera parte del libro regresaremos sobre el tema.

§ 2.6. LA ORGANIZACIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA

A lo largo de la revisión de los problemas anteriores quedó implícito un tipo de problema al que me referí de pasada al principio: el problema de la organización social de la ciencia. Ya mencioné que la sociología de la ciencia puede entenderse, en sentido estrecho, como un aspecto más de la sociología en cuanto ciencia empírica, pero también puede entenderse en sentido amplio, como una teoría que pretende dar cuenta de la organización social de la ciencia, explicando por qué la ciencia ha tenido que organizarse como una actividad colectiva, y cómo afecta y es afectada por su entorno social.

Un problema importante, que se entrelaza con los problemas epistemológicos, es el de si la organización social de la ciencia afecta el contenido sustancial del conocimiento científico, o si únicamente afecta la forma en la que se desarrollan las investigaciones, por ejemplo en el sentido trivial -conceptualmente hablando, por supuesto- de que mediante una manipulación del financiamiento se estimulen o desalienten ciertas líneas de investigación.

Cualquiera que sea la respuesta, es claro que para entender lo que es la ciencia debemos comprender cómo es que se forman y se organizan distintos grupos de investigación, cómo se relacionan y se comunican entre sí, cuál es la estructura social de los mismos grupos. Cómo afecta la competencia a los diferentes grupos, cuál es el papel de la colaboración -entre individuos, entre grupos y entre instituciones- en la ciencia. Pero también se debe entender hasta dónde la necesidad de originalidad, por ejemplo, milita en contra del supuesto común de que la ciencia es búsqueda cooperativa y desinteresada del conocimiento, y establece competencias fuertes entre individuos y grupos, y cuáles son sus consecuencias.

§ 2.7. PROBLEMAS ÉTICOS

Cotidianamente nos enteramos de episodios benéficos o malignos que no se hubieran dado de no ser por la ciencia y la tecnología. El 23 de abril de 1997, por ejemplo, un comando militar tomó por asalto la residencia del embajador japonés en Lima, Perú, para rescatar a los rehenes que habían permanecido secuestrados durante meses por un grupo guerrillero del Movimiento Revolucionario Tupac Amaru (MRTA). Después de realizada la acción altamente violenta y tecnologizada, en la cual fueron ejecutados todos los miembros del grupo guerrillero, se revelaron muchos recursos de espionaje de alta tecnología que se habían puesto en juego para preparar el asalto militar.

Pocas semanas antes del episodio de Lima, los medios de comunicación de todo el mundo habían mostrado en sus portadas y primeras planas el rostro del gurú de las 39 personas que se suicidaron colectivamente en una granja de California. El rostro tenía bastante de diabólico. Mirado de cerca se apreciaba que se trataba de la imagen tal y como

aparecía en la página que la secta había colocado en Internet.

En una de las tantas notas que se escribieron al respecto, un articulista sugería que no había que exagerar en este caso el recurso a una página de Internet: "¡Por favor! -escribía el articulista-, ¿una página de la Red que tiene el poder de *chuparse* a la gente -contra su voluntad- para un culto del suicidio? La sola idea daría risa..." Pero él mismo concluía: "Si no fuera por las 39 personas muertas" [Joshua Quittner, "The Netly News", *Time*, vol. 149, no. 14,7 de abril de 1997, p. 47].

Como quiera que sea, entre las muchas perplejidades que provocan episodios como el de la secta "Heaven's Gate", que se han repetido una y otra vez, una de las más importantes es el contraste entre el recurso a una modernísima tecnología que literalmente está abrazando al mundo, como nunca antes ninguna otra lo había podido hacer, y el aprovechamiento de esa tecnología para una invitación a la violencia, explotando la ignorancia y probablemente la falta de estructura en las vidas de esas personas, quienes -no hay que olvidarlo- crecieron en la sociedad más tecnologizada que ha existido.

Una triste conclusión de un simple y rápido vistazo sobre hechos que encuentra uno en la prensa cotidiana, es que difícilmente se llevan a cabo acciones violentas hoy en día -sobre todo las que son social y políticamente relevantes- sin recurrir a la tecnología. Esto sugiere de inmediato preguntas como las siguientes: ¿cómo ha estado imbricada la tecnología en esas acciones violentas? ¿De una manera necesaria, o sólo contingentemente? ¿Podemos pensar que la tecnología es neutral con respecto a los fines que se persigan, y que no hay tecnologías intrínsecamente violentas, sino que se pueden usar de manera violenta o de manera no violenta, o para bien o para mal, dependiendo sólo de quiénes sean los usuarios, cuáles sus propósitos y cómo usen de hecho las técnicas o los instrumentos en cuestión? ¿Es correcto un análisis de ejemplos como los mencionados, según el cual Internet, los instrumentos de espionaje e incluso los explosivos, son meros artefactos neutrales que pueden usarse para fines pacíficos y benéficos o para fines violentos y reprobables?

La "neutralidad" de la tecnología con respecto al bien y al mal es más difícil de sostener cuando piensa uno en algunas consecuencias de la operación de ciertos sistemas tecnológicos, aparentemente no diseñados para llevar a cabo acciones nocivas o violentas. Como mera muestra, piénsese en los 25 casos de bebés que nacieron con espina bífida, y los otros treinta nacidos sin cerebro, que fueron registrados entre 1988 y 1992 en Brownsville, Texas. Aunque aparentemente nunca se dio una explicación oficial de esta extraña "epidemia", las familias afectadas demandaron por esos daños a varias industrias estadounidenses que habían establecido plantas maquiladoras en Matamoros, Tamaulipas (México), sobre la base de que la *causa* del problema residía en los desechos industriales que esas firmas arrojaban descuidadamente al medio ambiente. El proceso judicial concluyó sin una sentencia, pero sí con un acuerdo entre las compañías y los demandantes, según el cual las primeras pagarían a las familias de los bebés una indemnización por 17 millones de dólares [*Time*, vol. 149, no. 21, 26 de mayo de 1997, p. 72].

El premio Nobel de química de 1995 fue otorgado a Mario Molina y a Sherwood Rowland por sus trabajos sobre química de la atmósfera. En particular, por sus investigaciones sobre el adelgazamiento de la capa de ozono en la atmósfera terrestre. En una entrevista que Mario Molina ofreció poco después de que se le concedió el premio Nobel, declaró que había enfrentado un problema de "ética superior", cuando en los años setenta él y su colega se habían percatado de que el causante del daño a la capa de ozono era un compuesto químico que se producía industrialmente, muy usado en esa época en la refrigeración, en el aire acondicionado y en latas de aerosol, y que significaba para ciertas

firmas de la industria química una inversión de millones de dólares. Pero entonces, en 1974, su manera de "percatarse" del asunto quería decir que como *científicos* sólo tenían una *hipótesis razonable*, pero no un *conocimiento contundentemente comprobado*. El problema ético para estos científicos, pues, era cómo *debían* actuar a partir de su sospecha. ¿Debían seguir lo que indicaba la ortodoxia metodológica, a saber, esperar a dar la voz de alarma hasta que la hipótesis estuviera debidamente corroborada? ¿O debían alertar al mundo entero del peligro, aunque eso contraviniera normas metodológicas básicas de la comunidad científica?

Los ejemplos pueden multiplicarse hasta el infinito. La pregunta que imponen es si es correcto pensar en la ciencia y en la tecnología como constituidas sólo por un conjunto de conocimientos, una, y de técnicas y aparatos la otra, los cuales son neutrales con respecto a los fines que se persiguen, y que sus consecuencias no son de ningún modo responsabilidad de los investigadores. También obligan a preguntarnos si los científicos sólo tienen deberes que cumplir con respecto a la metodología que debe aplicarse en su campo, pero que no tienen deberes morales en tanto que científicos, ni con respecto a sus temas de investigación ni a los fines que se persiguen en sus investigaciones, ni con respecto a los medios para lograrlos, para no hablar de las consecuencias de los conocimientos y de las técnicas que producen. ¿Podemos pensar que la investigación sobre el código genético humano, para conocer completamente ese código por ejemplo (el genoma humano), es neutral desde un punto de vista moral? ¿La experimentación con seres vivos, humanos o animales, es moralmente aceptable, independientemente de los sufrimientos a los que queden expuestos? La posibilidad de producir seres idénticos a uno mismo, la clonación, ¿debe tener alguna restricción por razones morales, o ninguna interferencia es justificable, desde un punto de vista moral? En fin, cuando de lo que se trata es de obtener un conocimiento acerca del mundo, ¿podemos suponer que no se justifica ninguna restricción de orden ético?

Éstos, y una infinidad más de problemas éticos, surgen a partir de la investigación científica y tecnológica. Durante la mayor parte del siglo XX los filósofos de la ciencia pensaron que había que distinguir y mantener separadas las esferas de los hechos y la de los valores. La ciencia tenía la tarea de investigar y explicar sobre los hechos del mundo. Las cuestiones valorativas, y en especial las que tenían que ver con la evaluación moral de los fines, era una cuestión aparte.

Hacia el final del siglo XX este panorama empezó a cambiar. Entre los filósofos de la ciencia y de la tecnología hay una creciente conciencia de que estas actividades humanas plantean una enorme cantidad de problemas que no se reducen a los tipos que examinamos en las secciones anteriores, sino que también son de orden valorativo, y de manera muy importante, de orden moral. Muchos filósofos de la ciencia, hoy en día, están conscientes de que para entender la ciencia es necesario comprender los valores en los que se funda y que son constitutivos de ella. Entre esos valores se encuentran los de orden moral, pero se trata de cuestiones valorativas y evaluativas mucho más amplias que sólo las de orden ético [véase Echeverría 1995]. Por otro lado, también ha crecido la conciencia de que no basta con entender la ciencia, sino que hay que "hacerse cargo" de ella [véase Cruz 1999]. Hay que asumir responsabilidades sobre muchos problemas en la investigación científica y tecnológica, en sus aplicaciones y en sus consecuencias. Esto conforma un gran capítulo que tiene que ver con los problemas valorativos y éticos de la ciencia y de la tecnología, de los cuales hablaremos en la segunda parte de este libro.

§ 3. LAS TRES IMÁGENES

Hemos mencionado varios de los problemas que deberían abordarse para responder qué es la ciencia. Hemos insistido en que hay al menos dos tipos de respuesta válidas. Una es desde dentro de la ciencia, y corresponde a la *imagen científica* de la ciencia. La imagen que los científicos tienen de sus tareas, de sus actividades y prácticas, de sus instituciones y de los fines que persiguen, de los medios que utilizan para obtenerlos y de sus resultados.

Pero otra respuesta necesariamente viene desde fuera de la ciencia. ¿Por qué lo que producen los científicos es verdadero conocimiento, o por qué la ciencia progresa aunque constantemente se revisen y desechen las concepciones antiguas, al grado de que prácticamente todo el andamiaje conceptual de las ciencias ha cambiado varias veces a lo largo de su historia? ¿Hay necesariamente compromisos éticos dentro de la investigación científica, o es ésta neutra con respecto al bien y al mal, y los problemas éticos surgen sólo cuando se trata de hacer aplicaciones de los conocimientos científicos? Todas éstas son cuestiones que, como he sugerido, la ciencia misma no puede responder, sino que deben abordarse desde la perspectiva de otras disciplinas, principalmente la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia, las cuales construyen *la imagen filosófica de la ciencia*.

Estas disciplinas se preocupan por dar cuenta de las condiciones necesarias para que surja y se desarrolle la ciencia. Se preocupan por responder a la pregunta de cómo es posible que se obtenga, cuando se logra, un genuino conocimiento acerca del mundo natural y social. También se preocupan por entender los fines de la investigación científica, y por qué las investigaciones tienen que desarrollarse de la manera en que se desarrollan, con sus marcos conceptuales formados por conocimientos sustantivos, por normas y valores, y por qué la ciencia ha tomado las formas de organización social que ha tomado, cómo es que cambia y, tal vez, hasta progresa. Pero además estas disciplinas proporcionan elementos para entender las consecuencias de la ciencia y de la tecnología, y ofrecen orientaciones sobre qué actitudes morales es correcto tomar frente a ellas, tanto dentro de la ciencia como fuera de ella.

Las dos imágenes son imprescindibles para responder a la pregunta "¿Qué es la ciencia?" Pero todavía hay una *tercera imagen* de la ciencia y de la tecnología. Se trata de la *imagen pública* de ellas. Esta imagen se forma en gran medida por la labor profesional de los medios de comunicación, y en particular por los medios de *comunicación de la ciencia* que se han desarrollado en las últimas décadas. ¿Cuál es la relación de esta imagen con las otras dos? ¿Cuál es el papel de los científicos y de los tecnólogos mismos, y cuál el de los filósofos de la ciencia y de la tecnología, en la formación de esta imagen? ¿Qué tan importante es esta imagen? Por ejemplo, yo como ciudadano, ¿cómo puedo decidir si debo votar por el candidato que propone utilizar una buena parte de los impuestos, a los que yo tengo que contribuir, para incrementar la investigación científica y la educación científica y tecnológica, o si debo votar por el candidato que sostiene que la ciencia y la tecnología son malas de por sí? Como ciudadano sólo puedo tomar una decisión responsable si entiendo, al menos en cierto nivel, qué es la ciencia y qué es la tecnología. Y la forma en la que yo entienda eso depende de las tres imágenes de la ciencia y de la tecnología de las que hemos hablado: la que se deriva de los propios científicos y tecnólogos, la que produce la filosofía de la ciencia y de la tecnología y la imagen pública de ellas, formada en gran parte por la comunicación de la ciencia y de la tecnología.

En los capítulos siguientes hablaremos de varias facetas de la ciencia y de la tecnología y de sus relaciones con estas tres imágenes. Principalmente analizaremos algunos aspectos de

la imagen filosófica de la ciencia y de la tecnología, sobre todo los de tipo epistemológico y los de tipo ético. Discutiremos la concepción de racionalidad que es necesaria para comprender el cambio y el progreso en la ciencia, por una parte, y los problemas éticos, por la otra. Comenzaremos con el análisis de algunos problemas de la imagen pública de la ciencia y de su relación con la imagen filosófica.

